

# 1 Was ist Informatik ?

## 1.1 Begriffsklärung

Sammelt man Stichwörter zur Frage "Was ist Informatik?", so gehört zu den ersten Stichwörtern sicher "Computer", "Datenverarbeitungsanlage" oder ein anderes Synonym. Zweifellos ist der Computer der zentrale Untersuchungsgegenstand der Informatik. Daher spricht man im englischsprachigen Raum auch von **computer science** statt von Informatik. Der Begriff "Datenverarbeitungsanlage" liefert zwei weitere wichtige Stichwörter, die in dieser Liste unbedingt enthalten sein sollten: Die Informatik beschäftigt sich mit *Daten (Informationen)*, die von einer Anlage (d.h. *maschinell* und *automatisch*) *verarbeitet* werden. Ein viertes Stichwort, das in der Liste ebenfalls nicht fehlen sollte, umreißt den Charakter der Informatik, als Fachgebiet betrachtet. Informatik ist eine *wissenschaftliche Disziplin* (daher auch *computer science*). Informatik wurde in der Vergangenheit zunächst als Spezialgebiet innerhalb anderer wissenschaftlicher Disziplinen betrieben, seit etwa 1960 hat sie sich jedoch zu einem zusammenhängenden, theoretisch fundierten Gebäude, also zu einer neuen *Grundlagenwissenschaft* entwickelt, die auf andere Wissenschaften massiv ausstrahlt. Weitere Stichwörter wären z.B. "Algorithmus", "Programm", "Programmierung", "Prozeß". Unsere kurzen Überlegungen reichen bereits, um den Begriff "Informatik" zu umreißen.

**Definition A:** [offizielle Definition der Gesellschaft für Informatik e.V.]

**Informatik** ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung und Speicherung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Computern.

Diese Definition wird von verschiedener Seite kritisiert, denn der genaue Charakter der Informatik ist noch weitgehend unklar. Alternative Sichtweisen bezeichnen die Informatik als die Wissenschaft

- mindestens von den Algorithmen und Datenstrukturen sowie deren Darstellung und Realisierung unter besonderer Berücksichtigung digitaler Rechenanlagen. [V. Claus 1974, *algorithmienorientierte Sichtweise*]
- that has as its domain information processes and related phenomena in artifacts, society and nature. [K. Nygaard 1990, *informationstheoretische Sichtweise*]
- von der Analyse von Arbeitsprozessen und ihrer konstruktiven, maschinellen Unterstützung. Nicht die Maschine, sondern die Organisation und Gestaltung von Arbeitsplätzen steht als wesentliche Aufgabe im Mittelpunkt der Informatik. Die Gestaltung der Maschinen, der Hardware und der Software ist dieser primären Aufgabe untergeord-

net. Informatik ist also nicht "Computerwissenschaft". [W. Coy 1989, *arbeitsweltorientierte Sichtweise*]

- of the systematic study of algorithmic processes that describe and transform information; their theory, analysis, design, efficiency, implementation, and application. The fundamental question underlying all of computing is "What can be (efficiently) automated?". [Association for Computing Machinery 1989: offizielle Definition der US-amerikanischen Computergesellschaft]

Man beachte, daß der Computer in allen Definitionen nur im Nebensatz genannt wird. Dennoch wird das Wesen der Informatik durch diesen neuen Typ Maschine geprägt. Alle technischen Geräte, die der Mensch erfunden hat, dienen der Verstärkung menschlicher Organe (Schreien - Telefonieren, Sehen - Mikroskopieren, Sprechen ohne Anwesenheit - Schreiben usw.). Klassische Maschinen dienen also überwiegend der *Kraftverstärkung*. Sie erwarten wenige Eingaben aus einer kleinen Menge von möglichen Eingabewerten und liefern wenige Ausgaben aus einer kleinen Menge von möglichen Ausgabewerten. Ihr Verhalten ist durch eine meist lineare Folge von Aktionen geprägt. Entscheidungen sind selten. Computer sind *Denkverstärker* mit variablen Ein- und Ausgaben aus einer *großen* Menge möglicher Ein- und Ausgabewertemenge. Die Beziehung zwischen Ein- und Ausgabe ist häufig unüberschaubar. Die Arbeitsweise der Maschinen ist hochgradig von Entscheidungen beeinflusst. Diese weitgehende Flexibilität erlaubt eine nahezu beliebige Anpassung der Maschine an die willkürlichen Wünsche des Menschen (bei klassischen Maschinen ist die Anpassung i.a. umgekehrt). Daraus ergibt sich nun die zentrale Aufgabe der Informatik:

