

## Intro

Haben Sie sich schon einmal gefragt, warum Sie jetzt ein gedrucktes Buch in den Händen halten können? Wie die Website zum Buch und alle anderen Websites auch programmiert und auf Ihrem Computer angezeigt werden können? Oder vielleicht, wieso eine Office-Anwendung oder ein Computerspiel auf Ihrem Computer ausgeführt werden kann? Die Informatik hat inzwischen einen großen Einfluss auf alle Bereiche unseres Lebens genommen.

Versuchen Sie doch einmal, das Gegenteil zu beweisen: Gehen Sie im Kopf Ihre letzte Woche durch, und schätzen Sie, mit wie vielen Dingen Sie in Kontakt gekommen sind, die *keinen* Bezug zu Informatik haben. Haben Sie etwas gefunden? Dann lassen Sie uns über ein paar Vorschläge genauer nachdenken:

Dachten Sie an Essen oder Lebensmittel? Die Landwirtschaft ist eine der digitalisiertesten Branchen überhaupt, mit Dutzenden computergesteuerten Systemen zur Qualitätssicherung, automatischen Bewässerung, Schädlingsbekämpfung, Ernteplanung und so weiter. Handelt es sich um ein maschinell hergestelltes Produkt oder überhaupt um ein Produkt, das in irgendeiner Form ausgeliefert wird, so steuert vermutlich ein Computer die Produktion, und mit Sicherheit hat bei der Auslieferung ein Algorithmus dem Paketboten den schnellsten Weg ans Ziel gezeigt.

Vielleicht hatten Sie an ein Musikstück oder einen Film gedacht? Kaum eine Medienproduktion kommt mittlerweile ohne digitale Aufnahme- und Bearbeitungstechnik aus, und selbst ältere Werke wurden längst in Nullen und Einsen überführt, übers Internet verbreitet und für die Ewigkeit archiviert.

Ein Gebäude? Wahrscheinlich hat eine Software den Architekten und den Statiker dabei unterstützt, Planungsfehler zu vermeiden. Wenn das Gebäude etwas neuer ist, werden vielleicht die Heizung und das Licht von einem Computer gesteuert. Wenn es antik ist, wurde es wahrscheinlich schon mit modernster computergestützter Technologie erfasst, um für die Geschichtsforschung neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Ein Lebewesen? Informatiker versuchen, von der Natur zu lernen, und entwickeln Algorithmen, die zum Beispiel vom Verhalten von Ameisen inspiriert sind. Auch medizinische Versorgung ohne die automatische Verarbeitung großer Datenmengen wäre heute undenkbar.

Das nächstgelegene Gewässer? Das Wetter? Höchstwahrscheinlich überwachen zu genau diesem Zeitpunkt Dutzende Sensoren den Wasserstand, den Sauerstoffgehalt, die Fließgeschwindigkeit und weitere Werte der Flüsse und Seen in Ihrer Umgebung. Und einige der leistungsstärksten Computer der Welt berechnen gerade Daten für Ihre Wettervorhersage in den nächsten Nachrichten.

Computer und digitale Systeme, so zeigt uns dieses kleine Gedankenspiel, begleiten uns mittlerweile in allen unseren Lebenslagen und sind aus unserer Welt nicht mehr wegzu-denken.

## Das Buch

Die Informatik ist eine faszinierende Wissenschaft, die unser gesamtes Leben prägt wie kaum ein anderes Fachgebiet. Mit diesem Buch wollen wir Ihnen diese Faszination vermitteln und Sie begeistern und befähigen, ein Studium der Informatik zu beginnen. Sollten Sie daher gerade am Ende Ihrer Schullaufbahn sein und Interesse an einem Informatikstudium haben, ist dieses Buch genau das Richtige für Sie! Das Gleiche gilt, falls die Schulzeit schon etwas länger zurückliegt, und das ganz unabhängig davon, ob Ihnen dort »Informatik« als Fach begegnet ist. Da die einzigen Voraussetzungen zum Lesen einfache Schulmathematik und Spaß am Knobeln und Lösen von logischen Rätseln sind, benötigen Sie keine weiteren Vorkenntnisse, um direkt ins Thema einsteigen zu können. Falls Sie, zum Beispiel aus dem Schulunterricht, einige Informatikkenntnisse mitbringen, hilft Ihnen das Buch dabei, dieses Wissen zu festigen und auszubauen.

