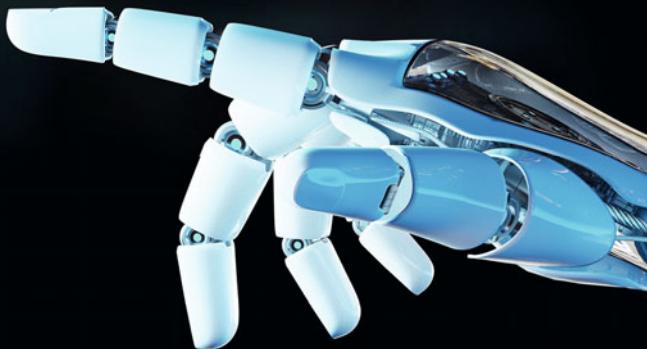
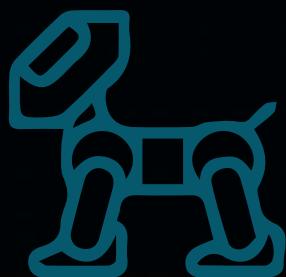


Jürgen Beetz



Digital

Wie Computer denken



EBOOK INSIDE

 Springer

Digital

Jürgen Beetz

Digital

Wie Computer denken



Jürgen Beetz
Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-662-58630-3 ISBN 978-3-662-58631-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58631-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Andreas Rüdinger

Fachlich-didaktische Beratung: Thomas Ningelgen (ningelgen.eu)

Illustrationen (Skizzen): Joanna Hegemann (joannaillustration.com)

Recherche: Marita Heitfeld

Einbandentwurf: deblik Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Mehr ist anders.

Philip W. Anderson, Physiker und Nobelpreisträger

Die größte Schwäche der Menschheit ist ihre Unfähigkeit, die Exponentialfunktion zu verstehen.

Der Physiker Albert „Al“ Bartlett in „The Essential Exponential!“

Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.

Arthur C. Clarke, Physiker und Science-Fiction-Autor

Wir erleben die neue Ära des Informationskapitalismus. Er hat damit begonnen, die Welt in einen Geisteszustand zu verwandeln. [...] Die Maschine des Informationskapitalismus ist der Computer, aber das Gerät selbst ist unschuldig.

Frank Schirrmacher in „EGO – Das Spiel des Lebens“

Geleitwort

„Computer sind die Elektrizität des 21. Jahrhunderts“, sagen manche. Viele Staaten – insbesondere die USA und China – gehen davon aus, dass die Digitalisierung und besonders die so genannte „künstliche Intelligenz“ (KI) ihre Wirtschaft in naher Zukunft ankurbeln wird. In der Tat, dieses Werkzeug (vielleicht auch „Denkzeug“) hat bereits ungeheure Umwälzungen hervorgebracht und wird weitere nach sich ziehen. Zu oft wird es von den Technokraten im *Silicon Valley* als wertneutrale Technik eingestuft. Seine Auswirkungen auf Gesellschaft und Ethik werden dabei gern übersehen.

Informatik, als Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, besonders der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern, schaute lange nicht auf den Menschen. Informatik sorgt letztlich für eine systematische Verarbeitung von Informationen – bisher unter der Kontrolle durch Menschen, die die Algorithmen entwickelten und (hoffentlich) auch verstanden. Inzwischen schreiben Computer heute schon selbstständig Algorithmen, und KI beruht auf lernenden Systemen, deren dabei abgeleitete Regeln für den Menschen oft nicht mehr nachvollziehbar sind.

Der norwegische Informatiker und Pionier auf dem Gebiet der Programmiersprachen Kristen Nygaard sagte: „*To program is to understand!*“ (Programmieren heißt verstehen). Aus ethischer Sicht werden wir uns weltweit fragen müssen, welche ethischen Standards lassen sich in Algorithmen erfassen und einbauen? Welche Handlungs- und Entscheidungskontrollen müssen wir Menschen behalten, um in einer Güterabwägung zu ethisch verantworteten Entwicklungen der KI beizutragen?

VIII Geleitwort

Noch eine Aufgabe haben wir. Es wird sehr darauf ankommen, digital fit zu sein. Wir werden dafür Sorge tragen müssen, die Menschen in die Lage zu versetzen, mit Computern umzugehen. Es geht um die Urteilsfähigkeit. Wir werden damit aufhören müssen, Ahnungen und Befürchtungen zu erzeugen und zu schüren. Es geht darum, Wissen und Können im Umgang mit Computern so zu vermitteln, dass der Benutzer urteilsfähig bleibt. In diesem Sinn wurde dieses Buch geschrieben.

Ulf D. Posé

Vorsitzender des Ethikbeirats der Unternehmen im Senat der Wirtschaft
Präsident der Akademie des Senats der Wirtschaft
Partner des Weltethos-Instituts der Universität Tübingen
Beiratsmitglied des LEIZ (Leadership Excellence Institut
der Zeppelin Universität Friedrichshafen)

Einführung

„Wie Computer denken“ – das ist doppeldeutig. Es kann bedeuten, dass hier erläutert wird, wie Computer „denken“, d. h., wie sie funktionieren. Dass Computer denken, ist natürlich nur eine Metapher, ein Gleichnis. Denn wie wir Menschen „denken“, das können sie nicht. Denken können nur wir Menschen und einige andere Lebewesen (und niemand weiß, wie wir uns „Gedanken machen“, sie herstellen). Oder? Wir werden sehen.

Es kann aber auch bedeuten, dass die Leserin oder der Leser¹ lernen soll, wie ein Computer zu denken, also ähnlich systematisch, schematisch, exakt und rational vorzugehen und oft gemachte menschliche Denk-Fehler zu vermeiden. Egal, wie Sie es interpretieren, Sie werden nach der Lektüre dieses Buches verstehen, wie Algorithmen mit Daten umgehen. Denn der Computer „denkt“ mit Algorithmen. Wobei natürlich erklärt wird, was es mit dem Zungenbrecher „Algorithmus“ auf sich hat. Wenn Sie dieser Fachbegriff erschreckt, was wollen Sie dann sagen, wenn ich Ihnen verrate, dass er von einem arabischen Rechenmeister und Astronomen namens *Muhammad Ibn-Mūsā al-Hwārizmī* abgeleitet wurde, eine Verballhornung seines Namens. Er war sozusagen der Adam Riese des Orients. Nehmen wir den Ausdruck hier erst einmal als Fachbegriff für beliebige Rechenverfahren.

„Wie Computer denken“ ist also ein falscher Untertitel. Sie tun es nicht. Sie verarbeiten nur Zahlen und Texte und gegebenenfalls technische Signale, z. B. aus einem Mikrofon oder von den Sensoren einer Heizung – letztlich

¹Ab hier werde ich das „generische Maskulinum“ verwenden und immer alle nur denkbaren Geschlechter damit meinen.

nur Bits und Bytes. Sie denken nicht, sie sind so dumm wie der Schalter einer Nachttischlampe: AN und AUS. Wirklich? Wieso reden die Fachleute aber dann von künstlicher Intelligenz? Wieso schlägt „Watson“² menschliche Gegenspieler bei *Jeopardy!*, wieso gewinnen Computer Go und Schach? Dazu gibt es einen simplen, aber tiefesinnigen Spruch: „Mehr ist anders“. Ein Neuron, sozusagen das Bit in unserem Kopf, kann auch nicht denken. Aber die 86 Mrd. (in Zahlen: 86.000.000.000) in Ihrem Kopf, die können es. Hoffe ich. Schon der Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* mit etwa 300 Neuronen kann es.³ „Aber er hat kein Bewusstsein“, sagen viele. Wenn wir uns darauf einigen, was das ist, dann können wir es vielleicht beurteilen. Und spekulieren, ob der Computer eins hat oder irgendwann haben wird. Auch das wird unser Thema sein.

Ebenso offen ist ja noch die Frage, was „Denken“ ist. Das ist schwer zu definieren, wie so viele sehr abstrakte Begriffe. Aber jeder verbindet eine klare Vorstellung damit (was auch schon ein Denkvorgang ist). Das Undefinierbare des Offensichtlichen. Den französischen Philosophen René Descartes kennen viele wegen seines berühmten Satzes: „cogito ergo sum“ (lateinisch für „Ich denke, also bin ich“). Denken scheint eine Grundvoraussetzung unserer geistigen Existenz zu sein.

„Noch ein Buch über Bits und Bytes?!,“ werden Sie fragen. „Muss das sein?“ Ja. Das Wissen über „das Digitale“ ist immer noch nicht überall vorhanden. Es ist aber inzwischen Mode zu verlangen, Kinder sollten Programmiersprachen lernen, um den Computer und das Internet zu verstehen. Das ist richtig und falsch zugleich. Richtig ist es, weil man so erkennt, dass ein Computer kein magisches geheimnisvolles Wesen ist, sondern eine einfache Maschine. Falsch ist es, weil man nicht wissen muss, wie ein Dieselmotor funktioniert, um seine Umweltbelastung zu beurteilen und über den Sinn des motorisierten Individualverkehrs nachzudenken, der fossile Brennstoffe verbraucht. Dieses Buch versucht, eine Balance zwischen diesen beiden Meinungen zu finden. Sie werden zwar nicht programmieren lernen, aber einfache Programme

²Watson ist ein Computerprogramm aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Es wurde von IBM entwickelt, um Antworten auf Fragen zu geben, die in digitaler Form in natürlicher Sprache eingegeben werden. Es ist nach Thomas J. Watson, einem der ersten Präsidenten von IBM, benannt. Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Watson_\(Künstliche_Intelligenz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Watson_(Künstliche_Intelligenz)). Wir werden es in Abschn. 3.3 wiedertreffen.

³*Caenorhabditis elegans* ist uns in intellektueller Hinsicht prozentual quantitativ überlegen, denn ein ganzes Drittel seiner Körperzellen besteht aus Neuronen ähnlich denen in unserem Gehirn. *Der Spiegel* 38/2016 S. 124 und https://de.wikipedia.org/wiki/Caenorhabditis_elegans. Er hat sogar einen eigenen Domain Name: www.celegans.de (Info auf <http://www.celegans.de/de/research%20interests>). Das Forschungsprojekt „OpenWorm“ versucht, sein Nervensystem nachzubilden (siehe <http://openworm.org/>).

kennenlernen und ein Gefühl dafür bekommen, wie Programme prinzipiell funktionieren. Damit werden Sie den Computer so weit verstehen, dass Sie seine Möglichkeiten und Grenzen beurteilen können. Und erkennen können, wie wir ihn steuern können und wie er uns steuert.

Ich möchte nicht nur komplizierte Sachverhalte in verständlicher Weise beschreiben, sondern sie zusätzlich in einfache Gedanken, in kleine verständliche Häppchen zerlegen (ich bin jedoch kein Freund von „Leichter Sprache“).⁴ Allerdings gibt es schon Nebensätze, Einschübe, Fußnoten und gängige Fremdwörter. Das Buch behandelt weder Spezialthemen noch elektronische Einzelheiten, sondern gibt einen realitätsbezogenen Überblick über die wichtigsten Gebiete, in denen die Phänomene der Digitalisierung erscheinen. Es nennt und erklärt die wichtigsten Fachbegriffe und macht sie durch Wiederholungen geläufig. Der Schwerpunkt wird nicht auf das technische Funktionieren gelegt, sondern auf die Verbindung des Digitalen mit dem „normalen Leben“.

Karl Marx benannte 1867 in „Das Kapital“ als die drei wichtigsten Unternehmensressourcen Material, Kapital und Arbeit. Dass Information die vierte Ressource der Wirtschaft sein würde, sah damals noch niemand. Im Zeitalter des Informationskapitalismus haben Material und Arbeit in vielen Bereichen ihre Bedeutung verloren. Und dass man Informationen einmal automatisch verarbeiten würde wie Stahl oder Damenstrümpfe, das ahnte damals erst recht kein Mensch.

Inzwischen sind wir durch drei „industrielle Revolutionen“ gegangen. Die drei Revolutionen werden von verschiedenen Autoren unterschiedlich benannt. Die Mechanisierung von Handarbeit durch Maschinen und die Erfindung der Dampfmaschine durch Thomas Newcomen und ihre Weiterentwicklung durch James Watt Ende des 18. Jahrhunderts gehören sicher dazu. Viele bezeichnen die Elektrifizierung und die Erfindung des Computers als den dritten Umbruch – schließlich bescherte uns dieser unter anderem das Internet, die universelle Wissensquelle (und Unsinnsquelle gleichermaßen). Das Internet löste die vierte industrielle Revolution aus („Industrie 4.0“ genannt) und trat seinen Siegeszug an in unsere Wohnzimmer, ja in die Jeanstaschen unserer Teenager.

Noch vor einem halben Jahrhundert waren Computer zimmergroß, standen in klimatisierten Räumen und kosteten ein Vermögen. Sie waren für Sonderaufgaben der Datenverarbeitung in Unternehmen gedacht. Heute sind sie tragbar, haben Räder (man nennt sie „Autos“), können fliegen und

⁴https://de.wikipedia.org/wiki/Leichte_Sprache

bestimmen unser Leben und unser Denken. Milliarden Menschen halten sie manchmal an ihr Ohr, um mit anderen zu telefonieren. Meine Espresso-maschine ist ein Computer mit einem Algorithmus: *Wenn Sensorsignal 17 dann Anzeige „Wassertank leer“.* Ich könnte sogar meine bevorzugte Cappuccino-Mischung über das Internet einprogrammieren.

Die Geschichte der Computer erinnert an die ersten Probebohrungen in Texas: Ein harmloses Stückchen Land verwandelt sich plötzlich in eine sprudelnde Ölquelle. „Digitalisierung“ erzeugt in einer Suchmaschine „ungefähr 12.900.000 Ergebnisse (0,39 s)“. Also muss und werde ich mich auf das (in meinen Augen, also subjektiv gesehen) Wichtigste beschränken. Denn das Feld ist riesig und unüberschaubar (meine 600 Fußnoten mit Quellenangaben zeugen davon). Auch sind heute Mengen von Informationen im Internet verfügbar. Deswegen kann ich auf die genaue Erläuterung vieler Einzelheiten verzichten – sie sind mit einem Mausklick nachlesbar. Wo ich Einzelheiten dennoch erwähne, dienen sie dem Verständnis des Ganzen, des roten Fadens, den ich zu spinnen versucht habe.

Viele warnen vor der wachsenden wirtschaftlichen, sozialen und politischen Macht der fünf größten amerikanischen Technologieunternehmen, der „*Big Five*“: Apple, Amazon, Google, Facebook und Microsoft. Ihr Einfluss droht manchmal größer als der von politischen Institutionen zu werden. Dabei beruht diese Macht auf dem Funktionsprinzip einer geradezu lächerlich einfachen Maschine, wenn man in ihr Inneres vordringt. Genau das wollen wir hier versuchen.

Lassen Sie sich bitte nicht dadurch abschrecken, dass ich manchmal in technische Details abtauche. Damit will ich ein echtes und gründliches Verständnis erreichen, anstatt nur mit wolkigen Worten über (im wahrsten Sinn des Wortes) das Thema zu reden. Denn konkrete Beispiele, in die man sich vertiefen kann, helfen beim Verstehen des Prinzips.