*die Bewältigung der willkürlichen Komplexität hochgradig flexibler Abläufe.*

## 1.2 Teilgebiete der Informatik

**Theoretische Informatik:** Sowohl für die Formulierung und Untersuchung von Algorithmen als auch für die Rechnerkonstruktion spielen Methoden und Modelle aus der Mathematik eine wesentliche Rolle. Da die Struktur von Computern ständig komplexer wird, nimmt auch der Abstraktionsgrad einer angemessenen Beschreibung zu. Für die Untersuchung von Fragestellungen in diesem Bereich sind gute Kenntnisse der strukturellen Mathematik nötig, die eine Reihe von formalen Methoden zur Beschreibung von Systemen bietet. Bei der Untersuchung von Sprachen spielen Methoden der Logik eine wichtige Rolle.

*Beispiele* für Teilgebiete: Formale Sprachen, Theorie der Netze und Prozesse, Automatentheorie, Semantik, Komplexitätstheorie.

Fachvertreter an der Universität Potsdam: Profs. Budach (Jürgensen, Schwill)

**Praktische Informatik:** Algorithmen lassen sich zwar prinzipiell rechnerunabhängig formulieren; um sie aber auf Rechenanlagen bearbeiten zu lassen, muß der Computer zu einem komfortablen Werkzeug gemacht werden. Programme, geschrieben in *maschinenunabhängigen* Programmiersprachen, müssen von speziellen Übersetzungsprogrammen in eine dem Rechner verständliche und ausführbare Form übertragen werden; ein *Betriebssystem* überwacht die Ausführung der Programme, die oftmals gleichzeitig ablaufen, und übernimmt die Steuerung der Ein- und Ausgabe; *Informationssysteme* verwalten umfangreiche Datenbestände; Programmsysteme sorgen für viele Hilfsfunktionen (Programme erstellen, testen, archivieren usw.).

*Beispiele* für Teilgebiete: Übersetzerbau, Informationssysteme, Betriebssysteme, Simulation, Künstliche Intelligenz.

Fachvertreter an der Universität Potsdam: Profs. Horn, Schröder-Preikschat (Jürgensen)

**Technische Informatik:** In der Technischen Informatik befaßt man sich mit dem funktionellen Aufbau von Computern und den zugehörigen Geräten sowie mit dem logischen Entwurf und der konkreten Entwicklung von Rechnern, Geräten und Schaltungen (*Hardware*). Die Schnittstelle zu Betriebssystemen und die Zusammenstellung von Computern spielen eine wichtige Rolle.

*Beispiele* für Teilgebiete: Rechnerarchitektur, Prozeßdatenverarbeitung, Fehlertoleranz, Leistungsmessung, VLSI-Entwurf.

Fachvertreter an der Universität Potsdam: Prof. Gössel

**Angewandte Informatik:** Informatik versteht sich als *anwendbare* Wissenschaft, die viele Sparten des Lebens beeinflusst. Unter Angewandter Informatik faßt man Anwendungen von Methoden der Kerninformatik in anderen Wissenschaften und die Entwicklung spezieller Verfahren und Darstellungstechniken zusammen. Die Angewandte Informatik untersucht Abläufe in den unterschiedlichsten Bereichen auf ihre Automatisierbarkeit durch Computer. Im Vordergrund steht dabei das *ingenieurmäßige* Vorgehen bei der Entwicklung von *Software*. Gewisse aus verschiedenen Anwendungen stammende gemeinsame Gebiete sind ergonomische Fragen und Probleme der Mensch-Maschine-Kommunikation. Dies überschneidet sich auch mit Forschungsgebieten aus der Psychologie (Kognitionswissenschaften), aus der Pädagogik (Training und Erklärungsprobleme), aus den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften (Arbeitsstrukturen, Organisationsfragen, Führungssysteme) usw. Die Grenze zwischen Angewandter und Praktischer Informatik ist fließend.