Auch ohne Studienpläne sind Sie selbstverständlich herzlich eingeladen, mit diesem Buch einen Einblick in die Informatik zu gewinnen. Unserer Meinung nach gehört ein Grundverständnis digitaler Technologien längst zum wichtigen Allgemeinwissen, und die Denkmuster unserer Wissenschaft sind auch außerhalb der Informatik sehr nützlich. Egal also, ob Sie selbst etwas Informatik lernen möchten oder vielleicht auch als Lehrkraft Ideen für einen ansprechenden Informatikunterricht suchen: Wir sind uns sicher, dass diese Lektüre ein guter Einstieg ist!

## Wie liest man dieses Buch?

Mit Ausnahme von ein paar Grundlagen am Anfang ist es nicht notwendig, die Kapitel in der abgedruckten Reihenfolge zu lesen. Ganz im Gegenteil: Sie können frei nach Interesse und Wissensstand Kapitel überspringen oder spätere Kapitel vorziehen.

Wir empfehlen jedoch, auf jeden Fall mit dem ersten Kapitel über Algorithmen zu beginnen, da Sie dort eingeführte Konzepte und Schreibweisen auch später immer wieder benötigen werden. Wenn Sie dann Gefallen an algorithmischem Denken gefunden haben, können Sie dieses in den Kapiteln 2 bis 9 anwenden, denn dort sprechen wir über verschiedene Standardalgorithmen und Analysetechniken der Informatik – sozusagen die Werkzeugkiste eines jeden Informatikers. Kapitel 10, »Formale Sprachen«, macht einen Ausflug in die theoretische Informatik.

In Kapitel 11, »Modellierung«, und Kapitel 12, »Datenbanken«, verlagert sich der Fokus auf die Strukturierung von Problemen, Daten, Prozessen und Systemen. In Kapitel 13, »Künstliche Intelligenz«, beleuchten wir, was es mit künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen auf sich hat. Anschließend steigen wir in die technische Umsetzung ein: Kapitel 14 bis 16 widmen sich der Technik hinter Computern, Netzwerken und sicherer Datenübertragung. Ab Kapitel 17, »Softwareentwicklung«, wird es richtig praktisch, denn dort beschäftigen wir uns mit der Frage, wie eigentlich große und komplizierte Software entwickelt wird. In Kapitel 20, »Hands-on: Programmieren mit Python«, schreiben Sie dann selbst Programme am Computer – hierfür ist es ratsam, zumindest die Grundlagen zu Algorithmen, Datenstrukturen, Objektorientierung, Computern und Softwareentwicklung gelesen zu haben.

Abschließend beschäftigen wir uns in Kapitel 21, »Ethik in der Informatik«, mit ethischen und gesellschaftlichen Fragestellungen: Was darf Informatik alles, und welche Verantwortung tragen wir als Informatiker? Um Ihnen wirklich alles an die Hand zu geben, was Sie für einen erfolgreichen Studienstart benötigen, geben wir Ihnen im Extro noch einen Überblick über Ausbildungswege und mögliche Berufsfelder und verraten, wie ein Informatikstudium eigentlich abläuft.

Die meisten Kapitel fangen mit einer Knotelei an, also einer kleinen Rätselaufgabe, die Sie im Kopf, auf Papier oder mit wenigen Alltagsgegenständen lösen können – insbesondere brauchen Sie außer für Kapitel 20 keinen Computer für die Bearbeitung. Anschließend lösen wir die Knotelei auf und zeigen, welche Konzepte der Informatik sich dahinter verbergen. Stück für Stück führen wir im Hauptteil des Kapitels Begriffe und Techniken ein, die wir am Kapitelende zusammenfassen und in den Gesamtzusammenhang stellen.

Ein paar Aufgaben von einfach bis schwer geben Ihnen dann die Möglichkeit, das Gelesene zu verarbeiten und anzuwenden und zu testen, ob Sie alles verstanden haben. Auch diese Aufgaben können Sie (mit Ausnahme von Kapitel 20) völlig ohne Computer oder andere technische Hilfsmittel bearbeiten.