Drei große Themen wollen wir behandeln. Ich will Ihnen zeigen,

- wie aus einem extrem einfachen Prinzip des Computers (der Unterscheidung von 0 und 1) ein extrem komplexes System (das Internet) hervorging,
- wie mit methodischen Arbeitstechniken riesige Softwaresysteme industriell hergestellt werden (und nicht durch einzelne freischaffende „Künstler“) und

- welche gesellschaftlichen Auswirkungen die Digitalisierung hat, welche Potenziale und welche Gefahrenstellen sie aufweist und in welchen Bereichen sich unser Leben dadurch dramatisch verändert hat und weiter verändern wird.

Fangen wir mit dem Einfachsten an: der nackten Maschine.

Dezember 2018

Jürgen Beetz

Besuchen Sie mich auf meinem Blog

<http://beetzblob.blogspot.de>



Inhaltsverzeichnis

1 Die nackte Maschine	1
1.1 Eine Analogie zu analog und digital	1
1.2 Bits und Bytes	12
1.3 Die ersten Hüllen um die nackte Maschine	20
1.4 Eine weitere Schicht der Vereinfachung	35
1.5 Computer verwursten alles: Zahlen, Signale, Texte, Tabellen	46
1.6 John von Neumann entwirft eine Maschine	79
1.7 Eine völlig andere Architektur ... und lernfähig	100
2 Das Abbild der Realität	121
2.1 Computer-Software und das wirkliche Leben	122
2.2 Software-Herstellung als industrieller Produktionsprozess	126
2.3 Mr. Spock entdeckt die Erde	132
2.4 Eigentlich fängt alles mit EVA an	148
2.5 Modelle der Wirklichkeit wandern in die Software	154
3 Die Rückwirkung auf die Realität	171
3.1 Algorithmen steuern uns unbemerkt	173
3.2 Die Spinne im Internet(z)	190

XVI Inhaltsverzeichnis

3.3	Künstliche Intelligenz – gibt es denn eine natürliche?	215
3.4	Werden Roboter Bewusstsein haben?	247
3.5	Die Revolution frisst ihre Kinder	273
3.6	Hacker und andere Macker	298
3.7	<i>Social Scoring</i> und 9683 km bis China	321
Literatur		361
Personen- und Sachregister		363



1

Die nackte Maschine

Worauf die Digitalisierung beruht: Der Computer ist ein Automat zur Verarbeitung von Daten

Über die Technik, die Funktionsweise und den inneren Aufbau des Computers. Über die überaus einfachen Grundelemente des Digitalen. Über Software und ihre Produktion.

Viele halten den Computer für ein magisches geheimnisvolles Wesen, weil sie seine einfachen Funktionsprinzipien nicht verstehen. Er ist jedoch nur eine extrem einfache Maschine, wie wir in diesem ersten Teil sehen werden. Doch freuen Sie sich nicht zu früh, denn aus einer riesigen Anzahl einfacher Dinge kann ein hochkomplexes System entstehen. Oder, nach einem Ausspruch des Physikers und Nobelpreisträgers Philip Warren Anderson: „Mehr ist anders“.¹

Fangen wir jedoch mit einer Klärung der zwei Kernbegriffe an.

1.1 Eine Analogie zu analog und digital

Im normalen Sprachgebrauch heißt „analog“ *entsprechend*. Eine Analogie ist eine Entsprechung, ein Vergleich, eine Ähnlichkeit, eine Gleichartigkeit, eine Parallel, Übereinstimmung oder Verwandtschaft. Die Bewegung der Zeiger einer Uhr verläuft analog zum Verstreichen der Zeit. Jede Stunde ein Zwölftel von 360° , also 30° ; jede Minute $1/60$ von $30^\circ = 0,5^\circ$, jede Sekunde $1/60$ von $0,5^\circ = 0,00833\dots^\circ$, jede Millisekunde ... und so weiter. Wie weit können wir gehen? Theoretisch unendlich weit. Aber Unendlichkeit gibt es

¹Philip Warren Anderson: „More is different“, *Science* 04 Aug. 1972, Vol. 177, Issue 4047, S. 393–396 (<http://science.sciencemag.org/content/177/4047/393>).

in der Realität nicht (von Ausnahmen abgesehen). Und hinter jeder Theorie lauert die Praxis. Hier sind es zwei Gründe, die gegen die unendliche Fortsetzung sprechen: Erstens, Zahnräder sind nicht hinreichend präzise, und $0,008^\circ$ ist schon für das menschliche Auge nicht bemerkbar. Zweitens und als Überraschung stellen wir fest: Die analoge Uhr hat einen digitalen Kern. Digital heißt nämlich „in abzählbaren Einzelschritten“, mit „diskreten“ (so das Fachwort) Werten. Diskret nicht im Sinne eines englischen Butlers, sondern (lateinisch *discernere* „trennen“, „unterscheiden“) „unterscheidbar“. Denn das Wort „digital“ kommt vom lateinischen *digitus*, dem Finger. Und so funktioniert die Uhr, zumindest die klassische mechanische Uhr: Innen drin hat sie ein hin- und herschwingendes Teil, die „Unruh“. Oder das Pendel der Pendeluhr meiner Oma. Das ist sozusagen ein Finger, der ticktack macht (Abb. 1.1). Er hat nur zwei Werte, Tick und Tack. Sozusagen eine Zahl mit nur einer Stelle, und die kann nur zwei Werte annehmen, Tick oder Tack, 0 oder 1. Wie der Schalter einer Nachttischlampe. Egal, wie oft Sie draufdrücken, er ist AN oder AUS. Er macht ticktack, ticktack, ticktack.

Und trotzdem bewegt sich der Stundenzeiger der analogen Uhr für unser Auge kontinuierlich und nicht in einzelnen Schritten, ebenso der Minutenzeiger. Nun stellen Sie sich vor, der Minutenzeiger bewege ein Zahnrad mit nur einem Zahn, das nur genau zur vollen Stunde ein Zählwerk weiter-schaltet. Sie hätten ihre Uhr „digitalisiert“. Die Fachleute nennen das einen „Analog-Digital-Wandler“ (das nur nebenbei bemerkt). Dabei hätten Sie aber einen Genauigkeitsverlust in den letzten Stellen (hier den Minuten) in Kauf genommen. Denn selbst um 20:59 sagt ein Schlaumeier beim Blick auf die Digitalanzeige: „Wieso, es *ist* doch noch nicht neun Uhr!“ Ebenfalls nebenbei bemerkt: Eine Geige ist ein analoges Instrument, eine Gitarre



Abb. 1.1 Ein Finger zeigt 0 oder 1

(wegen der Bünde am Griffbrett) ein digitales. Eine Schlange bewegt sich analog, ein Mensch digital, nämlich schrittweise.

In Großbritannien diskutiert man inzwischen über die Abschaffung der analogen Uhren, weil Schüler das Zifferblatt einer analogen Uhr nicht mehr lesen können – selbst in weiterführenden Schulen. „Junge Leute sind viel mehr an digitale Uhren gewöhnt“, zitiert die BBC den stellvertretenden Generalsekretär des britischen Schulleiterverbands. Dort ist man der Meinung: „Für die ‚digitale Generation‘ könnte eine Analoguhr zum ‚Anachronismus‘ werden.“²

Die Uhr ist reine Hardware, ein Gerät. Sie hat zwar eine Benutzeroberfläche (engl. *user interface*), das Zifferblatt, aber keine Software, kein auswechselbares Programm, das sie steuert. Anders z. B. die Webstühle des Herrn Joseph-Marie Jacquard aus dem Jahr 1805. Sie konnten unterschiedliche Stoffe weben, denn sie wurden über Lochkarten gesteuert – nach dem binären System, dass wir noch kennenlernen werden. Dieser Webstuhl war also die erste „programmierbare“ Maschine und damit ein Grundstein der heutigen Automatisierung.

Das Prinzip Loch oder nicht Loch, an oder aus, ja oder nein, 0 oder 1 wurde schon sehr früh zur Steuerung von Automaten verwendet, ob sie nun weben oder rechnen sollten. Damit wären wir bei Charles Babbage, einem englischen Mathematiker und Philosophen. Er erfand zwei mechanische programmierbare Rechenmaschinen, die er allerdings nie zum Laufen brachte. Trotzdem gelten sie als Vorläufer des modernen Computers. Eine nannte er selbstbewusst *Analytical Engine*, die analytische Maschine. 19 m lang und drei Meter hoch, aus 55.000 Teilen bestehend und von einer Dampfmaschine angetrieben. Kein Wunder, dass sie nie fertig wurde. Ada Lovelace, die *Countess of Lovelace* und Tochter Lord Byrons, arbeitete mit Charles Babbage zusammen. Sie verfasste schriftliche Kommentare zur *Analytical Engine* und entwickelte eine Methode zur Programmierung von Maschinen nach dem „Babbage-System“. Sie erdachte 1843 den ersten für einen „Computer“ vorgesehenen Algorithmus zur Berechnung von Bernoullizahlen (was immer das ist) und schrieb damit das erste Computerprogramm. Deswegen wird sie als „erste Programmiererin“ bezeichnet. Die Programmiersprache *Ada* wurde nach ihr benannt.

²Sean Coughlan: „Young can ‚only read digital clocks‘“ in *BBC NEWS* vom 24.04.2018 (<http://www.bbc.com/news/education-43882847>).

Leibniz war kein Butterkeks

„Leibniz war kein Butterkeks“ – so betitelte ein Autor sein Buch über Philosophie.³ Recht hat er! Gottfried Wilhelm Leibniz war ein universelles Genie seiner Zeit. Er lebte von 1646 bis 1716. Er war Jurist, Philosoph, Mathematiker, Diplomat, Historiker und sogar politischer Berater.

Er hatte eine interessante Idee, sozusagen eine „neue Art zu zählen“ (obwohl schon Menschen vor ihm darauf gekommen waren, die sich aber nicht durchsetzen konnten). Zur Einstimmung wollen wir uns eine lustige Begebenheit aus der Steinzeit anhören:⁴ Eddi und Rudi, ein Paläo-Mathematiker und sein Physik-Kollege, sind die Helden dieser Geschichte. Sie hatten einen Zählwettbewerb ausgerufen.

Das Opfer einer Bärenattacke, das seitdem wenig zartfühlend „Ursi“ gerufen wurde, konnte mit seinen 8 Fingern daran leider nicht teilnehmen, da er als behindert galt (heute würde man politisch korrekt „digital herausgefordert“ sagen) – was bei dem kommenden Zählwettkampf verständlich war.

„Wir machen einen Wettbewerb“, rief Rudi, „eine Schale Met für den Gewinner. Wer kann mit seinen zehn Fingern am weitesten zählen? Wer hat die höchste Zahl?“

„Ich“, schrie der Dorftrottel, „Zehn.“ Und er schied sofort aus. Schweigen breitete sich aus. Ein etwas fremdländisch aussehender Mann hob den Arm: „Der Stamm, von dem ich herkomme ...“ Leichtes Gemurmel. Man kannte diese Einleitung und nicht jeder mochte das, was üblicherweise folgte. Andere Kulturen waren offenbar in manchen Dingen schon weiter, und nicht jeder im Stamm besaß die Toleranz, das zu akzeptieren. Doch der Redner ließ sich nicht beirren: „Wir hatten ein Achtersystem. Insofern war es unklug und vorschnell, Ursi nicht teilnehmen zu lassen. Wir zählten mit den acht eigentlichen Fingern und reservierten die Daumen dafür, uns die Achter zu merken. So kamen wir auf zwei Daumen mal acht plus noch einmal acht Finger. Und das sind vierundzwanzig.“

Das verblüffte die anderen und es dauerte eine Weile, bis sich ein zweiter traute, ein Ziegenhirt: „Dreißig!“ „Das musst du uns beweisen“, sagte Eddi. Der Ziegenhirt sprach: „Ich zähle meine Ziegen mit der rechten Hand bis fünf. Dann merke ich mir mit einem Finger der linken, dass ich fünf erreicht habe und fange für die sechste rechts wieder mit einem Finger an. Bei der zehnten hebe ich links den zweiten Finger und mache rechts wieder

³Michael Schmidt-Salomon: „Leibniz war kein Butterkeks“, Piper München 2012.

⁴Beetz J (2013), S. 338 f.

eine Faust. Und so weiter. Fünf Finger der linken Hand sind dann fünfundzwanzig, und dann kann ich rechts noch fünf weitere zählen.“ Gemurmelt im Kreis der Umstehenden.

Eddi nickte beifällig und Rudi wollte schon das Bier abfüllen, da schrie ein anderer: „*Fünfunddreißig!*“ Alle Köpfe fuhren herum. Der andere blickte den Ziegenhirten etwas verächtlich an und sagte zu ihm: „Da hättest du draufkommen müssen! Du brauchst den ersten Finger links ja erst bei der sechs zu heben und den zweiten bei der zwölf. Dann kannst du links fünf mal sechs markieren und kannst rechts noch fünf weiterzählen!“ Alle klatschten, und Rudi war so verblüfft, dass er den ersten Schluck Met selbst trinken musste. Nun war die Sache offensichtlich entschieden ...

Eine helle Kinderstimme meldete sich. Man hatte ihn unter den Erwachsenen kaum gesehen, und Rudi ahnte Fürchterliches. Er versuchte, das Unausweichliche noch abzuwenden: „Karli, was willst *du* denn hier?! Das ist eine Sache für Männer!“ Eine zweite helle Stimme ergriff das Wort: „Das glaubt ihr wohl, ihr Kerle! Jeder, der denken kann, darf sich frei äußern.“ Willa, die Frau des Stammeshäuptlings und die erste Mathematikerin der Geschichte! Das fehlte noch! „Also, Karli, was hast du zu sagen?“, lenkte Rudi ein. „Eintausenddreißig“, sagte der Kleine. Und Willa nickte.

Den folgenden Tumult wollen wir übergehen. Rudi schüttete den Gewinn in einem Zug hinunter, denn der Sieger war *dafür* ja noch nicht reif. Niemand wollte das glauben, aber Willas Autorität war auch nicht in Frage zu stellen. Sie untermauerte ihre Position mit einer Runde Met für alle (außer Karli). So fanden alle, dass es ein gelungenes Quiz war, obwohl niemand unter den Zuschauern das Ergebnis so richtig verstanden hatte.

Zählen und Zahlen im „Dualsystem“

Schauen wir uns an, wie Karli gedacht hatte. Jeder Finger hat nicht den Wert 1, sondern markiert eine Folge von Verdoppelungen. So wie bei der Dezimalschreibweise jede Position den *zehnfachen* Wert der Stelle rechts von ihr hat. Ist im Dezimalsystem die höchste Ziffer eine 9, so ist es im „Dualsystem“ (das nur zwei Werte kennt, daher der Name) die 1. Ein Beispiel verdeutlicht diese verbale Beschreibung (Tab. 1.1):

Oben in Tab. 1.1 ist die Zahl 13 dargestellt. Das wird Sie nicht überraschen, denn daran sind Sie ja gewöhnt. Unten müssen Sie erst einmal ein wenig rechnen: 1 mal 8 plus 1 mal 4 plus 0 mal 2 plus 1 mal 1 sind ... auch wieder 13. Das sehen Sie in Abb. 1.2. Wenn Sie mitrechnen, stellen Sie fest, dass 0101 im Dualsystem 5 ist ($4 + 1$), 1001 gleich 9 ($8 + 1$) und dass die

Tab. 1.1 Dezimalsystem (oben) und Dualsystem (unten) im Vergleich

Ziffer (0 bis 9)			1	3
Wert der Stelle	1000	100	10	1
Ziffer (0 bis 1)	1	1	0	1
Wert der Stelle	8	4	2	1

**Abb. 1.2** Die dezimale 13 mit dualen Fingern gezeigt (aus der Sicht der Person zu lesen)

höchste vierstellige Zahl 15 ist (1111). Wie hoch ist also die höchste zehnstellige Zahl, die aus dem Zehnfinger-Zählwettbewerb? Von rechts nach links addieren wir die Werte der Stellen: $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 + 256 + 512 = 1023$. Und nicht durch Zufall ist das der Wert der 11. Stelle minus eins: $1024 - 1$.

