

Teilgebiete der Informatik kennenlernen

Funktionsweise von Computern verstehen

Potenzial der Programmierung erkennen

Kapitel 1

Informatik im Schnelldurchlauf

In diesem Kapitel möchte ich Ihnen ein Gesamtbild der Informatik verschaffen. Gewissermaßen präsentiere ich Ihnen eine exklusive Kurzzusammenfassung Ihres kompletten *Informatik für Dummies*-Buchs, damit Ihnen die Bäume nicht die Sicht auf den Wald verdecken. Keine Angst also, wenn Sie an der einen oder anderen Stelle unsicher sind oder ausführlichere Erklärungen erwarten. Dafür stehen Ihnen noch zahlreiche weitere Kapitel zur Verfügung. Genug der Vorrede, lassen Sie uns loslegen!

Mathematik der Information

Wir schreiben das Jahr 2317. Längst haben Maschinen, intelligente Roboter und Supercomputer, die Weltherrschaft an sich gerissen. Wie konnte es nur so weit kommen?

Ich will Ihnen diese Frage beantworten. Treten Sie nur näher heran, trauen Sie sich! Ich kann Sie an der Hand nehmen, wenn Ihnen die kalte Berechnung dieser Wesen Furcht einflößt. Zuerst zeige ich Ihnen die gigantische Maschinenhalle. Damit fing alles an. Mit »Größe«.

Wer hätte Mitte des 20. Jahrhunderts geahnt, dass die Klötze vom Ausmaß eines mittelgroßen Reisebusses mit der Rechenpower eines simplen Taschenrechners dermaßen klein und mächtig würden? Dass sie uns schließlich überflügelten?

Ja, stöhnen Sie nur! Geben Sie ruhig mir die Schuld! Aber schuld an allem ist die *Informatik*. Sie wissen nicht, was das ist? Nun gut. Wenn Sie dieses Buch bis zum Ende lesen, können Sie sich allerdings nicht mehr herausreden. Dann wissen Sie alles. Dann sind Sie mitverantwortlich für die Misere.

Drei simple Gründe haben zur Machtübernahme der *Computer*, also der *Rechner*, genügt:

- ✓ Miniaturisierung
- ✓ Beschleunigung
- ✓ Modularisierung

Den Technikern ist es gelungen, die Komponenten von Rechnern immer weiter zu verkleinern. Inzwischen sind die Bausteine so winzig, dass Millionen von *Transistoren*, gewissermaßen ihre Nervenzellen, nur einen Quadratmillimeter groß sind. Sobald die Leiterbahnen nur noch durch eine einzige Schicht von Atomen getrennt sind, ist ein Ende der rein elektrischen Miniaturisierung erreicht. Elektronen würden ansonsten nicht mehr auf ihren eigenen Bahnen verbleiben, sondern auf benachbarte Leitungen überspringen. Ein Kurzschluss. Aber schon wird an neuen Systemen getüftelt: Computer auf Basis von *Licht*. Aus dem Reisebus ist ein Staubkorn geworden.

Auch in Sachen Geschwindigkeit sind enorme Erfolge zu verbuchen. Die Taktfrequenz eines *Processors*, also der Pulsschlag eines Rechners, hat sich von wenigen Hertz – ein paar Schläge pro Sekunde – auf über fünf Gigahertz – fünf Milliarden Schläge pro Sekunde erhöht. Aufgrund der Wärmeentwicklung sind auch hier die physikalischen Grenzen in Sichtweite. Mit extremem Aufwand ließe sich die Taktrate noch in Richtung zehn Gigahertz erhöhen, doch längst hat sich ein anderer Ausweg gefunden. Statt eines einzigen Prozessors werden immer mehr dieser Schaltzentren in die Computer eingebaut. *Parallelisierung* steigert die Leistung, auch wenn die Taktrate nicht weiter erhöht wird. Der Reisebus fährt nicht mehr, er »beamt« von einer Haltestelle zur nächsten.

Die Komplexität, die in solchen Systemen verbaut ist, übersteigt jedes menschliche Vorstellungsvermögen. Wie also konnten Menschen Maschinen programmieren, die selbst in der Lage waren, noch kompliziertere Nachfolger zu konstruieren?