Folgende Stile und Icons verwenden wir, um Dinge zu kennzeichnen:

### ► Aufgaben

Alles, was Aufgaben betrifft, erkennen Sie auf den ersten Blick am schraffierten Seitenrand.

Zu Beginn des Kapitels gibt es eine »Knotelei zum Einstieg«, mit der Sie ohne Vorkenntnisse in das Thema des Kapitels einsteigen können.

Am Ende der Kapitel fordern Aufgaben Sie heraus.

 Manche Aufgaben fordern Sie voraussichtlich mehr als andere. Diesen Aufgaben haben wir nicht nur einen, sondern gleich drei Doktorhütchen vorangestellt.

### ► Lösungen

Lösungen finden Sie immer hinter den Aufgaben eines Kapitels; jede Lösung trägt die gleiche Nummer wie die Aufgabe, die sie löst.

### ► Begriffe

*Begriffe* erläutern wir immer im Zusammenhang. Sie erkennen einen neu eingeführten Begriff an der *kursiven Schrift*.

#### Kompakt erklärt – bitte genau hinsehen

In diesem Buch lernen Sie viele neue Konzepte, Sachverhalte und Zusammenhänge der Informatik kennen. Manche davon haben wir hervorgehoben, weil Sie bei der Lektüre vielleicht kurz innehalten möchten; denn mit einem Kasten wie diesem unterbrechen wir unseren Gedankengang, um Ihnen wichtige Grundlagen zu vermitteln oder weiterführende Ideen vorzustellen. Diese Textstellen lassen sich zwar leicht wiederfinden, aber wir empfehlen schon beim ersten Lesen ein besonderes Augenmerk.

### ► Pseudocode und Code

Pseudocode und Code erkennen Sie an dieser Schriftart:

```
Wiederhole solange Ende des Buches nicht erreicht
    Wiederhole solange Seitenende nicht erreicht
        Falls Abschnittstyp = Aufgabe
```

*Schlüsselwörter* der Programmiersprache bzw. Begriffe, die in einer Programmiersprache als Schlüsselwort (vgl. Kapitel 20, »Hands-on: Programmieren mit Python«) umgesetzt werden, drucken wir farbig. Moderne Entwicklungsumgebungen bieten verschiedene reichhaltige Farbdarstellungen Ihres Codes, die außerdem z. B. Zahlenwerte, Kommentare, Zeichenketten in jeweils eigenen Farben darstellen. Schlüsselwörter werden dabei immer berücksichtigt, und so halten wir es auch in diesem Buch.

### Webseite zum Buch

Auf unserer Website [www.fit-fuers-informatikstudium.de](http://www.fit-fuers-informatikstudium.de) stellen wir weiteres Material zum Buch bereit. Dieses umfasst noch ausführlichere Lösungserklärungen zu manchen Aufgaben, eine Linksammlung zu weiterführender Literatur sowie alle Codebeispiele und Werkzeuge für das Programmierkapitel 20.

Wie in jedem Fachbuch wird auch bei uns der Fehlerteufel nicht völlig untätig geblieben sein. Auf unserer Website nehmen wir Fehlermeldungen entgegen und stellen Korrekturen für bereits bekannte Fehler bereit. Außerdem freuen wir uns natürlich sehr über Feedback:

Über das Kontaktformular auf unserer Website können Sie uns Fragen stellen und Lob, Anregungen und natürlich auch Kritik loswerden.

### Danksagungen

Zuallererst möchten wir uns bei unserer Lektorin Almut Poll bedanken, ohne die es dieses Buch nicht gegeben hätte. Ihrer Feder entstammen Idee und Konzept des Projekts, für das sie uns als Autoren an Bord geholt hat. Wir danken ihr für das in uns gesetzte Vertrauen und die kompetente Unterstützung beim Schreiben des Buchs! Ebenso danken wir allen weiteren Mitarbeitenden des Rheinwerk Verlags, die im Hintergrund dafür gearbeitet haben, dass Sie nun ein fertiges Exemplar des Buches in der Hand halten können.

Unser Dank geht auch an Wolfgang Pohl, der das Geleitwort verfasst und damit dem Buch einen schönen Kontext gegeben hat.