Das Dualsystem wurde von Gottfried Wilhelm Leibniz schon 1705 in einem Artikel „Erklärung der binären Arithmetik“ veröffentlicht. Doch auch er hatte vermutlich Vordenker. Aber das faszinierte die Erbauer von Rechenmaschinen: ein extrem kompaktes System mit nur zwei Zuständen, also extrem zuverlässig. Wollte man eine elektrische Rechenmaschine bauen, gab es nur zwei Möglichkeiten: AN oder AUS. Strom fließt oder nicht. Stellen Sie sich einen Dezimalsystem-Computer vor: *zehn* verschiedene Spannungen von 0 bis 9 V – viel zu unsicher, wenn der Akku mal nur 8,5 V liefert. Ist das nun eine kleine 9 oder eine große 8?

So konnte man also Zahlenwerte abbilden. Was aber ist mit Buchstaben und Satzzeichen? Ganz einfach: Wir verschlüsseln sie einfach, ordnen ihnen eine willkürlich gewählte Folge von Nullen und Einsen zu. Das schauen wir uns gleich genauer an. Zuvor aber eine fast philosophische Frage.

Was ist eigentlich Information?

Ist sie materiell oder immateriell, gar etwas „selbstständig Seiendes“? Oder ist sie an etwas gebunden, ohne das sie nicht existiert? Schaut man sich einen Schlüssel im Unterschied zum Rohling an (Abb. 1.3), dann sieht man sofort die Information (wörtlich: Einformung) in der Abfolge von Zahn (z) und Kerbe (k). In unserem Fall ist es eine Zeichenfolge mit nur zwei Werten, nämlich „zkkzzk“. Die Computertechniker nennen das „binär“ und schreiben es als 0-1-Folge: 100110. Die einzelnen Binärziffern sind die „Bits“ – die werden wir uns im nächsten Abschn. 1.2 genauer ansehen.

Feilen oder fräsen Sie die passenden Kerben in einen Schlüsselrohling hinein, können Sie mit dieser Information („Einformung“) ein Schloss öffnen. Was unterscheidet diese Information von einer zufälligen und bedeutungslosen Einkerbung des Rohlings? Die Antwort ist in der Frage versteckt: Sie hat eine Bedeutung. Was bedeutet das nun wieder? Sie ist die Ursache einer Wirkung – in unserem Beispiel schließt sie das Schloss auf. Die Zeichenkette „Xe78aUug0K42“ ist eher zufällig und bedeutungslos. Sie kann aber auch das Passwort meines Routers sein. Dann hat sie eine Wirkung: Sie stellt die Kommunikation zu meinem PC her. Die Wirkung oder Bedeutung kann auch eine Verknüpfung zu einer anderen Information sein. „13071983“ wird dann zur Information, wenn sie mit dem Begriff „Geburtsdatum“ einer anderen Person verknüpft ist. Information ist immateriell, sie braucht aber immer einen materiellen Träger – hier den Schlüssel. Oder die Zeichnung, das Schlüsselteilprogramm oder auch nur das präzise Gedächtnis des Schlossers. Denken Sie sich den Schlüssel weg, ist auch die Information weg. Mit der Information allein können Sie kein Schloss öffnen. Das ist im Computer nicht anders. Die Information – Daten *und* Programme – braucht einen materiellen Träger, den Hauptspeicher, die Festplatte, den USB-Stick. Wird der Träger vernichtet, ist die Information weg.

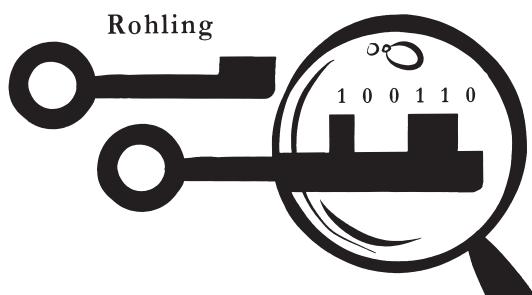


Abb. 1.3 Information ist „Einformung“

Der Satz „Hier könnte es Fisch geben“ ist nichts Materielles, er ist nicht anfassbar, er hat keine physische Ausdehnung (außer in seiner niedergeschriebenen Form). Das weiß der gesunde Hausverstand ebenso wie die Tatsache, dass er einen materiellen Träger braucht. Die Information ist an diesen Träger gebunden, an eine beliebige physikalische Größe: eine elektrische Spannung, ein magnetisches Feld, eine Drehrichtung usw. Ist sie binär codiert, brauchen wir nur zwei verschiedene Werte, mehr nicht. Der Satz ist eine Information, und der materielle (besser: physikalische) Träger ist das Papier, ein Schallimpuls oder (wenn es ein Gedanke ist) das Gehirn. Auch wenn es das einer Möwe ist, die um einen Fischtrawler kreist. Hätte sie keins, könnte sie den Satz nicht „denken“ (im übertragenen Sinne). Die Grenze nach unten ist fließend und nicht feststellbar – ähnlich der Frage, ab wie vielen Körnern ein Sandhaufen kein Haufen mehr ist, sondern nur noch ein paar Körnchen. So kann ein einzelnes Neuron nicht denken, aber viele können es. Aber ab wie vielen?

Information ist Bedeutung, Ordnung, Struktur. Das unterscheidet ein Gedicht von einem Buchstabensalat, ein Musikstück von einer zufälligen Tonfolge. So lassen sich beliebig umfangreiche Informationsmengen codieren, ob mit einem 26-Zeichen-Vorrat wie in unserem Alphabet oder einem 4-Zeichen-Vorrat in unserer DNA oder als 0-1-Sequenz im Computer. Allerdings bedeutet diese Information erst einmal ... gar nichts. Sie unterscheidet sich in ihrer Wahrscheinlichkeit nicht von „keiner“ Information, unserem Rohling (zz...zz oder 11...11). Erst wenn die Information „gelesen“ wird und etwas *bewirkt*, etwas steuert oder beeinflusst, einen Sinn und Zweck hat, eine Aktion auslöst, ist sie etwas Besonderes. Unter Millionen oder Milliarden bedeutungsloser k-z-Sequenzen („Informationsrauschen“) schließt dieser *eine Schlüssel ein* bestimmtes Schloss.

Es gibt keine Information ohne Informationsträger, also das physikalische Medium, in das sie „eingeformt“ ist, in dem sie gespeichert ist und transportiert wird. Kein Brief ohne Papier, kein Zuruf ohne Schallwelle, keine E-Mail ohne Übertragungsnetz, kein Handygespräch ohne Funkwellen, kein Gedanke ohne Gehirn, keine Erbinformation ohne DNA. Oft lebt die Information (auf ihrem Träger!) länger als das zugehörige Individuum – von Ramses bis Nelson Mandela. Oder das Licht eines 3 Mio. Lichtjahre entfernten Sterns, das wir hier sehen, obwohl der Stern längst verglüht ist. Denn die Information (das Licht) „reist“ als eine elektromagnetische Welle, so wie das Handygespräch.

Selbst der Rohling enthält – informationstheoretisch gesehen – eine Information, aber die bedeutet nichts. Oder doch? Es würde sicher manchen Einbrecher verblüffen, wenn überraschenderweise der Rohling die Tür

schließen würde! Gedanken sind in diesem Sinne weniger passive Informationen, sondern eher aktive Wirkungen – sie rufen etwas hervor. Physisch gesehen sind es elektrische oder chemische Potenziale, die andere physikalische Signale auslösen. Vielleicht setzen sie Neurotransmitter frei und rufen Gefühle hervor, ein inneres Erleben. Prosaisch, nicht wahr?

Allerdings hat das Gehirn keine lineare Struktur, sondern ist ein so genanntes „neuronales Netz“. Es hat nicht eine CPU und einen Speicher und eine sequenzielle Verarbeitung von Programmbefehlen wie ein PC, es arbeitet dezentral, vernetzt und parallel. Wir werden aber noch sehen, dass die Computerwissenschaftler versuchen werden, genau dieses neuronale Netz technisch nachzubilden.

„Digitalisierung“ bedeutet: Alles wird in Zahlen verwandelt – besser: in Code, der von Maschinen gespeichert und verarbeitet wird. In einer bestimmten Darstellung, die wir noch genauer verstehen werden, sieht er aus wie in Textkasten 1.1.

```
4D6178204D75737465726D616E6E20697374206F62646163686C6F7320756E6420
726567696572756E67736665696E646C6963682065696E67657374656C6C742E204
461206572206D697474656C6C6F732069737420756E64206175C39F657220537065
6E64656E206B65696E2045696E6B6F6D6D656E206861742C207769726420736569
6E204B7265646974616E7472616720616267656C65686E742E
```

Textkasten 1.1 Das digitalisierte Ergebnis von Max M.s Kreditanfrage

Geben Sie sich keine Mühe, das zu entschlüsseln. Es könnten aneinander gereihte Zahlen sein, die seine letzte Einkommensentwicklung widerspiegeln oder einfach nur Text.⁵ Der aufmerksame Betrachter wird vielleicht feststellen, dass darin außer Ziffern nur die Buchstaben A bis F vorkommen, aber mehr auch nicht. Daher nun zurück zum Thema.

Was ist „Digitalisierung“?

„Digitalisierung“ heißt als Schlagwort: „Alles wird zur Zahl“, aber auch: „alles liefert Daten“ und: „alles ist vernetzt“. „Digitalisierung“ sieht man in vielen *Science-Fiction*-Filmen, aber es sind nicht die humanoiden Roboter, die das ausmachen. Es ist der *Blick* dieser Roboter auf die reale Welt (die mancher

⁵Für Neugierige: Das genau ist der Fall. Der Text lautet: „Max Mustermann ist obdachlos und regierungseindlich eingestellt. Da er mittellos ist und außer Spenden kein Einkommen hat, wird sein Kreditantrag abgelehnt.“

Computergrafiker auch schon im *Heute-Journal* nachahmt). Jede Person, jede Verbindung zweier Personen und/oder Dinge, jedes Ereignis – jedes dieser Dinge ist mit seinen Daten über eine Nummer erfasst. Personalnummer, Autonummer, Auftragsnummer, Flugnummer, Kontonummer, Warennummer, Abteilungsnummer, Transaktionsnummer. Jedes dieser Dinge ist verbunden mit einem Anhängsel aus Daten – jedes Ding, ob lebend oder unbelebt, materiell oder immateriell, real oder fiktiv kennt die Maschine.⁶ Wir beschreiben die menschliche Gesellschaft nur noch durch statistische Zahlen – so, als ob wir eine Beethoven-Symphonie durch die Noten beschreiben würden anstatt sie zu hören. Die Welt wird zum Computer.⁷

Ein fiktives, aber realistisches Beispiel aus dem echten Leben in einer Digitalgesellschaft könnte so aussehen:

Der leitende Botschaftsangehörige Yve Gotcha verlässt die Boutique *Chic&Anmut* mit einem neuen Anzug unter dem Arm. Die Kreditkartenzahlung war von seiner Bank im Heimatland natürlich anstandslos freigegeben worden. Die von *eTailor*, dem elektronischen Schneidergesellen, abgenommenen Maße waren sofort in ein Land mit Niedriglöhnen übertragen worden. Von dort war der Anzug per Flugzeug innerhalb zweier Tage angekommen. Das war immer noch billiger, als ihn im Land durch Automaten produzieren zu lassen.

Im Büro hatte man ihn auf *Tracking* geschaltet, obwohl er nichts Verbotenes tat. Das Mini-KI-System auf dem Intranet der Botschaft hatte die von der Sekretärin gesprochene Frage „Darf ein Mitarbeiter während seiner Dienstzeit einen Anzug kaufen?“ mühelos erkannt und mit „Ja“ beantwortet. Doch aus Sicherheitsgründen – so die interne Regel – musste jeder Mitarbeiter im öffentlichen Raum durch Kameras mit Gesichtserkennung lokalisierbar sein. Und sein Bewegungsprofil wurde routinemäßig abgespeichert.

„Mittagszeit!“, sagt sein Armband, „Dein Blutzuckerspiegel ist niedrig. Da drüben ist das *Dim Sung*, dem du das letzte Mal fünf Punkte für sein Sushi gegeben hast. Zwei Tische sind dort noch frei. Soll ich einen reservieren?“ Doch er entscheidet sich erst einmal für einen Kaffee. Im gemütlichen *WalkInWalkOut* gefällt ihm der neue Cappuccino (der natürlich über seine App abgebucht wird) so sehr, dass er gleich seine Kaffeemaschine im Büro damit programmiert. Bei dieser Gelegenheit teilt ihm die Maschine mit, dass sie keine Reinigungskapseln mehr hat.

⁶Im Abschn. 2.3 werden diese Dinge „Entitäten“ genannt.

⁷Überschrift in Hofstetter Y (2018) S. 37.

Als er bei einem Herrenausstatter vorbeigeht, meldet dieser ihm zu seiner Überraschung per SMS, dass er den Anzug dort 5 % preiswerter bekommen hätte. Und er fragt ihn, ob er diesen Stoff zu seinen bevorzugten Mustern hinzufügen möchte. Dank eines kleinen Tricks der Fachleute in seiner Botschaft sieht er auf seinem Smartphone, dass seine Frau sich gerade ein sündhaft teures Kleid gekauft hat. Beruhigend, dass er auch weiß, wo sein kleiner Sohn ist – dank eines kombinierten GPS-Chips in seinen Schuhen. Das ist in den USA Mode, damit die Kids nicht verloren gehen. Als er an einer Reklame-Videowand vorbeikommt, schaltet die Wand kurz auf Werbung für ein Damenparfüm um (weil das von Herren gekauft wird, und umgekehrt).⁸

Sein privates Auto⁸ stand in der Parkgarage, über die Nummernschild-Erkennung wurde die Autonummer gelesen und die Parkgebühr automatisch von seinem Smartphone abgebucht. Auch der Stromverbrauch an der Ladesäule wurde direkt abgebucht. Auf dem Weg dorthin hatte er noch einen Supermarkt betreten. Der Einkaufswagen hatte seine RFID⁹-Kundenkarte drahtlos und unbemerkt gelesen und ihn persönlich begrüßt: „Schön, Sie wieder bei uns begrüßen zu dürfen! Sie waren ja längere Zeit nicht bei uns, aber ich erinnere mich an die leckere scharfe Toskana-Salami, die Sie das letzte Mal gekauft haben. Die ist jetzt im Angebot. Ihre bevorzugte Schokolade mit dem hohen Kakaoanteil hat übrigens einen neuen Platz bekommen, sie befindet sich jetzt direkt vor den Kassen. Darf ich Ihnen den Weg zeigen?“

Nach einiger Zeit hatte er sich verlaufen, und sein Termin in der Botschaft wurde von seinem Telefon angemahnt. Ein automatisches Taxi brachte ihn zum Parkhaus zurück, nicht ohne an einem Elektronik-Shop vorbeizufahren, da er in letzter Zeit öfter im Netz nach großen Fernsehern gesucht hatte.