*Beispiele* für Teilgebiete: Wirtschaftsinformatik, Rechtsinformatik, medizinische Informatik. (Solche Gebiete werden auch als "Bindestrich-Informatik" bezeichnet.)

Fachvertreter an der Universität Potsdam: Profs. NN (Horn)

Theoretische, Praktische und Technische Informatik faßt man oft unter dem Oberbegriff "**Kerninformatik**" zusammen.

**Gesellschaftliche Bezüge der Informatik:** Informatik hat starke Auswirkungen auf die Gesellschaft. Eine Gesellschaft wird von Informationen und Informationsflüssen geprägt, deren Automatisierung auf Entscheidungsprozesse einwirkt. Andererseits beeinflusst der Einsatz von Computern die Arbeitswelt und den Freizeitbereich nachhaltig. Ähnlich wie bei der Entwicklung mechanischer Maschinen (Schlüssel-erfindungen: Dampfmaschine, Verbrennungsmotor; industrielle Revolution) wird auch der Computer als Instrument der *Rationalisierung* eingesetzt, woraus sich für die Betroffenen oft schwerwiegende soziale Folgen (Wandel von Arbeitsplätzen und beruflichen Anforderungen) ergeben. Weiterhin sind Regelungen über den Umgang mit schutzwürdigen Daten zu treffen. Untersuchungen hierzu werden im Gebiet *Informatik und Gesellschaft* zusammengefaßt. In den letzten Jahren erkannte man auch zunehmend die Gefahren, die sich aus der schnellen Verfügbarkeit *personenbezogener Daten* und der Konzentration von Informationen in *Datenbanken* ergeben: Mögliche Einschränkung der Rechte des Einzelnen und Entstehung neuer Abhängigkeiten bzw. Machtverhältnisse durch die Verfügungsgewalt über Informationen. Schließlich kann der Computer zur Steuerung, Informationssammlung und -auswertung auf fast allen Gebieten von Wirtschaft, Wissenschaft, öffentlichem und privaten Leben eingesetzt werden und ermöglicht allein aufgrund seiner Arbeitsgeschwindigkeit die Lösung immer neuer, immer komplexerer Probleme.

Fachvertreter an der Universität Potsdam: (Prof. Schwill)

**Didaktik der Informatik:** Didaktik heißt Unterrichtslehre, Kunst des Lehrens, Wissenschaft von der Methode des Unterrichtens. Fachdidaktik stellt einen Bezug zwischen einer Fachwissenschaft und der Lebenswelt her; sie macht die von der Fachwissenschaft gewonnenen Erkenntnisse für die Schule oder allgemein für Aus-, Fort- und Weiterbildung von Kindern und Erwachsenen verfügbar. Didaktik der Informatik und ganz allgemein Fachdidaktik ist keine in sich ruhende Wissenschaft, vielmehr strahlen eine Reihe anderer Wissenschaften (z.B. Psychologie) und Institutionen (z.B. die Schule selbst, als Behörde betrachtet) auf sie aus. Fachdidaktik wird auch für Diplomstudenten immer wichtiger, denn viele Absolventen werden sich in ihrer beruflichen Arbeit mit (Produkt-)Schulung oder Fortbildung beschäftigen müssen.

Interessanter Zusammenhang zwischen Didaktik und Informatik (Tab. 1): Formal argumentiert ist die Informatik selbst eine Form von Didaktik, nur sind die Schüler hier Computer. Sie werden "unterrichtet", gewisse Probleme möglichst gut zu lösen. Den Lehrer nennt man dann Software-Technologen, Systemanalytiker, Wissensingenieur o.ä.; er erforscht Methoden, um Computern gewisse Inhalte effektiver zu vermitteln. Noch komplizierter wird der Sachverhalt, wenn man einen Computer zur Unterstützung des traditionellen Unterrichts heranzieht (Stichwort: computerunterstützter Unterricht, CUU). Nun ist der Computer ein didaktisch gebildeter Lehrer, und seine Schüler sind Menschen.

erteilt Unterricht und ist didaktisch vorgebildet	wird unterrichtet	Methodische Bezeichnung
Lehrer	Schüler	traditioneller Unterricht
Informatiker	Computer	Programmierung
Computer	Schüler	CUU

Tab. 1: Verhältnis zwischen Didaktik und Informatik

*Beispiele* für Teilgebiete: Curriculumentwicklung, computerunterstützter Unterricht (CUU), Unterrichtsformen.