Wir danken unseren Kollegen Thomas Bläsius, Timo Kötzing und Pascal Lenzner für die fachliche und didaktische Durchsicht der Kapitel. An vielen Stellen sind ihre wertvollen Anmerkungen und Ratschläge in das Buch eingeflossen und haben damit die Verständlichkeit der Erklärungen verbessert. Auch ein paar Fehler konnten wir dank den dreien ausmerzen.

Ebenso geht ein herzliches Dankeschön an unseren Freundeskreis und unsere Familien, die sich nie darüber beschwert haben, wenn wir sie völlig aus dem Zusammenhang gerissen um Rat gefragt haben. Wir danken insbesondere Jonas Chromik, Lukas Faber, Franka Fischbeck, Marie Hagenbourger, Ann Katrin Kuessner, Rita Neubert, Valentin Pinkau, Jan Schellenberg, Robert Schmid, Sebastian Serth und Jennifer Stamm dafür, dass sie uns bei der Entstehung des Buches als Testpersonen unterstützt und uns Feedback zu den Texten gegeben haben.

Wir selbst forschen und lehren an unserer Universität und sprechen unseren Kolleginnen und Kollegen sowie den Studierenden am Hasso-Plattner-Institut Potsdam großen Dank dafür aus, dass sie mit Spaß und Leidenschaft bei der Sache sind und wir tagtäglich mit ihnen arbeiten und forschen können. Insbesondere sind wir sehr dankbar für all die Gelegenheiten, die uns geboten wurden und werden, Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und Studierenden im Rahmen von Workshops, Camps, Tutorien und Vorlesungen unser Wissen weiterzugeben und dabei unsere eigenen didaktischen Fähigkeiten zu erproben und zu verbessern.

### Was ist eigentlich Informatik?

Nicht ganz zu Unrecht denken die meisten Menschen beim Begriff »Informatik« zuallererst an Laptops, Smartphones und das Internet. Dennoch haben wir uns dafür entschieden, die-

ses Buch so zu schreiben, dass Sie es fast komplett ohne Computer lesen und insbesondere die Aufgaben ganz analog bearbeiten können. Die Erklärung dafür liegt darin verborgen, was Informatik außerhalb der Arbeit mit Computern eigentlich noch alles umfasst.

### **Die Anfänge der mechanischen Rechenmaschinen**

Der Ursprung der Informatik liegt in dem Traum, Berechnungen nicht mühsam von Hand durchführen zu müssen, sondern wiederkehrende und monotone Aufgaben von einer Maschine erledigen zu lassen. Gleich drei Mathematiker bauten im 17. Jahrhundert erste mechanische Rechenmaschinen. Aus heutiger Sicht ist der bedeutendste davon Gottfried Wilhelm Leibniz, dessen Maschine alle vier Grundrechenarten beherrschte. Zwar konnte zu seinen Lebzeiten die »Leibniz'sche Rechenbank« nie voll funktionstüchtig gebaut werden, weil die damaligen Möglichkeiten der Feinmechanik noch nicht ausgereift genug waren, moderne Nachbauten funktionieren jedoch einwandfrei. Die Maschine prägte die bis heute typische Trennung einer automatischen Berechnung in *Eingabe*, *Berechnung* und *Ausgabe*. Darüber hinaus erkannte Leibniz, dass sich das Binärsystem – also das Rechnen mit den Ziffern 0 und 1 anstatt des uns geläufigen Zehnersystems mit den Ziffern 0–9 – besonders gut für maschinelle Berechnungen eignet.

Neben vielen Weiterentwicklungen dieser Rechenmaschinen durch verschiedene Erfinder leitete Joseph-Marie Jacquard um 1800 mit seinem Lochkarten-gesteuerten Webstuhl das nächste Kapitel der Informatikgeschichte ein. Statt ein kompliziertes Webmuster fest in die Mechanik des Webstuhls einbauen zu müssen, ermöglichten austauschbare Karten mit ausgestanzten Löchern, ein und denselben Webstuhl für vielerlei Muster zu verwenden. Im 19. Jahrhundert übernahm der Mathematiker Charles Babbage diese Idee für den Entwurf seiner »Analytical Engine«, einer von einer Dampfmaschine angetriebenen Rechenmaschine, die über Lochkarten programmiert werden sollte. Auch wenn die Maschine nie vollständig gebaut wurde, so geht man heutzutage doch davon aus, dass sie voll funktionstüchtig gewesen wäre. Im Gegensatz zu den Konstruktionsplänen der Maschine wurde eine Reihe von Programmen für selbige überliefert. Die Autorin dieser Programme, die Mathematikerin Ada Lovelace, gilt damit als erste Programmiererin überhaupt. Sie hatte außerdem die Vision, dass solche Rechenmaschinen langfristig nicht nur mit Zahlen, sondern auch mit Bildern und Musik arbeiten könnten.