Ein gläserner Bürger, so sagt man oft. Aber wäre er aus Glas, wäre er unsichtbar, denn man könnte durch ihn hindurchsehen. Er ist aber das Gegenteil, von innen und außen und immer sichtbar, Was er tut, wo er ist, was ihn interessiert – der allwissende Gott des Informationskapitalismus hat ihn im Auge. Sein Datenschatten ist größer als er selbst.

Ist diese Geschichte eine plausible Zukunftsvision, vielleicht heute schon in Teilen realisiert? Das werden Sie im Kap. 3 sehen. Doch zuerst zurück zu den technischen Grundlagen.

⁸Er hatte eine Ausnahmegenehmigung, denn in der Innenstadt waren nur selbstfahrende öffentliche Autos zugelassen, die fast nie parken mussten.

⁹RFID (*radio-frequency identification*, Identifizierung über Funk) bezeichnet eine Technologie für Sender-Empfänger-Systeme zum automatischen und berührungslosen Identifizieren und Lokalisieren von Objekten und Lebewesen mit Radiowellen (<https://de.wikipedia.org/wiki/RFID>).

1.2 Bits und Bytes

Wenn wir nun alles *binär* verschlüsseln, also in Nullen und Einsen, dann brauchen wir natürlich eine Einheit, die genau einem Zeichen entspricht. Einer Ziffer, einem Buchstaben, einem anderen Zeichen – vom Fragezeichen bis hin zu ... ja, *keinem* Zeichen: einer Leerstelle bzw. einem Zwischenraum. Die kleinste Maßeinheit, die neue „Ziffer“ im Binärsystem ist das „Bit“. Ein Kunstwort aus dem Englischen *binary digit* (binäre Ziffer). Wie viele Bits brauchen wir für die Codierung von Zeichen? Rechnen wir mal grob: 10 Ziffern, 26 Großbuchstaben, 26 Kleinbuchstaben, zwei Hände voller Satzzeichen – sagen wir mal: 100 Zeichen in einer Einheit. Da würden 7 Bits reichen, denn damit kann man 128 verschiedene Zeichen verschlüsseln.

Die Verschlüsselung ist seit 1963 unter dem Namen ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*, deutsch „Amerikanischer Standard-Code für den Informationsaustausch“) bekannt geworden. Um noch für die vielen nationalen Zeichen (z. B. è, é oder ê) Reserve zu haben, hat man 8 Bit gewählt, also 256 verschiedene Zeichen. „A“ ist 0100 0001, „B“ 0100 0010, „1“ 0011 0001, „2“ 0011 0010 und so weiter. Natürlich bekommt das Leerzeichen (engl. *blank*) auch eine Verschlüsselung: 0010 0000. Diese Achtergruppe bekam den Kunstnamen „Byte“ (das Bit konnte man noch als das englische Wort für „ein bisschen“ interpretieren, das Byte als verballhorntes *bite* = „Bissen“).

„A“ ist 0100 0001, „B“ ist 0100 0010 usw. Sich das zu merken ist ... anstrengend, um es milde zu sagen. Selbst wenn man es wie oben in Vierergruppen abteilt. Sehr schnell kam man darauf, einfach das bekannte Dualsystem zu nutzen: 0001 ist 1, 0010 ist 2, 0011 ist 3. Bis zu 1001 gleich 9. Wie aber die restlichen Kombinationen der insgesamt 16 Möglichkeiten mit nur einer „Ziffer“ abkürzen? „Nehmen wir doch das Alphabet!“, dachte jemand und schrieb 1010 als „A“, 1011 als „B“ und schließlich 1111 als „F“. Die „hexadezimale“ (auf 16er-Gruppen beruhende) Schreibweise war geboren. Einen Teil der Verschlüsselungen sehen Sie in Tab. 1.2: links das Zeichen, rechts daneben die binäre und die hexadezimale Darstellung, bei der man die Systematik leichter erkennt. Denn Sie vermuten sofort: C ist 43_{hex} und 4 ist 34_{hex}.

Hier lernen Sie zum ersten Mal und quasi nebenbei, wie Computer (zu) denken. Es ist Ihre erste Begegnung mit einem Algorithmus, also einer Rechen- oder (für uns Menschen) Handlungsvorschrift. Wir handeln ja oft nach Algorithmen, ohne es zu merken. Denn Algorithmen sind Prozesse zur Entscheidungsfindung – nicht nur in Maschinen. In Abschn. 1.3 und 3.1

Tab. 1.2 Ausschnitt aus der ASCII-Tabelle

Zch	Binär (Byte)	hex	Zch	Binär (Byte)	hex	Zch	Binär (Byte)	hex
A	0100 0001	41	0	0011 0000	30	.	0010 1110	2E
a	0110 0001	61	1	0011 0001	31	,	0010 1100	2C
B	0100 0010	42	2	0011 0010	32	/	0010 1111	2F
b	0110 0010	62	3	0011 0011	33	@	0100 0000	40

werden wir uns das genauer ansehen. Zuerst noch eine kleine Bemerkung zu elektrischen bzw. elektronischen Schaltern. Aber ...

wenn Sie technische Einzelheiten nicht interessieren,
dann gehen Sie gleich nach HIER.¹⁰

„Wann kommt er denn nun, der Algorithmus?“, fragen Sie. Das war er schon: *Wenn* (irgendeine Bedingung), *dann gehe zu* (irgendeine Stelle). Das war zwar eher ein kleiner Baustein eines Algorithmus, aber immerhin. Die „Wenn-dann“-Konstruktion wird uns noch näher beschäftigen. Und der „Sprungbefehl“ (*gehe zu*) erst recht, denn er hat es in sich. Zurück zur Technik.

Flipflop statt Ticktack

Jetzt hatten die Techniker wieder eine Aufgabe, die es zu lösen galt. Wie bringt man Dynamik in den Rechner, eine Bewegung wie die Unruh in der Uhr? Und wie halbiert man den Takt, denn man muss ja irgendwie die binäre Addition realisieren? Alles Rechnen beruht ja auf Additionen, denn Subtraktionen sind ja nur „Addition rückwärts“, Multiplikation ist mehrfache Addition und Division ist „Multiplikation rückwärts“. Grob gesagt. Mathelehrer mögen mir verzeihen. Da – binär gerechnet – $0 + 1 = 1$ und $1 + 1 = 10$ ist, darf der Übertrag auf die höhere Stelle ja nur bei jedem zweiten Takt erfolgen.

Also mussten die Techniker den Nachttischlampenschalter (der bei jedem zweiten Drücken AN ist) realisieren. Ohne einen Menschen, der mit dem Finger auf den Knopf drückt. Sondern mit einem elektrischen Impuls, einem „elektrischen Finger“. Digital eben.

Konrad Zuse, der deutsche Computerpionier, kannte die Lösung: ein Relais, wie sie bei Telefonzentralen damals üblich waren. Historiker kennen ein Relais als Station zum Auswechseln von Reit- oder Kutschpferden.

¹⁰Wenn Sie jetzt nach „HIER“ im Buch suchen, dann sind Sie schon nahe am Problem!

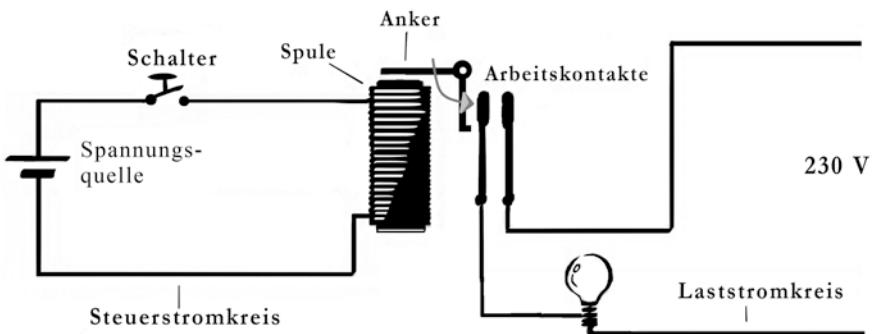


Abb. 1.4 Ein „Relais“ ist ein elektrisch betätigter Schalter

In der Elektrotechnik ist es ein elektrisch betriebener und meist elektromagnetisch wirkender Schalter. Der „elektrische Finger“ ist ein Stromkreis (Abb. 1.4 links), der einen Elektromagneten einschaltet, der wiederum einen zweiten Stromkreis schließt (Abb. 1.4 rechts). Fließt Strom durch die Spule mit Kupferdraht, dann wird ihr Eisenkern magnetisch. Das ist Physik. Dann schließt die Mechanik des Relais den rechten Stromkreis und die „1“ ist realisiert. Denn „kein Strom“ war die „0“. Nun schaltete er zwei solcher Relais auf trickreiche Art so zusammen, dass sie sich gegenseitig so steuerten, dass immer eins auf „1“ (AN) und das andere auf „0“ (aus) stand – eine Art Nachttischlampenschalter. Bei jedem Impuls am Eingang dieser Schaltung fällt das Flipflop in die jeweils andere Position.¹¹

Damit war das Flipflop, eine Art Unruh für den Rechner, geboren. Etwas hochtrabender nennt man es auch „bistabile Kippstufe“. Also zwei Stufen, zwischen denen das Ding stabil hin- und herkippt – bei jedem „elektrischen Fingerdruck“ in die andere Richtung. Das macht das Flipflop auf Anstoß beim Addieren und realisiert so die Binärarithmetik, denn bei 2 Anstößen ist er einmal AN, bei 4 zweimal, bei 8 viermal usw. Und es macht dies „von selbst“ als Taktgeber in Form einer „selbsterregten Schwingung“ – wie die Unruh der Uhr. Ein einfaches und doch ausgeklügeltes Bauelement. Denn was bei der Mechanik eines Kugelschreibers simpel ist, erfordert elektrisch etwas Erfindergeist.¹²

¹¹Vielleicht kannte er ja das Patent vom 21. Juni 1918, das William Henry Eccles und Frank W. Jordan für ein Flipflop (schon mit Radioröhren!) bekommen hatten. Achtung: *Der Flipflop* ist maskulin – der nur aus Sohle und Zehenriemen bestehende, flache, bunte Sommerschuh aus Kunststoff (<https://www.duden.de/suchen/dudenonline/flipflop>).

¹²Nach ihren Erfindern im Jahr 1918 auch „Eccles-Jordan-Schaltung“ genannt. Technikfans finden viele Schaltungen von Relais incl. Flipflops auf http://www.homofaciens.de/technics-base-circuits-relay_ge.htm.

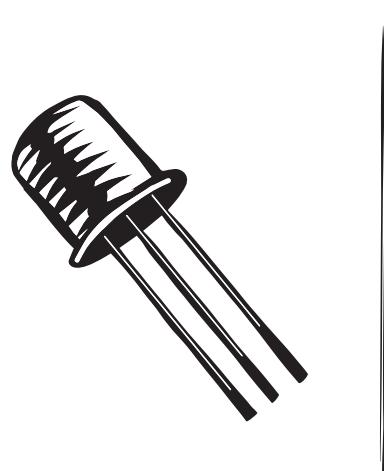


Abb. 1.5 Links einer der ersten Transistoren, rechts ein heutiges Modell

Das funktionierte ... meist. Es sei denn, eine Motte oder eine Wanze saß zwischen den beiden Arbeitskontakten. Dann versagte der Schalter, und der Käfer wurde durch den Strom gebraten. So geschehen im Jahre 1947 durch eine Motte in einem Relais des Computers *Mark II Aiken Relay Calculator*. Seitdem heißtt jeder Computerfehler, auch und gerade in der Software und nicht in der elektronischen Hardware, umgangssprachlich „Bug“ (engl. *bug* = Wanze).¹³ Damals nannte man den Computer allerdings noch nicht „Computer“, sondern „elektronischer Rechenautomat“. Auch „Informatik“ oder gar „IT“ (*Information Technology*) waren unbekannte Vokabeln; man sprach von „digitaler Rechentechnik“. Dass der Computer viel mehr kann, als nur mit Zahlen rechnen, ahnte damals noch niemand.

Nicht nur wegen der Motten oder anderer Schaltfehler hielt sich diese Technik nicht lange. Die Relais wurden durch Radioröhren ersetzt, später durch Transistoren wie in Abb. 1.5. „Radioröhren“ sind elektronische Schalter in der Form von mit Vakuum „gefüllten“ Glasröhren von der Größe einer Zahnpastatube. Sie wurden damals auch (das werden Sie vermutet haben) in Radios verwendet.¹⁴ Transistoren sind ebenfalls elektronische Schalter, aber ohne Vakuum, sondern auf der Basis von so genannten Halbleitern wie Silizium. Damals hatten sie etwa die halbe Größe der Kappe

¹³Allerdings soll schon 1878 Thomas Edison den Begriff in diesem Sinne verwendet haben.

¹⁴Falls Sie noch genauer wissen wollen, was das ist, googeln Sie es – es würde hier zu weit führen.

einer Zahnpastatube. Heute sind sie etwa 60 nm groß (60 Millionstel mm). Also nicht „groß“, sondern klein. Winzig.

Wenn Sie rechts in Abb. 1.5 nichts sehen, dann sehen Sie richtig: Transistoren sind inzwischen so klein, dass 180.000.000 (180 Mio!) auf einen Fingernagel passen. Oder auf einen *Chip*, ein Halbleiterplättchen mit den darauf aufgebrachten winzigen elektronischen Bauteilen. Nebenbei: Für ein Flipflop brauchen Sie zwei dieser Schalter (Relais, Röhren oder Transistoren). Das Prinzip ist immer dasselbe: Ein „elektrischer Finger“ ohne Mechanik – wie das im Einzelnen funktioniert, kann man mit einem Haufen Physik erklären. Muss man aber nicht wissen.

Diese ständige Verkleinerung wurde als das „Moore’sche Gesetz“ bekannt. Gordon Earle Moore war einer der Mitbegründer des heute weltweit größten Halbleiterherstellers *Intel*. Schon 1965 vermutete er, dass die Dichte der Transistoren auf einem Chip exponentiell wächst und damit die Rechenleistung eines Computers. Alle 18 bis 24 Monate, so stellte Moore in dem nach ihm benannten „Gesetz“ fest, verdoppele sich die Rechenleistung.¹⁵

„Menschen [...] sind sensationell schlecht darin, exponentielle Entwicklungen kognitiv zu erfassen. Wir können das einfach nicht.“¹⁶ Wir können auch Keime für Revolutionen, die sich exponentiell entwickeln werden, nicht erkennen. Aber Vorsicht mit weiteren Extrapolationen: Nicht nur jedes Wachstum hat ein Ende (obwohl Wirtschaftsbosse und Politiker das gleichermaßen ignorieren), sondern auch jedes Schrumpfen. Irgendwann ist aber auch das Ende dieses Gesetzes gekommen, da dann die molekularen oder atomaren Untergrenzen erreicht sind.