Fachvertreter an der Universität Potsdam: Prof. Schwill

### 1.3 Geschichte der Informatik

Altes Beispiel von Adam Riese für einen Algorithmus zum Duplizieren einer natürlichen Zahl:

#### **Dupliren**

Lehret wie du ein zahl zweyfaltigen solt.

Thu ihm also: Schreib die zahl vor dich

mach ein Linien darunter

heb an zu forderst

Duplir die erste Figur. Kompt ein zahl die du mit einer Figur schreiben magst

so setz die unden. Wo mit zweyen

schreib die erste

Die ander behalt im sinn. Darnach duplir die ander

und gib darzu

das du behalten hast

und schreib abermals die erste Figur

wo zwo vorhanden

und duplir fort bis zur letzten

die schreibe ganz aus

als folgende Exempel ausweisen.

$$\begin{array}{r} 41232 \quad 98765 \quad 68704 \\ 82464 \quad 197530 \quad 137408 \end{array}$$

Erst im 17. Jahrhundert konnten funktionsfähige Maschinen zur Durchführung von Algorithmen, anfangs nur der Grundrechenarten, konstruiert werden. Einzelne Stationen dieser Entwicklung:

Altertum - Mittelalter: Verwendung des *Abakus* (Brett mit verschiebbaren Kugeln) als Hilfsmittel für die vier Grundrechenarten.

9. Jh.: Der arabische Mathematiker und Astronom Ibn Musa Al-Chwarismi schreibt das Lehrbuch "Kitab al jabr w'almuqabala" ("Regeln der Wiedereinsetzung und Reduktion"). Das Wort "Algorithmus" geht auf seinen Namen zurück.

1574: Adam Riese (1492 - 1559) veröffentlicht ein Rechenbuch, in dem er die Rechengesetze des aus Indien stammenden Dezimalsystems (5. Jh. n. Chr.) beschreibt. Im 17. Jahrhundert setzt sich das Dezimalsystem in Europa durch. Nun ist eine Automatisierung des Rechenvorgangs möglich.

1623: Wilhelm Schickard (1592 - 1635) konstruiert für seinen Freund Kepler (1571 - 1630) eine Maschine, die addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren kann. Sie bleibt unbeachtet.

1641: Blaise Pascal (1623 - 1662) konstruiert eine Maschine, mit der man sechsstellige Zahlen addieren kann.

1674: Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) konstruiert eine Rechenmaschine mit Staffelwalzen für die vier Grundrechenarten. In diesem Zusammenhang befaßt er sich auch mit der binären Darstellung von Zahlen.

1774: Philipp Matthäus Hahn (1739 - 1790) entwickelte eine mechanische Rechenmaschine, die erstmals zuverlässig arbeitet.

ab 1818: Rechenmaschinen nach dem Vorbild der Leibnizschen Maschine werden serienmäßig hergestellt und dabei ständig weiterentwickelt.

1838: Charles Babbage (1792 - 1871) plant die "Analytical Engine", bei der die Reihenfolge der einzelnen Rechenoperationen durch Lochkarten gesteuert wird. Die Maschine soll einen Zahlenspeicher, ein Rechenwerk, eine Steuereinheit und einen Programmspeicher besitzen. Wegen der unzulänglichen technischen Entwicklung seiner Zeit wird diese programmgesteuerte Maschine aber nie voll funktionsfähig. Babbages modern anmutende Überlegungen wurden als Unsinn aufgefaßt. Auf seine Arbeiten stieß man erst wieder, als die modernen Rechner bereits konzipiert waren. Die Programmiersprache *ADA* wurde nach dem Vornamen der Assistentin von Charles Babbage, Gräfin Ada Augusta von Lovelace, benannt.