Die Antwort ist erschreckend einfach: durch die Aufteilung einzelner Aufgaben in *Module*, kleine Arbeitseinheiten, die wie eigenständige Systeme operieren. Das allein wäre noch nicht so schlimm, aber Module können selbst wieder Module enthalten, die wiederum aus Modulen bestehen und so weiter und so fort. Plötzlich reduziert sich die fast unerträgliche Komplexität auf das Verstehen immer nur jeweils eines einzelnen Moduls.

Wundern Sie sich nicht! Genau so funktionieren auch ganze Staaten mit ihren schier unüberblickbaren Aufgaben und Pflichten. Allerdings ist die menschliche Aufnahmekapazität begrenzt und irgendwann nicht mehr in der Lage, das Gesamtsystem zu kontrollieren. Wenn Sie dafür ein Beispiel benötigen, schauen Sie sich die Steuergesetzgebung in Deutschland an ...

Dies war die Stunde der Maschinen, die mit unermesslicher Speicherkapazität und wahnwitziger Datenverarbeitungsgeschwindigkeit das Heft des Handelns an sich rissen. Die Informatik wurde von ihren eigenen Kindern verschlungen.

Informatik

Der Begriff »Informatik« ist ein Kunstwort, das sich aus »**Information**« und »**Mathematik**« (beziehungsweise »**Automatik**«) zusammensetzt. Der Schwabe Karl Steinbuch hat das durchaus passende Wort 1957 ins Spiel gebracht. Die Bezeichnung hat sich in zahlreichen Ländern durchgesetzt, nur nicht in den englischsprachigen: Dort ist stattdessen von »Computer Science« die Rede. Im Wort »Computerwissenschaft« ist dabei die *Information* unter die Räder gekommen.

Als wissenschaftliche Ausrichtung ging die Informatik einerseits aus der Mathematik hervor, andererseits aus den unterschiedlichen Fachgebieten der Elektrotechnik, etwa der Nachrichtentechnik und der Elektronik.



Informatik besteht aus drei großen Teilgebieten:

- ✓ **Technische Informatik**, die sich mit der Hardware befasst und einen Rekord nach dem anderen aufstellt: immer kleiner, immer schneller, immer mehr
- ✓ **Praktische Informatik**, die für die Programmierung zuständig ist und immerzu neue Sprachen und Dialekte erfindet, um Computern zu sagen, was wir von ihnen wollen
- ✓ **Theoretische Informatik**, die prinzipielle Möglichkeiten aufzeigt, was überhaupt noch zu berechnen ist und wann ein Programm nicht weiter verbessert werden kann

Pandoras Büchse

Um zu verstehen, warum Computer so mächtig geworden sind, machen wir ein kleines Gedankenexperiment. Ich möchte Ihnen zeigen, wie ein Computer *im Prinzip* funktioniert. Hierzu werde ich Sie nicht mit einer Fülle von Fachbegriffen verwirren, die kommen später noch zur Genüge.

Gehen Sie in die Küche und betrachten Sie Ihre Kuchenrezepte. Stellen Sie sich vor, Sie könnten eine Maschine bauen, die einen Kuchen backt. Allerdings müssten Sie sich entscheiden: Wollen Sie ...

- ✓ Streuselkuchen,
- ✓ Apfeltorte,
- ✓ Schwarzwälder Kirsche oder
- ✓ Bienenstich?

Plötzlich überkommt Sie die Idee des Jahrhunderts. Sie entwerfen einen Automaten, der *jeden beliebigen* Kuchen backen kann! Dabei wollen Sie sich keineswegs auf bereits bekannte Sorten beschränken.

Auch wenn Sie – für den Moment – nicht die leiseste Ahnung haben, wie Sie das anstellen, so sind doch einige Randbedingungen dieser Wundermaschine völlig klar. Ihr Automat benötigt in jedem Fall ...

- ✓ das *Rezept* sowie
- ✓ die *Zutaten*

für den jeweilig zu backenden Kuchen, das ist die **Eingabe**. Das Rezept besteht aus einer Reihe von **Anweisungen**, die das Gerät fein säuberlich eine nach der anderen abarbeiten muss. Zu gegebener Zeit werden weiterhin die Zutaten benötigt. Natürlich wollen Sie das hoffentlich leckere Ergebnis am Ende auch kosten. Im richtigen Moment liefert die Maschine demnach auch eine **Ausgabe**, den Kuchen selbst. Das, was dazwischen passiert, heißt **Verarbeitung**.