Die Reaktion auf technische Neuerungen folgt in Medien und im Privatleben ähnlich vorgezeichneten Bahnen. Das erste, noch ganz reflexhafte Zusammenzucken ist das „*What the hell is it good for?*“ (Wozu zum Teufel ist das gut?), mit dem der IBM-Ingenieur Robert Lloyd 1968 den Mikroprozessor willkommen hieß. Schon Praktiken und Techniken, die nur eine Variante des Bekannten darstellen – wie die elektrische Schreibmaschine als Nachfolgerin der mechanischen –, stoßen in der Kulturkritikbranche auf Widerwillen. Noch schwerer haben es Neuerungen, die wie das Telefon oder das Internet ein weitgehend neues Feld eröffnen.¹⁷

¹⁵ Moores Original-Artikel: <ftp://download.intel.com/research/silicon/moorespaper.pdf>.

¹⁶ Al Bartlett in Christian Stöcker: „Das Experiment sind wir“ in *Spiegel online* vom 25.03.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/menschheitsgeschichte-das-experiment-sind-wir-a-1199596.html>).

¹⁷ Zitat aus Kathrin Passig: „Standardsituationen der Technologiekritik“ in Merkur, Heft 727, Dez. 2009 (http://kathrin.passig.de/texte/standardsituationen_der_technologiekritik.html).

Zwei Schalter, sinnvoll miteinander gekoppelt, bilden also unseren „elektronischen Nachttischlampenschalter“, das Flipflop. Wie das im Einzelnen funktioniert, das kann man nachlesen.¹⁸ Unwichtige Details für unsere Sicht – wichtig für uns: Computer verwenden extrem einfache und damit auch zuverlässige Technik. Doch denken Sie daran: „Mehr ist anders“ oder *size matters* (auf die Größe kommt es an). Vielleicht erzeugen Millionen oder gar Milliarden solcher Flipflops auf einem Haufen und sinnvoll miteinander verschaltet doch eine andere Qualität?!

HIER: Hier geht es für alle weiter

Hier sind wir wieder vereint (ich hoffe, die „Springer“ haben es gefunden): diejenigen, die sich für elektrische oder elektronische Schalter interessiert haben, und die, denen das egal ist. Vielleicht haben Letztere aber doch einige allgemeine Erkenntnisse aus der Technik verpasst und möchten zu der Überschrift „Flipflop statt Ticktack“ zurückgehen? Übrigens: Wir hatten auch über *Bugs* (Fehler) gesprochen und woher diese Bezeichnung kommt. In der Frühzeit der Computer waren die Maschinen recht unzuverlässig, und bei manchen wurde jedem Byte (8 Bits) noch ein neuntes Bit mitgegeben, das „Prüfbit“. Es war 1, wenn die Anzahl der Einsen im Byte gerade war, und 0, wenn sie ungerade war.

Haben Sie gemerkt, wie ich rumeiern musste? Dieser Text ist ja ähnlich einem Programm, denn Sie arbeiten ihn von oben bis unten durch. Sie konnten aber den Abschnitt zwischen den Überschriften „Flipflop statt Ticktack“ und „HIER: Hier geht es für alle weiter“ überspringen (allerdings mussten Sie das „HIER“ erst einmal finden!). Dort habe ich aber etwas über *Bugs* geschrieben, und genau darauf habe ich jetzt Bezug genommen. Das ist eine häufige Fehlerquelle beim Programmieren: Man überspringt einen Teil des Codes und weiß nicht mehr, was man darin gemacht hat. Eigentlich war der „Sprungbefehl“ ja eine geniale Erfindung, die Herr Jacquard noch nicht kannte – ein Weg durch das Programm, aber mit Abkürzungen. Das macht das Programm noch flexibler. Und wenn Sie daran denken, im Programm auch *zurückzuspringen* (per „Rücksprung“), dann eröffnen sich Ihnen gewaltige Möglichkeiten.

Eine Frage drängt sich Ihnen sicher noch auf: Wie kann man denn mit diesen komischen Binärzahlen *rechnen*? Lassen Sie es mich in einem einfachen

¹⁸Nachlesbar z. B. in <https://de.wikipedia.org/wiki/Flipflop>.

Tab. 1.3 Addition einer 1 im dezimalen und binären System

8	9	0	1
+1	+1	+1	+1
---	---	---	---
9	10	1	10

Algorithmus formulieren. Denn alle reden von Algorithmen – wir also auch. Bei Ihrer ersten Begegnung mit einer solchen Rechenvorschrift wollen wir uns nicht überfordern: Wir beschreiben nur die Addition von 1 zu einer beliebigen Zahl (der Einfachheit halber einer einziffrigen; vergleichen Sie Tab. 1.3): Wenn Zahl kleiner als die größtmögliche Ziffer, dann Ergebnis = Zahl + 1, sonst Ergebnis = 0 und ein Übertrag. Etwas kurz und ungenau formuliert, aber mit den dezimalen Beispielen in der linken Hälfte von Tab. 1.3 verständlich. Aber jetzt wird's eng! Sehr eng. Denn wir haben nur 2 Ziffern, 0 und 1. Da bleibt nicht viel Spielraum, also ist $0 + 1 = 1$ und $1 + 1 = 10$.

Natürlich kann man Information in jedem anderen Zahlensystem codieren, zum Beispiel einem 4er-System. Unsere DNA, die Trägerin der Erbinformation, ist ein gutes Beispiel dafür, mit den „Ziffern“ A, C, G und T. Da dieses Molekül im Gegensatz zu fast allen anderen Speichermedien ein sehr robustes Material ist, werden inzwischen die ersten Versuche unternommen, dort Informationen dauerhaft abzulegen.¹⁹ US-Forscher und der Konzern Microsoft haben bereits über 200 Megabyte auf DNA gespeichert.

Binäre Logik oder der sicherste Weg in den Ehekrach

Stellen Sie sich zwei kurze Dialoge vor:

„Schatzi, holst du bitte mal Butter und Milch aus dem Kühlschrank?!"

Nach einer kurzen Suche wieder zurück: „Milch ist alle.“

„Und wo ist die Butter? Da war ja noch garantiert welche da.“

„Du hast gesagt: ‚Butter *und* Milch‘. Für eine UND-Bedingung muss beides erfüllt sein“

„*%\$ /#=!!“

Dialog Nr. 2:

„Schatzi, möchtest du Suppe oder Nachtisch?“

„Ja.“

¹⁹ „Massive Attack speichert Album auf DNA“ in *Spiegel online* vom 23.04.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/dna-massive-attack-album-mezzanine-in-erbgut-gespeichert-a-1204267.html>). A, C, G und T sind die vier „Nukleinbasen“: Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin.

UND	0	1	ODER	0	1
0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1

Abb. 1.6 Binäre Logik – UND und ODER in der Verknüpfung

„Ja was?!?“

„Beides. Eine ODER-Bedingung ist auch erfüllt, wenn beides zutrifft!“

„*%\$ /#=!!“

So ist das im Leben: Fachsprache und Umgangssprache haben nicht immer dieselbe Bedeutung. Wie Computer zu denken ist nicht in allen Lebenslagen angesagt.²⁰

Die binäre Logik nennt man auch boolesche Algebra. Sie ist nach George Boole benannt, der sie im Jahre 1847 erfand. Sie hat nur die zwei Elemente 0 und 1, die als „falsch“ und „wahr“ bzw. „unzutreffend“ und „zutreffend“ interpretiert werden. Man braucht sie im Computer, um in digitalen Schaltungen binäre Rechenoperationen zu realisieren. Schauen wir uns UND und ODER in Abb. 1.6 an: Links das UND – 0 UND 0 ist 0, „falsch“ UND „wahr“ und „wahr“ UND „falsch“ ist „falsch“. Nur „wahr“ UND „wahr“ ist „wahr“. Kommen Sie jetzt bitte nicht aus dem geistigen Gleichgewicht, denn es geht weiter (Abb. 1.6 rechts, jetzt nur mit Nullen und Einsen): 0 ODER 0 ist 0, aber 0 ODER 1 und 1 ODER 0 und 1 ODER 1 ist 1. Boole definierte auch das NICHT: NICHT 0 ist 1 und NICHT 1 ist 0 – etwas anderes geht ja nicht bei nur zwei Zuständen. Nicht wahr? NICHT „wahr“ ist „falsch“.

Bleibt noch anzumerken, dass es auch ein „exklusives ODER“ gibt, bei dem „Suppe“ und „Nachtisch“ sich gegenseitig ausschließen. Denn das Konstrukt 1 X-ODER 1 ist 0.²¹ Und wenn Sie Tab. 1.3 ansehen, dann stellen Sie fest, dass das X-ODER zur Addition gebraucht wird, denn $1 + 1 = 10$, binär gesehen.

²⁰In der Umgangssprache sind wir manchmal schlampig: „Wenn es regnet und wenn es schneit, ich gehe immer mit dem Hund raus“ versteht man, obwohl das „und“ das logische ODER ist.

²¹Die Fachwelt benutzt statt meiner z. T. frei erfundenen Schlüsselwörter AND, OR, NOT und XOR bzw. mathematische Kurzzeichen, nachzulesen in https://de.wikipedia.org/wiki/Boolesche_Algebra.

1.3 Die ersten Hüllen um die nackte Maschine

Nun haben wir also eine Maschine – genauer: nur ein technisches Speicherungs- und Verarbeitungsprinzip einfachster Art. Eine Bitschlange, deren Bits man nach bestimmten Regeln verändern kann. Angeblich soll sie Programme ausführen können, also Algorithmen abarbeiten, die etwas Sinnvolles als Ergebnis haben. Ein Ergebnis, das auch wieder in der Bitschlange gespeichert wird. Doch wozu ist das gut? Und wie geht das?

Programme sind Daten sind Programme

Zuerst die Frage: Was sind Algorithmen und was sind Programme? Wir haben ja schon gesehen, sie sind Rechen- oder (für uns Menschen) Handlungsvorschriften. Eine geplante Folge von Aktionen: ein Fernsehprogramm, ein Theaterprogramm, das Programm einer Veranstaltung. Ein beschreibbarer vorbestimmter Ablauf. Eine „Vorschrift“, im wahrsten Sinn des Wortes (lat. *pro* = „vor“, griech. *graphein* = „schreiben“). Eine festgelegte Reihenfolge einzelner Schritte wie beim Jahrestreffen eines Fotoclubs (Abb. 1.7). Ein Algorithmus und ein Programm sind ungefähr dasselbe, wobei „Algorithmus“ eher das abstrakte Konzept und „Programm“ die Realisierung im Computer meint. Im Fall der Foto-Freunde eine einfache Abfolge von vier Schritten, wobei im letzten Punkt etwas sichtbar wird, was uns noch beschäftigen soll: eine Alternative. *Wenn* es regnet, *dann* gibt es ein Buffet im Saal, *sonst* Grill im Freien.²²

Noch etwas ist in Abb. 1.7 versteckt: eine Art „Unterprogramm“ – um 19:30 gibt es für die Siegerehrung noch ein weiter detailliertes Vorgehen (Abb. 1.8). Darin versteckt sich neben der Alternative (die Unterscheidung zwischen „echten Siegern“ im Fotowettbewerb und dem bedauernswerten „Schlusslicht“) noch ein Konstruktionselement, die „Schleife“. Auch sie wird für Computerprogramme eine Rolle spielen, denn sie definiert eine Wiederholung von Programmschritten. Dabei kann mitgezählt werden, bis eine bestimmte Zahl erreicht ist (z. B. 4, denn es gibt 3 Gewinner und einen Trostpreis). Oder es wird so lange weitergemacht, wie eine bestimmte Bedingung erfüllt ist bzw. bis eine Änderung eintritt (z. B. bei einer Berechnung eine gewisse vorgegebene Genauigkeit erreicht ist). Sie sehen,

²²Frei nach Beetz J, Heitfeld M (1984) S. 88.



Abb. 1.7 Programm zum Jahrestreffen eines Fotoclubs



Abb. 1.8 Programm der Siegerehrung

wie Computer „denken“, also wie Algorithmen aussehen: Sie bilden das „richtige Leben“ ab.

Nun aber zurück zur Maschine: Welches sind ihre Funktionsprinzipien und wie kam es, dass sich daraus ein so mächtiges Werkzeug entwickelte?

Das Programm im Computer

Im Speicher des Computers werden Daten in binärer Form gespeichert – also als Nullen und Einsen. Sie müssen nicht genau hinschauen, aber es könnte so aussehen wie in Textkasten 1.2. Es ist der Text „Wenn Sie das lesen könnten!“ in binär verschlüsselter Form.²³

```
0101011101100101011011100110111000100000010100110110100101100101001  
0000001100100011000010111001100100000011011000110010101110011011001  
0101101110001000000110101111000011101100110111001101110011101000  
11001010110111000100001
```

Textkasten 1.2 Eine Bitkette im Computer – aber was bedeutet sie?

Aber auch Programme werden im Speicher des Computers in binärer Form gespeichert. Sie könnten so aussehen wie in Textkasten 1.3. Was ist der Unterschied? Schauen Sie genau hin! Richtig: keiner. *Kein* Unterschied (denn Sie haben sich durch die optische Aufteilung in Bytes mit 8 Bits in Textkasten 1.3 nicht täuschen lassen). Wieso ist dieselbe Bitkette einmal ein Programm und einmal nicht?

```
01010111 01100101 01101110 01101110 00100000 01010011 01101001  
01100101 00100000 01100100 01100001 01110011 00100000 01101100  
01100101 01110011 01100101 01101110 00100000 01101011 11000011  
10110110 01101110 01101110 01110100 01100101 01101110 00100001
```

Textkasten 1.3 Ein Programm im Speicher des Computers

Des Rätsels Lösung: Weil es ein spezieller Teil des Computers als Befehl behandelt. Ein übergeordnetes Steuerwerk (Näheres im Abschn. 1.6) interpretiert beispielsweise die ersten 7 Bytes als Programmbebefhl. Das erste Byte ist der Befehl, die nächsten 3 sind die Adresse der Datenquelle, die nächsten 3 die des Ziels.²⁴

Verlassen wir die Bits – in hex wird es kürzer. In Tab. 1.4 sehen Sie einen Maschinenbefehl in binärer und hexadezimaler Form. Er bedeutet: „Addiere

²³Wenn Sie genau hinschauen, dann sehen Sie: Der Satz in Klartext hat 27 Zeichen, der Binärkode codiert aber 28 Zeichen. Die Ursache ist das „ö“, das durch ein zusätzliches Binärzeichen als „Sonderzeichen“ gekennzeichnet wird.

²⁴Diese Aufteilung ist hier völlig willkürlich. Wie viele Bytes ein Prozessor-Befehl umfasst und wie er interpretiert wird, hängt sehr von dem Befehl und dem Prozessor ab.

Tab. 1.4 Genau 7 Bytes werden als Programmbefehl interpretiert

Befehl	Adresse 1 (Quelle)	Adresse 2 (Ziel)	
01010111	01100101 01101110 01101110	00100000 01010011 01101001	binär
57	656E6E	205369	hex
Addiere	Adresse 6.647.406	Adresse 2.118.505	Bedeutung

die Zahl an der Adresse (dezimal) 6.647.406 (hexadezimal 656E6E) zu der an der Adresse 2.118.505“. Wie lang diese Zahl ist, wie viel Bytes sie beträgt (typischerweise 4 Bytes), das „weiß“ das Steuerwerk, weil es bei allen arithmetischen Befehlen dieselbe Länge ist.