- 1886: Hermann Hollerith (1860 - 1929) entwickelt in den USA elektrisch arbeitende Zählmaschinen für Lochkarten, mit denen die statistischen Auswertungen der Volkszählungen vorgenommen werden. Die Grundideen hierzu finden sich bereits in dem Webstuhl von Joseph Jacquard (1752 - 1834), der von Lochkarten gesteuert verschiedene Stoffmuster herstellen konnte. Diese Technik wird später stark ausgebaut. Insbesondere werden Druck- und Stanzeinheiten angeschlossen, es werden Stecktafeln entwickelt, mit deren Hilfe man spezielle Arbeitsprogramme auswählen kann.
- 1937: Konrad Zuse (1910-1995) fertigt die Z1, eine mechanische, programmgesteuerte Rechenmaschine. Sie verwendet das binäre Zahlensystem und die halblogarithmischen Zahlendarstellung.
- 1941: Die elektromechanische Anlage Z3 von Zuse ist fertig. Dies ist der erste funktionsfähige programmgesteuerte Rechenautomat. Das Programm wird mit Lochstreifen eingegeben. Die Anlage verfügt über 2000 Relais und eine Speicherkapazität von 64 Worten à 22 Bit. Multiplikationszeit: etwa 3 s.
- 1944: Howard H. Aiken (1900 - 1973) erstellt die teilweise programmgesteuerte Rechenanlage MARK I. Additionszeit: 1/3 s; Multiplikationszeit: 6 s.
- 1946: J. P. Eckert und J. W. Mauchly stellen die ENIAC (**E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator and **A**utomatic **C**alculator) fertig, der erste voll elektronische Rechner (18000 Elektronenröhren). Das Programm wurde allerdings noch durch eine feste Schaltung repräsentiert. Multiplikationszeit: 3 ms.
- 1946 - 1952: Auf der Grundlage der Ideen John v. Neumanns (1903 - 1957) (Einzelprozessor, Programm und Daten im gleichen Speicher; *Von-Neumann-Rechner*) werden weitere Computer in Universitätslabors entwickelt ("*Pionierzeit*").
- 1949: M. V. Wilkes (University of Manchester) stellt mit der EDSAC (**E**lectronic **D**elay **S**torage **A**utomatic **C**alculator) den ersten universellen Digitalrechner (gespeichertes Programm) fertig.
- ab 1950: Industrielle Rechnerentwicklung und Produktion.
- Ende der 50er Jahre: Prägung des Wortes "Informatik" durch die Firma SEL und öffentliche Verbreitung durch den damaligen Forschungsminister G. Stoltenberg.
- ab 1968: Gründung der ersten Informatikfachbereiche an Universitäten und Aufnahme der Diplom-Studiengänge.

Die Entwicklung der Rechenanlagen wird seit 1950 in *Generationen* gezählt, wobei jede Generation durch die verwendete Schaltungstechnologie charakterisiert ist:

1. *Generation* (bis Ende der 50er Jahre): Elektronenröhren als Schaltelemente (Geschwindigkeit: etwa 1000 Additionen/s);

2. *Generation* (bis Ende der 60er Jahre): Halbleiterschaltkreise (Transistoren, Dioden; Geschwindigkeit: etwa 10 000 Additionen/s);
3. *Generation* (seit Mitte der 60er Jahre): Teilweise integrierte Schaltkreise (Geschwindigkeit: etwa 500 000 Additionen/s);
4. *Generation* (seit Anfang der 70er Jahre): Überwiegend hochintegrierte Schaltkreise (Geschwindigkeit: etwa 10 Mio. Additionen/s);
5. *Generation* (seit Anfang der 80er Jahre): Höchstintegrierte Schaltkreise; mehrere Prozessoren auf einem Chip (Geschwindigkeitssteigerung durch Parallelisierung: 100 Mio. Additionen/s).