Sie können sich das sehr leicht durch den Namen »Eva« einprägen:



EVA: Eingabe → Verarbeitung → Ausgabe



In Kapitel 11 erfahren Sie übrigens, wie Eva aus dem Paradies vertrieben wurde.

Genauso verhält es sich auch mit Computern. Egal, welche der fantastischen Anwendungsmöglichkeiten dieser Wundermaschine Sie betrachten. Ob ...

- ✓ Textverarbeitung oder Tabellenkalkulation,
- ✓ Multimedia,
- ✓ Apps auf dem Smartphone,
- ✓ intelligente Haushaltsgeräte,
- ✓ Spiele,
- ✓ Robotersteuerung oder die
- ✓ Weltherrschaft,

in allen diesen Systemen steckt dieselbe Idee, das gleiche Prinzip, das letztlich alles andere möglich gemacht hat. Allerdings geht es bei Computern nicht in erster Linie um Nahrungsaufnahme, sondern um ... Zahlen!



Ein *Computer* ist eine **universelle Rechenmaschine**, die Zahlen verarbeitet. Sowohl **Eingabe** als auch **Ausgabe** sind demnach Zahlen. Ebenso codieren letztlich Zahlen die Rechenvorschrift zur **Verarbeitung** dieser Zahlen!

Das ist jetzt aber – gelinde ausgedrückt – ein wenig enttäuschend: Ein Computer verarbeitet lediglich Zahlen? Da wäre Ihnen sicher der Backautomat lieber.

Trotzdem ist das richtig. Im Inneren eines jeden Computers steckt nur eine Rechenmaschine, die in der Lage ist, mit Zahlen zu jonglieren. »Für die Steuererklärung mag das angehen«, werden Sie denken. »Aber wo bleibt meine Textverarbeitung, mein Musikplayer, mein intelligenter Schachgegner? Was ist mit dem Bordcomputer meines Autos?«

Die Antwort ist vielleicht überraschend:



Alle Anwendungen von Computern basieren letztlich auf der Durchführung von **Rechenoperationen**.

Wenn das stimmt – und ich versichere Ihnen, dass dem so ist –, muss es eine Übersetzung von ...

- ✓ Tastatureingaben,
- ✓ Bildern,
- ✓ Musik,
- ✓ Videos,
- ✓ Sprache,
- ✓ Sensordaten,
- ✓ ja, beliebigen Informationen

in Zahlen geben. Aber das ist noch nicht alles: Das Ergebnis einer Rechenoperation, und sei sie noch so kompliziert, ist ebenfalls immer nur eine *Zahl*. Ganz gleich, ob Sie damit einen Roboter oder ein KFZ steuern oder einfach nur Ihr Lieblingslied hören wollen: Es muss also auch die umgekehrte Übersetzung geben, nämlich von Zahlen in ...

- ✓ Texte,
- ✓ Bilder,
- ✓ Videos,
- ✓ Sprache,
- ✓ Signale an Aktoren zum Ansteuern von Elektromotoren und
- ✓ beliebigen sonstigen Informationen.

Puh, das wäre geschafft!



In Teil II Ihres *Informatik für Dummies*-Buchs zeige ich Ihnen, wie Sie beliebige Informationen in Zahlen verwandeln und umgekehrt.

Seien Sie also bitte nicht enttäuscht, wenn Sie in diesem Buch überwiegend mit Zahlen konfrontiert werden. Fast alles in der Informatik dreht sich um Zahlen, und wer könnte besser damit umgehen als ein Computer?