### **Programmierbare Computer**

Im Jahr 1938 gelang es endlich Konrad Zuse, mit der »Z1« die erste programmierbare mechanische Rechenmaschine zu vollenden. Drei Jahre später stellte er die Nachfolgerin »Z3« fertig, die als erster Computer der Welt gilt und nicht mehr mechanisch, sondern mit zwei-

tausend Relais arbeitete. Programmiert wurde der Computer über einen Lochstreifen, Eingabe und Ausgabe erfolgten über eine Tastatur und Lampen.

Ebenfalls in den 1930er Jahren wurden wichtige Grundsteine der theoretischen Informatik geschaffen. Wissenschaftler wie Alan Turing und Alonzo Church formalisierten, welche Probleme überhaupt von Maschinen gelöst werden können. Das von ihnen maßgeblich geformte Forschungsfeld der *Berechenbarkeitstheorie* beschreibt die Grenzen der Möglichkeiten von Computern, und zwar nicht nur die der damals bekannten, sondern die aller Maschinen und Modelle zur automatischen Berechnung, die bis heute entdeckt und entwickelt wurden.

Der Brite Alan Turing war als Kryptoanalytiker auch maßgeblich daran beteiligt, im Zweiten Weltkrieg die abgefangenen verschlüsselten Nachrichten der Deutschen zu entziffern. Die Fähigkeit, die gegnerische Kommunikation abzuhören, war so bedeutend, dass damals gleich mehrere Großrechner im Vereinigten Königreich, in den USA und in Deutschland entwickelt wurden. Neben der Entschlüsselung von Nachrichten dienten sie auch zur Automatisierung von komplexen aerodynamischen Berechnungen für Flugzeuge und Geschosse. Mehr und mehr wurden dabei die fehleranfälligen und langsamen Relais durch Elektronenröhren aus der Radartechnik ersetzt.

Nachdem lange Zeit die Programmierung der Maschinen direkt über Kabel oder Löcher erfolgt war und Befehle über 0en und 1en eingegeben wurden, kam die Informatikerin Grace Hopper um 1950 auf die Idee, Programme stattdessen auf Englisch zu schreiben und diese anschließend mit einem Computer in Maschinenbefehle zu übersetzen. Sie entwickelte darauf aufbauend die ersten Programmiersprachen und die dazugehörigen Übersetzer, auch *Compiler* genannt.

### **Miniaturisierung und Siegeszug des Computers**

Unter anderem aufgrund ihrer immensen Größe – der US-amerikanische *ENIAC* nahm 170 m<sup>2</sup> Platz ein – ging man damals davon aus, dass nur wenige Computer weltweit benötigt würden. Mit der Erfindung des Transistors 1947 änderte sich vieles, denn auf einmal war es möglich, viel schnellere, kleinere und wartungsärmere Computer zu konstruieren. Im Gegensatz zu den meisten vorherigen Maschinen speicherten nun Computer Programme und Daten im selben Speicher, entsprechend dem von John von Neumann beschriebenen Aufbau eines Computersystems. Die Entwicklung der ersten Mikroprozessoren durch Intel beziehungsweise Texas Instruments im Jahr 1971 führte schließlich dazu, dass Tausende Transistoren auf einem kleinen Chip Platz fanden. Anschließend vergrößerte sich die Anzahl der Transistoren auf einem Chip rasant. Der Wissenschaftler Gordon Moore prognostizierte eine Verdoppelung der Schaltkreisdichte alle ein bis zwei Jahre. Bis heute

hält die Weiterentwicklung der Kernbestandteile von Computersystemen Schritt mit dieser Prognose.