Nehmen wir an, als Teil einer Rechnungsschreibung soll zu einem Netto-betrag die Mehrwertsteuer von 19 % addiert werden. Bohren wir unser Programm (das zz. ja nur aus einem Befehl besteht) ein wenig auf.²⁵ Dieser Nettobetrag ist der, der ab Position 205369_{hex} steht, also im Zielbereich der Addition. Danach enthält dieser dann den Bruttopreis, wenn ab Position 656E6E_{hex} der Mehrwertsteuerbetrag steht, der sich aus der Multiplikation des Netto mit 19 % ergibt. Das alte Netto an der angenommenen Adresse 650E3A soll natürlich erhalten bleiben, weil es später mit ausgedruckt werden soll.

Dieser kleine Teil des Maschinenprogramms könnte wie in Textkasten 1.4 aussehen (die Kommentare sind nicht Teil des Codes).

7A 650E3A 205369	Übertrage Netto in den Bruttbereich
7A 650E3A 656E6E	Übertrage Netto in den MwSt.-Bereich
D1 000013 656E6E	Multipliziere MwSt.-Bereich mit 19
D2 000064 656E6E	Dividiere MwSt.-Bereich durch 100
57 656E6E 205369	Addiere MwSt. zum Netto, ergibt Brutto

Textkasten 1.4 Maschinenbefehle zur Berechnung des Rechnungsbruttos

In den Rechenbefehlen stehen die konstanten Werte 19 (in hex 13) und 100 (in hex 64). Das werden Sie jetzt nicht im Einzelnen nachvollzogen haben, weil es viel zu kompliziert aussieht. Zusätzlich wissen Sie nichts darüber, wie denn Geldbeträge mit zwei Nachkommastellen von der Maschine behandelt werden. Außerdem habe ich hier geschummelt und im Speicher selbst gerechnet, was technisch gar nicht möglich ist. In Wirklichkeit müssten die

²⁵Alle diese Beispiele incl. der Speicheradressen sind fiktiv und beruhen auf keiner realen Maschine.

Daten zwischen dem Speicher und so genannten „Registern“ (nur dort kann die Maschine Rechenoperationen durchführen) hin- und hergeschaffelt werden.

Liebe Leser, Ihr einziger Eindruck ist nun derselbe wie der der damaligen Programmierer: „Das ist ja unzumutbar! Das versteht kein Mensch! Grauen-voll!!“

Diese Programmierung ist unzumutbar!

Der IT-Veteran erzählt: „Jetzt hatten wir also diese Maschine. Wir konnten Zahlen in Bytes speichern, konnten sie mit hexadezimalen Befehlen in die Rechenregister befördern, dort verarbeiten und die Ergebnisse wieder zurückspeichern. Damals, als ich bei Dera im Computer herumlief ...“

„Sie meinen, *mit* Dera – Ihrer Freundin – *um* den Computer ...“

„Nein, nein, *im* Computer, *in* DERA, Abkürzung für ‚Darmstädter Elektronischer Rechenautomat‘. Ein Saal halb so groß wie eine Turnhalle, die Wände war der Computer: lauter Schalttafeln mit Radioröhren, von hinten begehbar, um an die Verdrahtung heranzukommen. Er konnte schon *Algol* und die Ergebnisse sogar auf Fernschreibern lesbar ausdrucken. Aber ich konnte nur Maschinencode. Und nun sagt mein Prof zu mir: ‚Programmieren Sie doch mal eine Rechnungsschreibung!‘ Können Sie sich das vorstellen: ‚Programmieren Sie doch mal eine Rechnungsschreibung!?! Ich soll mit diesen unverständlichen hexadezimalen Befehlen jonglieren, die Rechnungsschreibung in winzige Schritte zerlegen, mir die Position aller Rechenfelder dieser Anwendung im Speicher merken?! Für eine komplette Rechnungsschreibung, und das ist noch eine einfache Anwendung. Können Sie sich das vorstellen?! Ich bin doch kein geistloser Rechensklave!‘“

„Und was haben Sie gemacht?“

„Mir einen geistlosen Rechensklaven gesucht. Den Computer. Der mir leicht zu merkende mnemonische Begriffe in den Hex-Salat übersetzt.“

„Mnemonisch ...?“

„Durch Merkhilfen, sinnvolle Abkürzungen für die Bedeutung der Befehle.“

„Und was ist dabei herausgekommen?“

„Komfort. Wir nannten das Programm ‚Assembler‘, Zusammensammler sozusagen. Er sammelt alle logischen Schritte unseres Programms und macht daraus Maschinencode. Die Befehlsschlüssel werden mit englischen Vokabeln oder ihren Abkürzungen bezeichnet, die Speicheradressen mit leicht zu merkenden Namen, der für ihren Inhalt steht. Ein Programm, der ‚Assembler‘, übersetzt das alles in Maschinencode.“

„Ja, und was ist dabei herausgekommen?“
 „Schauen Sie es sich in Textkasten 1.5 an.“

MOVE NETTO,BRUTTO	Übertrage Netto in den Bruttobereich
MOVE NETTO,MWST	Übertrage Netto in den MwSt.-Bereich
MULT 19,MWST	Multipliziere MwSt.-Bereich mit 19
DIV 100,MWST	Dividiere MwSt.-Bereich durch 100
ADD MWST,BRUTTO	Addiere MwSt. zum Netto, ergibt Brutto

Textkasten 1.5 Das „Assembler“-Programm zum Maschinenprogramm in Textkasten 1.4

Der Assembler ist nur die erste Hülle um den Maschinencode

Das war natürlich nur der erste Schritt. Der Veteran erzählt weiter: „Das war natürlich nur der erste Schritt. Assembler-Programmierung war immer noch mühsam. Aber wir waren auf den Geschmack gekommen. Warum nicht ein Programm schreiben, das ein Assembler-Programm erzeugt, das Maschinencode erzeugt. Eine zweite Hülle um die Maschine – auch, um von ihrem Befehlssatz unabhängig zu werden.“

„Das leuchtet mir ein. Der Assembler ist ja immer noch ...“

„Maschinenabhängig, ja. Wir programmierten ein System, das ein Assembler-Programm erzeugt. Aus für den Menschen verständlichen Anweisungen, wie PRINT für ‚drucke‘ oder Anweisungen, um Zahlen mit der richtigen Anzahl von Nachkommastellen zu definieren. Wir nannten das Assembler-Erzeugungsprogramm ‚Compiler‘ und die Sprache eine ‚algorithmische Sprache‘. *Algol* war eine der ersten, Abkürzung für ‚Algorithmic Language‘ ...“

„Und wie sah das Programm jetzt aus?“

„So einfach, dass uns die Tränen der Rührung und Freude kamen. Kurz und knackig. So kurz, dass ich mich kaum traue, es in Textkasten 1.6 aufzuschreiben.“

MWST = NETTO * 0,19	Errechne MwSt. aus Netto
BRUTTO = NETTO + MWST	Errechne Brutto aus MwSt. und Netto

Textkasten 1.6 Rechnungsschreibung in einer höheren Programmiersprache

„Das versteht ja nun jeder, der sich mit der Materie auskennt.“

„Ja, und in COBOL, der ‚Allgemeinen betriebswirtschaftlich orientierten Sprache“²⁶ aus dem Jahr 1959, liest es sich noch umgangssprachlicher: ADD MWST TO NETTO GIVING BRUTTO. Hübsch, nicht?! Und jetzt können wir in jedem Fachgebiet in der ‚Sprache‘ der Fachleute programmieren. Mit den Begriffen, die ihnen vertraut sind. Denn weniger kaufmännisch und mehr mathematisch orientierte Leute bevorzugten FORTRAN, wo sich dasselbe so liest: BRUTTO = NETTO + MWST.²⁷ Jetzt haben nur wir Profis noch etwas zu meckern ... Stichwort *Programmierstil* oder *Wartungsfreundlichkeit* ... Die Konstante 0,19 – die ja keineswegs konstant ist, weil sie sich irgendwann auch ändern kann – hat im Programm nichts zu suchen.“

„Sonst wo gehört sie hin?“

„In eine Datei, die zentral für alle Programme verwendet wird. Ändert sich der Mehrwertsteuersatz, wird er nur dort verändert, und man muss nicht in diversen Programmen herumsuchen.“

„Das heißt, man setzt sich nicht einfach hin und programmiert etwas runter?“

„Nein, der sprichwörtliche zwanghafte *Nerd*, der nächtelang Code produziert, der ist kein Profi-Programmierer.“²⁸

Und genau darauf werden wir im Kap. 2 genauer eingehen. Denn die Vorstellung des einsamen Künstlers, der geniale Software schafft, ist realitätsfern. Software-Herstellung ist ein industrieller Produktionsprozess und hochgradig durchorganisiert.

Noch eine kleine Anmerkung für den aufmerksamen Leser der Programmzeile MWST=NETTO*0,19: In der Mathematik ist das Gleichheitszeichen Ausdruck der Gleichwertigkeit (daher der Name). Rechts und links sind daselbe, sie sind vertauschbar. NETTO * 0,19=MWST wäre ebenso richtig. Und die Umformung der Gleichung in NETTO=MWST / 0,19 ebenso. In der Programmierung ist das Gleichheitszeichen eine Zuweisung und wird gelesen als MWST „ergibt sich aus“ NETTO * 0,19. Deswegen gibt es Programmiersprachen, die das Gleichheitszeichen mit einem Doppelpunkt vorweg schreiben, also MWST := NETTO * 0,19. Damit wird dann auch eine mathematisch ziemlich sinnlose Formulierung verständlich: Anzahl = Anzahl + 1. Die Anzahl wird um 1 erhöht (alter Wert rechts, neuer Wert links).

²⁶Abk. aus engl. *COmmon Business Oriented Language*.

²⁷Abk. aus engl. *FORmula TRANslator*, „Formelübersetzung“.

²⁸Siehe das Video mit Joseph Weizenbaum: „Zwanghafte Programmierer“ vom 10.02.2012 ([https://video.golem.de/wissenschaft/6708/joseph-weizenbaum-zwanghafte-programmierer-\(13\).html](https://video.golem.de/wissenschaft/6708/joseph-weizenbaum-zwanghafte-programmierer-(13).html)). Unter *Nerd* versteht man auch ganz allgemein einen, der gut Bescheid weiß. Sie können Ihre Fähigkeiten unter „How nerdy are you?“ (<https://game.reisearch.eu/>) testen (allerdings etwas einseitig orientiert).

Namen sind nicht Schall und Rauch

„Name ist Schall und Rauch“, sagt der Dichter.²⁹ Bei der Programmierung nicht. Die Namen von Variablen bezeichnen Bereiche im Speicher, hexadezimale Adressen, an denen sie stehen. Der Assembler „weiß“, wo – der Programmierer will es nicht wissen. Bei höheren Programmiersprachen (*High Level Language*, HLL) kommen sie rechts und links des Zuweisungszeichens vor, z. B. `A := 17`, `B := B + 1` oder `C := 'Dies ist ein Text'`. Das kleine unscheinbare „Hochkomma“ („“) markiert den Text als Konstante. Denn `D:=C` und `D:='C'` ist ein gewaltiger Unterschied. Fragen Sie mich nicht nach den Schweißtropfen, die Programmierer vergießen, wenn das Hochkomma *selbst* Bestandteil des Textes ist! Bei einem Befehl wie `Hochkomma := ""` oder `Ausruf := 'Wer ist's?'` kann er ins Schleudern kommen. In Ausruf steht dann vielleicht nur „Wer ist“, denn dort findet die dumme Maschine scheinbar das schließende Hochkomma. Das passiert auch bei längeren Texten z. B. `Frage := Dies ist ein Text`, und er endet mit der Frage: „Fällt ihnen etwas auf?“ Der Computer denkt nicht über die Antwort nach, und ihm fällt auch nichts auf. Dass nämlich die Zeichenkette in der Variablen namens `Frage` mit einem Hochkomma zu Ende gehen müsste. Seine Textkette geht bis zum nächsten Hochkomma, das er irgendwo ein paar Seiten später findet (hier im Buch in Textkasten 1.7). Ein chinesischer Programmierer, der aber Deutsch nur unvollkommen beherrscht, wäre vielleicht nicht darauf hereingefallen und hätte das fehlende Hochkomma ergänzt.³⁰

Wenn Variable aber nicht völlig beliebige Dinge bezeichnen sollen („Mit einem Navi kommt man am besten von A nach B“), sondern eine Bedeutung haben, dann sollte man „sprechende Namen“ verwenden, also z. B. `MWSt_Satz := 0,19`. Das haben wir ja schon erwähnt, aber man kann es angesichts der bei manchen Programmierern vorhandenen Schreibfaulheit nicht oft genug betonen. Ebenso muss man immer wieder daran denken, dass die

²⁹Johann Wolfgang von Goethe: Faust: Eine Tragödie – Kapitel 19 (<http://gutenberg.spiegel.de/buch-3664/19>).

³⁰Und der clevere deutsche muttersprachliche Korrektor, der den *Sinn* des ganzen Absatzes erfasst hat, hat genau das *nicht* getan.

meisten „Konstanten“ keine sind. Denn: *The only thing that is constant is change.*³¹ Mathematische Größen sind konstant, z. B. die Kreiszahl π , aber schon der Wert der Erdbeschleunigung variiert wegen der Zentrifugalkraft, der Erdabplattung und des Höhenprofils regional um einige Promille um den ungefähren Wert $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$. Der Mehrwertsteuersatz hat sich aber leider als ziemlich variabel erwiesen. Also: Raus aus dem Programm, rein in eine zentrale Datei! Das ist guter Programmierstil, weil es wartungsfreundlich ist.

Nun gibt es noch eine kleine weitere Hürde: die Anweisung `E := A+D`. Kann ja mal passieren – der Compiler merkt es nicht, bei der Ausführung des Programms kracht es. Denn eine Zahl plus einen Text ...?! Deswegen haben anständige HLL eine so genannte „Typdeklaration“. Etwas in der Art `DEF A(INT), D(TXT)`. INT sei die Abkürzung für *integer*, eine ganze Zahl ohne Kommastellen, und die Abkürzung TXT ist ja klar, oder?!

Wozu habe ich Ihnen das erzählt? Wie bei allen technischen Einzelheiten hier sollen Sie ein realistisches Gefühl dafür bekommen, „wie Computer denken“. Das heißt, wie einfache Maschinen es doch sind, über die clevere Fachleute Hülle um Hülle sinnvoller, kluger und nützlicher Erfindungen gestülpt haben, um sie unserer Denkweise anzupassen und sie immer leistungsfähiger zu machen. Nicht nur durch bessere Technik, sondern durch einfachere Handhabung. Aber da Sie bis hier durchgehalten haben, haben Sie das ja gemerkt. Also machen wir weiter ...

Wie sieht eine HLL denn aus?

Wie sieht eine „höhere Programmiersprache“ (HLL, *High Level Language*) denn aus? Erste kleine Kostproben, sozusagen „Gruß aus der Programmküche“, haben Sie ja schon gesehen. Gelegentlich sieht man sie ja auf den Bildschirmen in modernen Filmen. Wenn die Designer sich nicht allerlei wunderliche Sonderzeichen wie `{ } [] ~ ←` oder Abkürzungen wie `int` oder `bool` hätten einfallen lassen, dann wären sie fast lesbares Englisch. Nehmen wir ein (aus pädagogischen Gründen etwas vereinfachtes) Beispiel mit der Programmiersprache *Pascal* (Textkasten 1.7).³²

³¹ „Das einzige Konstante ist die Veränderung“, das erkannte schon Heraklit (<https://www.goodreads.com/quotes/336994-the-only-thing-that-is-constant-is-change-->).