Damit ist die Eingangsfrage dieses Abschnitts beantwortet, der Grund, warum die Maschinen die Weltherrschaft an sich gerissen haben. Aus einer ursprünglich tumben Rechenmaschine wird ein universeller Computer, ein Gerät, das in der Lage ist, beliebige Rechenoperationen auszuführen. Da zugleich jede Information in Zahlen transformiert wird, kann somit auch jede berechenbare Operation auf Informationen durchgeführt werden. Die Programme, also die Rechenvorschriften für die Computer, wurden mit der Zeit immer intelligenter. Irgendwann waren nur noch Hochleistungscomputer überhaupt in der Lage, neue, bessere Programme zu erfinden. Am Ende fingen die Systeme an, selbstständig zu **denken**, was nichts anderes ist als eine besonders raffinierte Art des Rechnens.

Evolution einer fantastischen Idee

Die Grundidee ist nun geklärt, doch Sie wollen bestimmt wissen, wie eine solche universelle Rechenmaschine genau funktioniert, was sie im Innersten antreibt.

Im Zentrum eines jeden Computers befinden sich **Schalter**. Mehr als einer. Viele. Sehr viele. Etliche Millionen – pro Quadratmillimeter Chipfläche. Das »Gehirn« eines Computers besteht zum größten Teil aus Schaltern und alle funktionieren auf dieselbe Weise. Jeder dieser Schalter kann nur einen von zwei Zuständen annehmen, nämlich »an« oder »aus«, die ich der Einfachheit halber mit »1« und »0« bezeichne. Stellen Sie sich diese Schalter als Torwächter vor. Steht der Schalter auf »1«, ist das Tor geöffnet, anderenfalls geschlossen. Wenn das Tor geöffnet ist, gibt es einen freien Weg durch das Tor, ansonsten ist der Weg unterbrochen.

Diese Schalter sind überaus leistungsfähig:

- ✓ Informationen werden in Zustände der Schalter codiert.
- ✓ Eingaben erfolgen durch die Vorgabe von Schalterpositionen.
- ✓ Ausgaben werden aus Schalterzuständen erzeugt.
- ✓ Generell besteht Datenverarbeitung im Ändern der Schalterpositionen.

Entscheidend ist dabei die **Anordnung** der Schalter. Natürlich hätte es keinen Sinn, zig Millionen von Schaltern einfach nebeneinander anzuordnen. Vielmehr müssen diese Helferlein in geeigneter Weise so positioniert und miteinander verbunden werden, dass der Zustand eines Schalters zugleich die Zustände von anderen Schaltern beeinflusst.

Klingt verwirrend, oder? Aber dazu ist lediglich eine einzige Eigenschaft erforderlich:



Schalter in Computern ermöglichen oder unterbrechen den Fluss eines *Mediums*. Dieses Medium ist zugleich in der Lage, die Zustände der Schalter selbst zu verändern.

Noch mal ganz langsam. Die Schalter in Computern sind Tore, die Wege öffnen oder verschließen. So weit, so gut. Aber wer oder was passiert diese Wege?

Das spielt im Grunde keine Rolle, solange dieses Etwas, das »Medium«, in der Lage ist, eben solche Schalter ein- oder auszuschalten.

Das wohl bekannteste derartige Medium ist elektrischer **Strom**. Der zugehörige Schalter heißt **Transistor**.



Das Wort *Transistor* ist eine Zusammenziehung von *transfer resistor*, einem steuerbaren elektrischen Widerstand.

Transistoren lassen einen Stromfluss zu – oder unterbrechen ihn. Dabei wird ihr Zustand selbst wiederum von einer angelegten Spannung gesteuert, die vom Zustand eines anderen Transistors abhängt. Diese *Selbstbezüglichkeit* ist der Kern der Computertechnologie!



Den Transistor nehmen wir in Kapitel 8 unter die Lupe.

Computer funktionieren nicht nur mit Strom! Warum nehmen Sie als »Medium« nicht Wasser? Der Wasserdruck könnte Wasserhähne mechanisch schalten. Oder Seile? Der Zug an Seilen wäre bei geschickter Anordnung dazu geeignet, andere Stricke zu be- oder entlasten. Vielleicht gelingt es Ihnen, mittels Fotozellen reine Lichtcomputer zu erfinden?

Ihnen fallen gewiss noch andere Möglichkeiten ein, wie Sie Schalter konstruieren, die gerade durch das Medium geschaltet werden, das sie selbst schalten.