Parallel zur Hardware verläuft die Entwicklung von Software ebenfalls in Generationen:

1. *Generation*: Programmierung im Maschinencode;
2. *Generation*: Entwicklung der problemorientierten, aber noch sehr maschinennahen und teilweise unstrukturierten Programmiersprachen *FORTRAN* (1958), *ALGOL60* und *COBOL* (1960). Einsatz der ersten Mehrprogrammbetriebssysteme;
3. *Generation*: Entwicklung und Einsatz von Betriebssystemen mit Dialogbetrieb und Datenbanken; Methoden der *strukturierten Programmierung*;
4. *Generation*: Verteilte Systeme (*Rechnernetze*), hohe Kommunikationsfähigkeit, gute Arbeits- und Programmierumgebungen;
5. *Generation* (für die 90er Jahre): Wissensverarbeitung, automatisches Schlußfolgern, hohe Parallelisierung.

#### **1.4 Informatik im Wissenschaftsgefüge**

Historisch betrachtet hat sich die Informatik - zuvor vor allem als Spezialgebiet betrieben - aus der Grundlagenwissenschaft Mathematik und der Ingenieurwissenschaft Elektrotechnik entwickelt und ist selbst zu einer Grundlagenwissenschaft geworden, deren Methoden und Ergebnisse in nahezu allen anderen Wissenschaften verwendet werden. Letzteres dokumentiert sich z.B. in Bezeichnungen wie Betriebsinformatik, Rechtsinformatik, Medizinische Informatik, Wirtschaftsinformatik. Wie ordnet sich die Informatik als neue Wissenschaft in den Kanon der bestehenden Wissenschaften ein?

Eine Zuordnung der Informatik zu den *Geisteswissenschaften* scheidet aus, da Informatik sich nicht allein auf die Gewinnung und Darstellung neuer Erkenntnisse beschränkt. Vielmehr ist eines ihrer zentralen Ziele der Entwurf und die Herstellung *praktisch einsetzbarer Produkte*. Informatik behält also stets auch den anwendungsorientierten Aspekt im Auge. Dennoch besitzt die Informatik eine erhebliche geisteswissenschaft-

liche Komponente etwa dort, wo es um Fragen der Berechenbarkeit oder der Künstlichen Intelligenz geht.

Informatik ist auch keine *Naturwissenschaft*. Zwar untersucht sie Prozesse, die auch in der Natur anzutreffen sind, etwa informationsverarbeitende Prozesse bei der Evolution, ihre wichtigsten Forschungsgegenstände (Maschinen, Algorithmen, Datenstrukturen) sind jedoch künstlich.

*Ingenieurwissenschaften* befassen sich überwiegend mit konkreten *technischen* Objekten, etwa in der Elektrotechnik oder dem Maschinenbau. Die Objekte der Informatik sind jedoch häufig abstrakter Natur, etwa Informationen, Algorithmen, Daten, Prozesse. Daher kann man die Informatik ebenfalls nicht den Ingenieurwissenschaften zuordnen. Allerdings besitzt die Informatik vor allem im Bereich ihrer Anwendungen hohe ingenieurmäßige Anteile. Auch die professionelle Softwareentwicklung wird mehr und mehr durch ein ingenieurartiges Vorgehen geprägt. Diese Schwerpunktverlagerung hat bereits an einigen Universitäten zur Bildung neuer Studiengänge "Ingenieurinformatik" geführt. Langfristig ist mit einer Aufspaltung der Informatik in eine ingenieurmäßige und eine grundlagenorientierte Wissenschaft (bestehend aus den Gebieten der Kerninformatik) zu rechnen. Die Informatik hätte dann eine ähnliche Entwicklung vollzogen, wie viele andere Wissenschaften vorher, etwa das Abspalten der Elektrotechnik und des Maschinenbaus von der Physik, der Chemietechnik und der Verfahrenstechnik von der Chemie usw.

C.F. von Weizsäcker ordnet in seinem Buch "Die Einheit der Natur" die Informatik zusammen mit der Mathematik in die Klasse der **Strukturwissenschaften** ein. Innerhalb der Informatik (und der Mathematik) untersucht und erforscht man auf formaler Ebene strukturelle Eigenschaften von Objektklassen (z.B. das operationale Verhalten der Objekte, die Eigenschaften von Operationen bezogen auf die Objekte (Rechengesetze)), zunächst noch ohne zu berücksichtigen, welche realen Objekte sich dieser Struktur unterordnen und ob es überhaupt solche Objekte gibt. Wir werden diese strukturorientierte Denkweise an vielen Stellen der Vorlesung antreffen.