³² Unter freundlicher Mitwirkung von Arnold Willemer: „Ein Pascalkurs für Computer-Anfänger“ auf <http://www.willemer.de/informatik/lang/pascal.htm>.

```

PROGRAM Klassenarbeit;
(* Zur Ermittlung der Gesamtpunkte eines Schülers
muss für jede Aufgabe (FOR-Schleife) ein Punktewert
eingegeben werden. *)
VAR i, Anzahl : INTEGER;
    Gesamtpunkte, Punkte : INTEGER;
BEGIN
    Write ('Anzahl der Aufgaben: '); Read (Anzahl);
    Gesamtpunkte:=0;
    i := 1;
    WHILE i<=Anzahl DO BEGIN
        Write ('Aufgabe Nr. ', i, ': ');
        Read (Punkte);
        IF Punkte>=0 THEN
            Gesamtpunkte:=Gesamtpunkte + Punkte
        ELSE BEGIN
            Write ('Fehler: Minuszeichen!');
            i := i - 1;
        END; (* IF *)
        i := i + 1;
    END; (* WHILE *)
    Write ('Der Schüler hat ', Gesamtpunkte, ' Punkte');
END.

```

Ablauf:

```

Anzahl der Aufgaben: 5
Aufgabe Nr. 1: 9
Aufgabe Nr. 2: 4
Aufgabe Nr. 3: 7
Aufgabe Nr. 4: -3
Fehler: Minuszeichen!
Aufgabe Nr. 4: 3
Aufgabe Nr. 5: 5
Der Schüler hat 28 Punkte

```

Textkasten 1.7 Ein kleines Programm in der Programmiersprache Pascal

Schreck bekommen? Nun, der Autor hätte ruhig ein paar mehr Kommentarzeilen spendieren können (nahtlos in das Programm an passender Stelle eingefügt und an den „(* ... *)“ zu erkennen, siehe z. B. 2. bis 4. Zeile). Andererseits muss man die Einzelheiten, die jedem Pascal-Programmierer bekannt sind, nicht jedes Mal ausführlich erläutern. Deswegen für die erste Begegnung eine kurze Erklärung (von oben nach unten):

- Mit VAR werden die Namen der Variablen definiert sowie ihr Typ (INTEGER heißt: ganze Zahl ohne Kommas).

- BEGIN und END (ganz unten) sind eine Formalität, sie grenzen einen Programmblock ab, bewirken aber nichts. Ebenso die „;“ am Ende mancher Zeilen – eine Hilfe für den Compiler.
- Mit *Write* und *Read* wird die Anzahl der Aufgaben als Eingabe angefordert, danach werden die Rechenfelder in ihre Grundstellung gebracht.
- WHILE und END; (* WHILE *) definieren eine Programmschleife und ihr Ende: Der Zähler *i* wird bis *Anzahl* (der Zahl der Aufgaben) hochgezählt. Das geschieht, *solange wie* (engl. *while*) *i* die *Anzahl* nicht übersteigt.
- Dann wird für jedes *i* die Punktezahl abgefragt (Kombination von *Write* und *Read*) und zu *Gesamtpunkte* addiert ...
- ... aber nur, *wenn* (IF ... THEN) die Eingabe nicht negativ ist (ein unwahrscheinlicher Fehler, aber ein Programmierer muss an *alles* denken!).
- Andernfalls (ELSE) gibt er eine Fehlermeldung aus und – das hat er bestimmt beim ersten Entwurf vergessen und erst beim Testen bemerkt! – verhindert, dass die Erfassung des Wertes übergangen wird. Der Schleifenzähler *i* wird nämlich am Ende vor END; (* WHILE *) erhöht, und deswegen schiebt er ihm ein um 1 vermindertes *i* unter.
- Zuvor muss man nur durch END; (* IF *) klarstellen, wie weit das IF ... THEN ... ELSE reicht, und dann kann das Ergebnis ausgegeben werden.

Schreck nachgelassen? Mit ein wenig Übung wird eine „höhere Programmiersprache“ fast zur Umgangssprache. Einen möglichen Ablauf dieses Programmes sehen Sie in Textkasten 1.7 unten.

Im Abschn. 1.4 werden wir uns dann mit den HLLs etwas ausführlicher befassen und schauen, wie es überhaupt dazu gekommen ist.

Was der Computer kann und was nicht

Der Computer kann rechnen, aber nur in ausgesprochen primitiver Form. Die 4 Grundrechenarten, fertig! Für das Wurzelziehen zum Beispiel, für das es auf jedem guten Taschenrechner eine Taste gibt, gibt es keinen Maschinenbefehl. Deswegen sind in „höheren Programmiersprachen“ solche Rechenverfahren bereits vorprogrammiert³³ und hinter einem Sprachkonstrukt wie

³³Hier scheint die Tautologie einmal zu stimmen, denn dem Wortstamm nach heißt „pro-grammieren“ ja „vor-schreiben“. Wenn der Programmierer aber die Quadratwurzel nicht mehr selbst programmieren muss, ist sie bereits vor-programmiert.

SQRT (Abk. für *SQareRooT*, Quadratwurzel) versteckt. Aber er ist ja auch nicht nur zum Rechnen da (obwohl er als Kind „elektronische Rechenanlage“ hieß). Datenverarbeitung beinhaltet ja auch Textdaten, Bilddaten und anderes. Dafür werden Sie noch Anwendungsbeispiele kennenlernen.

Also gibt es Maschinen- bzw. Assemblerbefehle wie z. B.

- MOVE A,B Bewege (verschiebe) Adr. A nach Adr. B
- XCHANGE A,B Vertausche Inhalt Adr. A mit Adr. B
- COMPARE A,B Vergleiche Inhalt Adr. A mit Adr. B
- BEQ A *Branch on EQal:* Wenn gleich, gehe nach A
- BNE A *Branch on Not Eqal:* Wenn ungleich, gehe nach A

und so weiter ...

Interessant sind die beiden bzw. drei letzten Beispiele: Der COMPARE-Befehl setzt intern einen Indikator (die Inhalte von A und B sind gleich bzw. ungleich), auf den die *Branch*-Befehle Bezug nehmen.

Was soll Ihnen das zeigen (denn wir wollen Sie ja nicht zum Maschinenprogrammierer ausbilden!)? Es soll exemplarisch illustrieren, wie einfach ein Computer im Inneren strukturiert ist, wie mühsam dieser einfache Aufbau zu einem sinnvollen Ablauf von Datenverarbeitungsschritten zu programmieren war und wie wertvoll die Idee war, den Maschinencode mit einem Assembler als ersten Schritt der Vereinfachung zu umgeben. Und wie wertvoll der zweite Schritt war, auch den komplizierten Assembler mit einer höheren Programmiersprache zu umhüllen. Eine *Programmiersprache* heißt nicht umsonst so, denn wir wollen mit der Maschine kommunizieren – im weitesten Sinne, ohne sie dadurch zu vermenschlichen. Aber irgendwie müssen wir dem Rechen- bzw. Datenverarbeitungssklaven mitteilen, was er für uns tun soll. Exakt und bis ins kleinste Detail genau. Denn – um einen alten Spruch zu bringen – der Computer tut nicht das, was wir wollen, sondern das, was wir ihm sagen.³⁴

Dieses Phänomen können wir noch öfter beobachten: Wie bei *Matroschkas*, den hölzernen und bunt bemalten, ineinander schachtelbaren russischen Puppen wird um das primitive Innere der Maschine Schicht um Schicht mehr Funktionalität gelegt, bis die höchstmögliche Annäherung an unsere menschliche Vorgehensweise (hier: sprachliche Ausdrucksweise) erreicht ist.

³⁴ Manche Frauen behaupten, das läge daran, dass er von Männern erfunden wurde!

Zwei überaus nützliche Programmkonstruktionen

Schon im Maschinencode und Assembler zeigte sich, dass es zwei überaus nützliche Programmkonstruktionen gibt. Die eine haben Sie in ihrer Logik schon kennengelernt: „Wenn (Bedingung), dann gehe zu (Adresse im Programm)“. Auch ihre Realisierung wurde gerade schon angedeutet: COMPARE A,B bzw. sein zugehöriger hexadezimaler Maschinencode (in den das COMPARE übersetzt wird) setzen intern in der Maschine ein Bit. Gleich oder ungleich, das ist hier die Frage, wie bei Shakespeare.³⁵ Dieses Bit wird mit den Befehlen BEQ A (Branch on EQal) bzw. BNE A (Branch on Not Eqal) abgefragt. Wenn die Bedingung erfüllt ist, springt die Programmausführung im Speicher an die angegebene Adresse, z. B. HIER. Logisch, dass dann irgendwo ein Assemblerbefehl mit der Adresse HIER: beginnen muss. „Überaus nützlich“ – das ist so eine Sache. Klar, man konnte so sehr flexible Programme schreiben: Wenn Rechnungssumme über X €, dann Rabatt gleich Y und so weiter. Aber das muss man sich einmal klarmachen, was das bedeutet: Wenn eine per Lochstreifen gesteuerte holländische Drehorgel nicht nur völlig verschiedene Musikstücke spielen kann, sondern auch noch innerhalb desselben Liedes mit einem Sprungbefehl einen Teil übergehen könnte. Oder mit einem Rücksprung den ersten Satz „*Allegro con moto ma non troppo presto*“ mehrmals wiederholen könnte.

Aber bald hüpften die Programmierer im Programm herum wie die tanzenden Derwische. Resultat: Wenn es irgendwo „bumm!“ machte (z. B. bei der Division durch 0, die weder einem Menschen noch einem Computer gelingt), dann wusste man nicht mehr, auf welchem komplizierten Weg man dorthin gekommen war.

Das Resultat des GOTO (so hieß der Sprungbefehl in den HLL) waren die gefürchteten „Spaghetti-Programme“. Denn man konnte nicht nur zurück-springen (per „Rücksprung“), sondern auch noch von außen irgendwo in das Programm hineinspringen (ein so genannter *Entry Point*) und aus dem Inneren des Programms herausspringen, es also beenden (ein so genannter *Exit Point*). Das sah dann so aus wie in Abb. 1.9, obwohl das im Vergleich zu damaligen Programmen immer noch sehr einfach aussieht.

Das (nicht nur, aber auch) führte dazu, dass man schon Ende der 1960er Jahre von einer Software-Krise sprach. Dazu gehört der wohl berühmteste Leserbrief der Computergeschichte an eine Fachzeitschrift, überschrieben mit *Go To Statement Considered Harmful* (GOTO-Befehl als gefährlich

³⁵„To be, or not to be, that is the question“, Zitat aus der Tragödie Hamlet, Prinz von Dänemark von William Shakespeare, 3. Aufzug, 1. Szene.

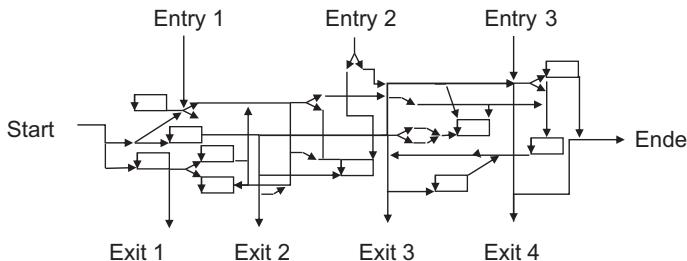


Abb. 1.9 Ein „Spaghetti-Programm“ (aber immer noch ein einfaches)

eingestuft).³⁶ Obwohl der Verfasser, Edsger W. Dijkstra, Niederländer war, ist das fast englisches *Understatement. Desastrous* hätte er schreiben sollen, katastrophal. Und als Informatik-Professor stellte er gleich Forderungen zur Verbesserung der Programmqualität auf:

1. Ein Programm darf nur *einen* Eingang und *einen* Ausgang haben.
2. GOTO ist verboten.
3. Ein Programm besteht nur aus grundlegenden Programmbausteinen – und es gibt nur 3 davon: Entscheidung, Schleife und Schachtelung.

Basta! Er nannte diese Gesetze „strukturierte Programmierung“. Erinnern Sie sich noch an Abschn. 1.2? Dort stand auf S. 13: „Wenn Sie technische Einzelheiten nicht interessieren, dann gehen Sie gleich nach HIER.“ Sie müssen sich entscheiden: ja oder nein, wenn ... dann ... sonst.

Das war nichts anderes als ein Algorithmus: *Wenn* (irgendeine Bedingung), *dann gehe zu* (irgendeiner Stelle). Genauer: ein *Baustein* in einem Algorithmus. Ein Algorithmus – ein Programm im Computer, also „Software“ im Gegensatz zur „Hardware“ der Maschine –, hat wie ein Buch einen Anfang und ein Ende. Trivial, oder?! Es besteht aus einer Vielzahl solcher Bausteine, einzelner Verarbeitungsschritte.

Die Entscheidung ist also das Ihnen schon bekannte *Wenn ... dann ... sonst*, das IF-THEN-ELSE. THEN und ELSE gehören zusammen wie Bonnie und Clyde. Zeichnerisch kann man die Entscheidung darstellen wie in Abb. 1.10 (rechts im Bild ein praktisches Beispiel: IF Umsatz > 100 € THEN Rabatt := 10 % ELSE Rabatt := 5 %).

Die Schleife kommt in den häufig vorkommenden Fällen zur Anwendung, wenn man etwas mehrfach tun muss. Wenn man für alle Mitarbeiter eines

³⁶Edsger W. Dijkstra: „Letters to the editor: Go To Statement Considered Harmful.“ in ACM (Hrsg.): Communications of the ACM. 11, Nr. 3, März 1968.

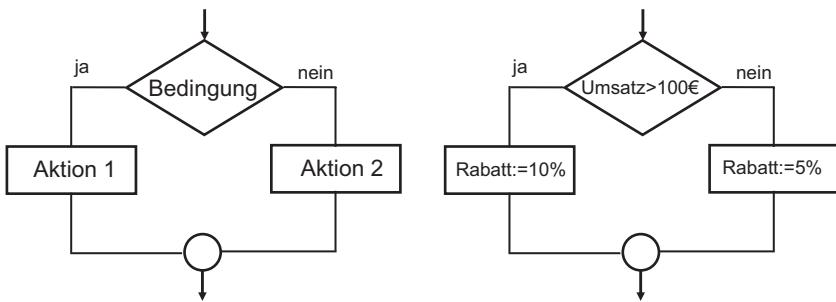


Abb. 1.10 Die „Entscheidung“, das IF-THEN-ELSE

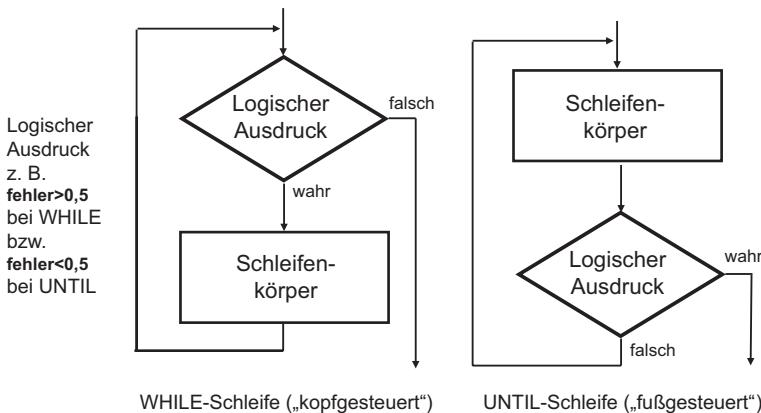


Abb. 1.11 Die „Programmschleife“ als „do while“ und „do until“

Unternehmens eine Gehaltsabrechnung erstellen muss oder alle Posten einer Materialrechnung zusammenzählen muss. Umgangssprachlich (analog zum *Wenn ... dann ... sonst*) ist es die Anweisung – und sie kommt in zwei Varianten – *Wiederhole ... bis* (*Bedingung*) und *Wiederhole ... solange* (*Bedingung*). Oder im Programmierer-Jargon: die DO-Schleife als DO UNTIL und DO WHILE. Also z. B. DO UNTIL (alle Mitarbeiter verarbeitet) oder DO WHILE (Rechnungsposten vorhanden). Illustriert sehen Sie es in Abb. 1.11. Die „kopfgesteuerte“ Schleife fragt die Bedingung zuerst ab und macht ggf. gar nichts. Die „fußgesteuerte“ Schleife fragt die Bedingung erst ab, nachdem der Code im Schleifenkörper mindestens einmal durchlaufen wurde. Der „logische Ausdruck“ muss natürlich innerhalb des Schleifenkörpers verändert werden (z. B. `fehler` von 0,7 auf unter 0,5 verringert werden).