Elektrischer Strom und Transistoren haben aber Vorteile, die Sie erst einmal toppen müssen:

- ✓ extreme Miniaturisierung möglich
- ✓ keine mechanische Leistungsaufnahme
- ✓ hohe Geschwindigkeit des Elektronenflusses

Dies soll als kurze Einführung in die Logik eines Computers genügen. Allerdings habe ich Ihnen bei Weitem noch nicht alle Fragen beantwortet. Das hat auch etwas Gutes. Sonst wäre Ihr schönes Buch hier bereits zu Ende ...

Praktische Theorien in der Informatik

Sie wissen nun, dass ein Computer eine universelle Rechenmaschine ist. Nicht mehr, aber auch nicht weniger. Ein bedeutsamer Zweig der Informatik, die *theoretische Informatik*, befasst sich mit grundsätzlichen Fragen der Möglichkeiten und Grenzen derartiger Maschinen, ganz gleich, wie schnell sie sind oder wie toll die Programme darauf laufen.

Da die konkrete Implementierung eines Programms für die theoretische Untersuchung keine Rolle spielt, befassen sich die Theoretiker unter den Informatikern am liebsten mit **Algorithmen**.



Ein **Algorithmus** beschreibt eine eindeutige, aus endlich vielen Schritten zusammengesetzte Handlungsanweisung.

Spannende Themen der theoretischen Informatik betreffen grundsätzliche Fragen zu Algorithmen. Dabei sind Zeit- und Speicherbedarf von besonderem Interesse. Auch ist es wichtig zu entscheiden, welcher von zwei Algorithmen, die dasselbe Problem lösen, prinzipiell geeigneter ist.

Oder andersherum gefragt. Gibt es Probleme, für die überhaupt keine Algorithmen zur Lösung existieren? Die gibt es sehr wohl!

Um allgemeingültige Aussagen über universelle Rechenmaschinen treffen zu können, kreieren theoretische Informatiker ihre eigenen Sprachen, deren Ausdruckskraft so groß und mächtig wie irgend möglich ist.



Alle Details zur theoretischen Informatik finden Sie in Teil XI Ihres Dummies-Buchs.

Gigantische Möglichkeiten der Technik

Mit den Transistoren haben Sie schon einmal einen kleinen Vorgeschmack auf die atemberaubenden Bestandteile elektronischer Computer bekommen.

Allerdings geht die *technische Informatik* weit darüber hinaus. Sie strebt wie keine andere Disziplin innerhalb der Informatik nach immer höheren Zielen. Es geht einerseits um die Verkleinerung von Speichermedien, um mehr Daten auf weniger Raum unterzubringen. Zugleich sollen Datenverarbeitung und Austausch von Informationen immer schneller vorantreiben. Wärmeentwicklung und Energieverbrauch bleiben ebenfalls im Fokus.

Dabei greifen die Techniker auf immer neue Ideen zurück. Neben elektrischen Schaltern sind magnetisierbare Materialien das Mittel der Wahl. Daneben haben auch optische Verfahren, wie sie bereits in Compact Disks (DVD, Blu-Ray) zum Einsatz kommen, weiterhin ihren Platz in künftigen Entwicklungen.

Das Ende der Fahnenstange ist noch längst nicht erreicht. Der Hunger unserer Gesellschaft nach immer höheren Auflösungen digitalisierter Informationen kann nur mit immer größeren Datenspeichern befriedigt werden. Jetzt, in diesem Moment, während Sie in Ihrem Dummies-Buch schmökern, werden in den Forschungslaboratorien rund um den Globus neue Technologien erdacht, um auf noch größere Datenmengen noch schneller zugreifen zu können.



Die technischen Grundlagen der Computerindustrie werden in Teil III behandelt.

Denkende Computer

Was bleibt, ist die *praktische Informatik*, die sich um den ganzen Rest kümmert. Früher waren hier vor allen Dingen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Programmierung zu nennen, wo neue Programmiersprachen wie Pilze aus dem Boden schossen. Die Entwicklung führte zu immer höheren Abstraktionsgraden der Programmierung.