Erst in den 1980er Jahren fanden Computer nach und nach Einzug in Privathaushalte, nachdem zuvor vor allem Großgeräte für Unternehmen entwickelt worden waren. Ab 1990 revolutionierte die Öffnung des Internets für die allgemeine kommerzielle Nutzung die weltweite Kommunikation. Zuvor war dieses Netzwerk auf Forschungseinrichtungen und Universitäten beschränkt gewesen, wo insbesondere die E-Mail für schnellen Nachrichtensendungen genutzt wurde. Das 1989 von Tim Berners-Lee entwickelte World Wide Web ist heutzutage die bekannteste Ausprägung des Internets.

Seitdem halten Computer Einzug in immer mehr Bereiche unseres Lebens. Angefangen bei Taschenrechnern, digitalen Armbanduhren und Mobiltelefonen explodierte die Verbreitung von Computern spätestens 2007. Zwar waren Smartphones keine neue Erfindung, erst jedoch die Einführung des iPhones in jenem Jahr führte dazu, dass heute fast jeder eine universale, automatische Rechenmaschine in der Hosentasche trägt, die millionenfach leistungsfähiger ist, als es sich die Erfinder der ersten mechanischen Rechner hätten erträumen können. Das sogenannte *Internet of Things* (IoT) vernetzt im Haushalt Lampen, Heizungen und Staubsauger-Roboter, und auch in der Industrie gibt es kaum noch eine Maschine, die sich nicht aus der Ferne digital überwachen und steuern ließe. Mit *Wearables* (kleinen tragbaren Computern), *Smart Clothes* (Kleidungsstücken mit integrierter Digitaltechnik) und sogar im Körper implantierten Chips ist die Durchdringung des Alltags durch digitale Systeme inzwischen praktisch allumfassend. Diese Verbreitung und Universalität von Computern macht den Beruf des Informatikers enorm spannend und herausfordernd.

### **Was macht ein Informatiker?**

Kommunikation, Mobilität, Multimedia, Finanzwesen, Ingenieurwesen, Fabrikproduktion, Forschung und Entwicklung, Medizin, Unternehmensorganisation, Politik – die Anwendungsfelder informatischer Systeme umfassen inzwischen praktisch alles. Bei aller Weiterentwicklung ist jedoch das Grundprinzip geblieben: Die Informatik beschäftigt sich noch immer damit, wie Berechnungen automatisiert durchgeführt werden. Da die zugrundeliegenden Problemstellungen aus beliebigen Domänen stammen können, ist das Aufgabengebiet eines Informatikers so universell wie kaum ein anderes.

Hauptsächlich beschäftigt sich ein Informatiker damit, wie Probleme gut, effizient und automatisiert gelöst werden können. Dass diese Automatisierung in erster Linie durch Computer geschieht, ist zunächst einmal zweitrangig, denn eine strukturierte und präzise Beschreibung von Problemlösungen ist für Mensch wie Maschine gleichermaßen wertvoll. Die enorme Rechenkraft von heutigen Computern sorgt jedoch dafür, dass die Lösungsver-

fahren auch schnell ausgeführt werden können, und macht damit die Ergebnisse des Informatikers anwendbar.

Wenn man so will, ist der Computer das wichtigste Werkzeug des Informatikers für die Ausführung der Lösungen. In der Arbeit mit Computern fungiert man jedoch in erster Linie als Übersetzer zwischen der Sprache des Problems und der Sprache des Computers. Bevor aber diese Übersetzung stattfinden kann, muss zunächst das Problem gelöst und diese Lösung in eine strukturierte Form gebracht werden.

Neben mathematisch-logischem Denken ist dabei vor allem die Kompetenz eines Ingenieurs gefragt: Ohne den Blick fürs Ganze, Erfindergeist, Kreativität und Teamfähigkeit kommt man in der Informatik nicht sehr weit, denn typischerweise sind die gestellten Probleme so umfangreich und knifflig, dass deren Lösung viel Knobelei, Ausprobieren und Teamarbeit erfordert.

In die grundlegenden Denkweisen, Lösungsansätze und Ideen der Informatik wollen wir Ihnen in den folgenden Kapiteln einen Einblick geben. Die wichtigsten Werkzeuge dafür sind Papier und Stifte. Haben Sie sich dies bereitgelegt? Dann kann es ja losgehen!