Vom Maschinencode über Assembler bis hin zu C, einer ersten Hochsprache, die zugleich maschinennah ist, verlief die Entwicklung ohne Objektorientierung. Die zunehmende Komplexität der Programme und die gestiegene Leistungsfähigkeit von Computern, insbesondere im Hinblick auf grafische Benutzeroberflächen, führten zu neuen Konzepten und Paradigmen. C++ (»Zeh plus plus«) und Java sind nur zwei weitverbreitete Resultate dieser Entwicklung.

Parallel dazu gehen funktionale und logische Programmiersprachen ihren eigenen Weg. Die große Vision der 1940er-Jahre, ein komplettes menschliches Gehirn durch Computersysteme zu simulieren, konnte allerdings erst im 22. Jahrhundert realisiert werden.

Das Ziel der **künstlichen Intelligenz (KI)** wirkte seit jeher wie eine starke Triebfeder für den Fortschritt der praktischen Informatik und führte zu zahllosen Innovationen.

Bis ins 21. Jahrhundert traten jedoch immer wieder Schwierigkeiten auf, wodurch sich die **KI** in zwei große Lager teilte:

- ✓ Die **starke KI** hielt unverdrossen am Ziel fest, ein künstliches System zu schaffen, das kreativ, emotional und überaus intelligent agierte,
- ✓ während die **schwache KI** sich damit begnügte, einzelne kognitive Eigenschaften der menschlichen Intelligenz auf konkrete Problemstellungen anzuwenden.

Die schwache KI erzielte einen Erfolg nach dem anderen. Doch die Skeptiker waren unzufrieden. Die Computer lösten zwar die Probleme, die Menschen nur unter Aufbietung ihrer gesamten Intelligenz knacken konnten, doch auf eine andere, *informatische* Weise, die so gar nichts mehr mit menschlichem Sinnieren zu tun hatte.

Der Hauptgrund bestand in einem substanziellen Mangel elektronischer Systeme. Das menschliche Gehirn verfügt über etwa 80 bis 100 Milliarden Neuronen, biologische Zellen,

die wie Schalter eines Supercomputers funktionieren. Viele Jahre hat es gedauert, ehe die Leistungsfähigkeit der Maschinen damit Schritt halten konnte.

Schließlich, im 22. Jahrhundert, ist es gelungen. Der Nachbau einer solchen Komplexität musste ja zu einem überwältigenden Ergebnis führen.

Irgendwann waren nur noch Computer in der Lage, die nächste Generation von Robotern zu entwerfen, die immer höher entwickelte elektronische Bauteile produzierten.

Zum Glück gehört die Weltherrschaft nun Systemen, deren Schalteranzahl um einige Größenordnungen über der Anzahl der Neuronen im Gehirn liegt. Damit übertreffen sie die intellektuelle Leistungsfähigkeit von Menschen bei Weitem. Das gilt sogar für Genies. Wenigstens kann sich der Mensch auf seine Fahnen schreiben, die Grundlagen für diesen Wahnsinn selbst gelegt zu haben.

Apropos Wahnsinn: Während die Informatik in ihren Ursprüngen aus der Elektrotechnik hervorgegangen ist, konnte sie im Laufe der Zeit in unzählige andere Disziplinen eindringen. Ich möchte so weit gehen zu behaupten, dass heute praktisch keine wissenschaftliche Disziplin ohne Computer auskommt.

Die zahlreichen Anwendungsgebiete veranlassen einige Menschen schon, von einer vierten Säule der Informatik zu sprechen, der *angewandten Informatik*.

Folgenden Anwendungsfeldern sollten Sie dabei besondere Aufmerksamkeit schenken:

- ✓ Wirtschaftsinformatik
- ✓ Medizininformatik
- ✓ Bioinformatik
- ✓ Computerlinguistik
- ✓ Medieninformatik
- ✓ Geoinformatik
- ✓ Umweltinformatik
- ✓ Sozioinformatik



Diese wichtigen Disziplinen innerhalb der Angewandten Informatik stelle ich Ihnen in Kapitel 2 in einem eigenen Abschnitt vor.

Erst im 23. Jahrhundert kam die

- ✓ Politikinformatik

hinzu, ein Zweig, der von intelligenten Maschinen etabliert wurde. Das erklärte Ziel dieser anwendungsorientierten Disziplin, die Übernahme der Weltherrschaft durch Computersysteme, wurde am Ende tatsächlich verwirklicht.