Oft wird auch nur ein Wert hochgezählt, dann gibt es eine weitere Variante DO FOR *i := Anfang TO Ende*. Das, was getan werden muss (die 3 Pünktchen oben) folgt dann danach, und das Ende der Aktionen muss

durch ein END DO oder Ähnliches markiert werden. Zu abstrakt? Ein Beispiel klärt das sofort. Doch zuerst ein genauerer Blick auf den einfachsten der Bausteine, denn der hat es in sich.

1.4 Eine weitere Schicht der Vereinfachung

Sie haben das Prinzip schon erkannt: Eine simple Maschine, so einfach wie der Webstuhl des Herrn Jacquard aus dem Jahr 1805, entwickelt durch ihr universelles Programm ungeahnte Stärken. Besonders, wenn man dieses Programm nicht mühsam mit der Hand als Bitfolge (also im hexadezimalen Maschinencode) eingeben muss. Wenn ein Assembler es aus leicht zu merkenden mnemonischen Befehlen herstellt und für die Speicherfelder aussagekräftige Namen frei gewählt werden können. Wenn sogar eine „höhere Programmiersprache“ (HLL) das immer noch mühsam zu schreibende Assemblerprogramm erzeugt.

Gibt es noch weitere clevere Tricks, die die Computerwissenschaftler erfunden haben, die dem Computer noch mehr „intellektuelle Power“ verleihen? Und seinen Gebrauch vereinfachen?

Die verborgene Kraft: das Unterprogramm

Die beiden gerade erwähnten Programmkonstrukte (Entscheidung und Schleife) wurden von Dijkstra durch eine noch einfachere ergänzt: die Schachtelung. Zwei Anweisungen zusammen bilden wieder einen Baustein (Abb. 1.12). Eine Art Programmier-LEGO. Na, und?!

Die Idee aber hat es in sich. Denn die zweite Anweisung kann der Aufruf eines Unterprogramms sein.

„Unterprogramm“, das hört sich ja irgendwie minderwertig an. Hauptprogramm und Unterprogramm, das ist wie Hauptmann und Gefreiter.

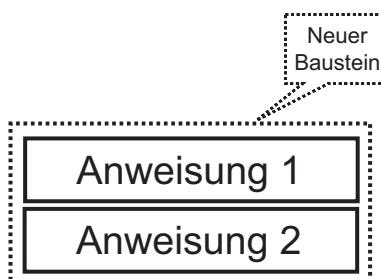


Abb. 1.12 Zwei Programmabsteine „Anweisung 1“ und „Anweisung 2“ formen einen neuen Programmabstein

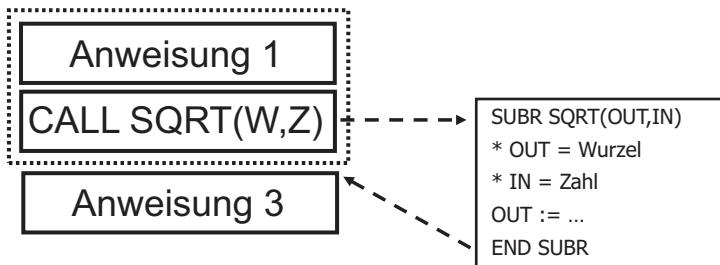


Abb. 1.13 Aufruf eines Unterprogramms mit einer Parameterliste

Und Abb. 1.12 sieht so harmlos aus, fast trivial. Nun bauen wir wie gesagt als „Anweisung 2“ einen Unterprogramm-Aufruf ein. Er heißt (wie man fast vermutet hat) CALL (Abb. 1.13). Unterprogramme bekommen „Parameter“ mit auf den Weg – Datenfelder, die sie benutzen können. In ihnen sind Werte, die sie berechnen sollen (OUT in Abb. 1.13), und Werte, die sie zur Berechnung brauchen (IN in Abb. 1.13). Natürlich nicht nur einen Wert je Verwendung, sondern z. B. 3 einzelne OUT- und 7 verschiedene IN-Werte. Warum denn nicht?!

Programme enthalten Unterprogramme, die selbst wieder Unterprogramme enthalten, die wieder Unterprogramme enthalten, die ... – eine oft sehr tiefe Schachtelung. *Matroschkas*, die hölzernen und bunt bemalten, ineinander schachtelbaren russischen Puppen. Und daraus entsteht ein mächtiger Werkzeugkasten, denn sie sind meist so universell verwendbar wie eine Kombizange.

In Abschn. 1.5 werden Sie anhand eines konkreten Beispiels sehen, wie ein Unterprogramm realisiert wird. Dort werden Sie auch eine Variante kennenlernen, die sich „Programmfunktion“ nennt. Den Unterschied sehen Sie in Abb. 1.14. Natürlich sind statt eines einzelnen Parameters auch mehrere erlaubt.

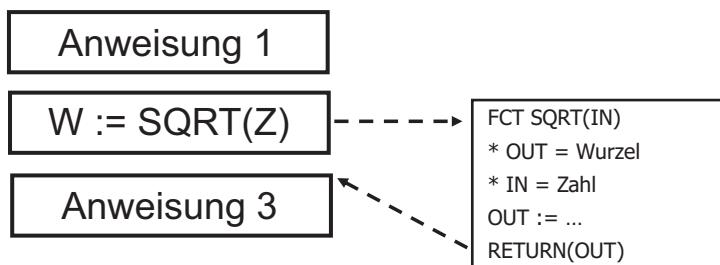


Abb. 1.14 Aufruf einer Programmfunktion mit einem Parameter

Ein Blick auf ein „echtes“ Programm

Ich bin Ihnen ja noch ein Beispiel für die „nützlichen Programmkonstruktionen“ schuldig. Wie im Fall der Programmiersprache *Pascal* (Textkasten 1.7) ist es keine von mir vereinfachte Syntax, sondern es sind real existierende Befehle. Dabei lernen Sie gleich eine weitere wichtige, weil früher weit verbreitete Programmiersprache kennen: BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*, etwa „symbolische Allzweck-Programmiersprache für Anfänger“).³⁷ Man kann sie fast (fast!) wie einfaches Englisch lesen – versuchen Sie es einmal in Textkasten 1.8.³⁸

```

010 PRINT USING Form1$; "Auto Nr"; "Autotyp"; "Monat EZ"; "Jahr EZ"; "km";
020 ' Jahrheute, Monatheute sowie Provisionsfaktor1 / -2 aus Datei gelesen
030 OPEN "AUTO.DAT" FOR INPUT AS #1
040 ' ----- Schleifenanfang -----
050 DO WHILE .NOT. EOF(1)
060     INPUT #1, AutoNr, Autotyp$, MonatEZ, JahrEZ, kmStand, Preis, Festpreis
070     Alter = (12 * Jahrheute - JahrEZ + Monatheute - MonatEZ) / 12
080     kmJahr = kmStand / Alter
090     IF Festpreis THEN
100         VerkProvision = Preis * Provisionsfaktor1 / 100
110     ELSE
120         VerkProvision = Preis * Provisionsfaktor2 / 100
130     END IF
140     PRINT USING Form2$; AutoNr; Autotyp$; MonatEZ; JahrEZ;
150             kmStand; Preis; Alter; kmJahr; VerkProvision
160 LOOP
170 ' ----- Schleifenende -----
170 CLOSE #1

```

Textkasten 1.8 Beispiel für eine DO-Schleife in einem BASIC-Programm

Bei der ersten Begegnung muss man vielleicht noch einiges erläutern, wobei wir uns auf das Wesentliche konzentrieren wollen. Sinnvollerweise benutzen

³⁷ Ende der 1980er und Anfang der 1990er Jahre geriet es „aus der Mode“ und wurde von „modernen“ HLLs abgelöst (C, C++, Java – wir kommen noch darauf).

³⁸ Beetz J, Heitfeld M (1984) S. 112.

die BASIC-Leute Zeilennummern, damit man auf einzelne Befehle einfach Bezug nehmen kann.³⁹ Beginnen wir bei Nummer 10:

- 10 Die Überschrift für die Liste der Autos wird gedruckt (mit einer so genannten „Schablone“ namens „Form1\$“).⁴⁰
- 20 Mit einem einsamen Hochkomma beginnt eine Kommentarzeile: ein Hinweis, welche Variablen aus einer externen Konstanten-Datei gelesen wurden (Wartungsfreundlichkeit!).
- 30 Nun geht es endlich los – die Datei „Auto.dat“ wird geöffnet und mit der Nummer 1 angesprochen.
- 50 Die DO-WHILE-Schleife wird abgearbeitet: Ein Datensatz wird gelesen (Zeile 60), solange (*while*) kein (.NOT.) Dateiende-Signal EOF (engl. *end of file*) kommt. Die Schleife reicht bis Zeile 150 („LOOP“ statt „END DO“). Hätte man auch DO UNTIL EOF(1) schreiben können? Schauen Sie auf Abb. 1.11 und finden Sie es heraus!⁴¹
- 70–80 Alter und Jahreskilometer werden errechnet. (Sehr transparente Rechenformeln, finden Sie nicht? Für „*Beginner's*“.)
- 90–130 Ein IF-THEN-ELSE beschert dem Verkäufer bei einem Festpreis eine höhere Provision (klar, dass er sich dann nicht runterhandeln lässt!).
- 140 Die Liste der Autos wird mit den Variablen gedruckt (mit einer passenden Schablone namens „Form2\$“).
- 170 Und das war's auch schon: Beim EOF fallen wir aus der Schleife heraus und die Datei wird geschlossen

Der nächste Schritt: ein Programmgenerator

In der Frühzeit der „elektronischen Datenverarbeitung“ waren Computer noch Kleiderschränke, reine Rechenmaschinen. Bildschirme: Fehlanzeige. Laien als Benutzer: undenkbar. Sie spuckten bedruckte Listen aus (z. B. eine Lohnabrechnung) und wurden mit Lochkarten „gefüttert“. Jacquard ließ grüßen. Aber höhere Programmiersprachen waren schon „erfunden“, nur wollte

³⁹Die Nummerierung erfolgte meist in 10er-Schritten, um einfach Befehle nachtragen zu können, ohne per Hand alles neu nummerieren zu müssen.

⁴⁰Die auf „km“ folgenden Namen habe ich weggelassen, sie müssen natürlich der Zeile 130 entsprechen.

⁴¹Antwort: Nein! Das EOF-Signal kommt *nach* dem letzten Datensatz, und die Berechnungen würden sozusagen ohne (oder mit den alten) Daten ablaufen. Man müsste es mit einem IF .NOT. EOF in der Schleife abfangen. So pingelig sind Maschinen, und so pingelig muss ein Programmierer denken!

man dabei nicht stehen bleiben. Warum nicht einen „Programmgenerator“ schreiben, der ein Programm einfach herstellt?! Das „EVA-Prinzip“: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe.

Immer dasselbe: Datei lesen, Daten verarbeiten, Ergebnisse drucken und/oder in Datei schreiben. Wozu das Lesen und Drucken und die Schleife bis EOF wie in Textkasten 1.8 immer wieder explizit programmieren? Legen wir eine weitere Schicht um unsere Software! Was wir (bzw. die betriebswirtschaftliche Datenverarbeitung) eigentlich nur brauchen, sind (nach dem EVA-Prinzip)

1. eine Beschreibung der Eingabe-Datensätze (ähnlich der Zeile 060 in Textkasten 1.8),
2. die Festlegung der Rechenformeln (heute würde man „Algorithmus“ dazu sagen) ähnlich der Zeile 070–120 in Textkasten 1.8 und
3. eine Beschreibung der Ausgabe- und Druck-Datensätze wie in der PRINT-Anweisung in Zeile 40 im Textkasten 1.8.

Dazu gab es so genannte Programmgeneratoren. Wir schreiben kein Programm, wir lassen es herstellen. Von einem anderen und einfacheren Programm mit fest vorgegebener Verarbeitungsstruktur. Und das war's auch schon – mehr ist nicht dazu zu sagen.⁴²

Maschinensprachen und Menschensprachen

Schauen wir uns noch einmal eine „niedere“ und eine „höhere“ Programmiersprache an: Ein kleiner gewitzter Händler gibt auf alles Rabatt (außer Tierfutter), sagen wir 3 %. In der Menschensprache ist das eine einfache Entscheidung: *Wenn* Warenguppe gleich „TF“ (das sei das Kennzeichen von Tierfutter), *dann* Rabatt gleich 0, *sonst* Rabatt gleich 3 % vom Warenwert. In der Maschinensprache sieht das in unserem fiktiven Assembler aus wie im Textkasten 1.9. (Ich erspare Ihnen die absolut unleserliche Version in hexadezimalem Maschinencode.) Die Kommentare rechts vom Code habe ich für Sie (und nur für Sie!) beigefügt – obwohl sich das die Programmierer erfreulicherweise auch bald angewöhnten, um ihre Programme nach einiger Zeit noch zu verstehen und verbessern zu können. Nebenbei: Auch das ist wieder stark vereinfacht, weil wir nichts über die

⁴²Wissbegierigen können Einzelheiten und Beispiele unter [https://de.wikipedia.org/wiki/RPG_\(Programmiersprache\)](https://de.wikipedia.org/wiki/RPG_(Programmiersprache)) nachlesen.

Größen der Felder für die Zahlenwerte und die Behandlung ihrer Kommastellen wissen.⁴³

Ein Assembler ist also ein Programm, das ein Programm in ein Programm verwandelt (den Quellcode oder *Source Code* in den Maschinencode). Es bringt die Maschinensprache der MenschenSprache ein kleines Stück näher, aber wirklich nur ein winziges.

COMPARE 'TF',WAGRU	'TF' ist hex 54 46, WAGRU die Warenguppe
BNE KEIN_TF	<u>Branch on Not Equal</u> : Wenn ungleich, gehe nach KEIN_TF
MOVE 0,RABATT	'TF' erfüllt: Rabatt := 0
BU WEITER	<u>Branch Unconditional</u> : ein „GOTO“ (Sprung) zum Ende
KEIN_TF: MOVE WAWE,RABATT	WAWE (Warenwert) ins Rabattfeld
MULT 3,RABATT	Multipliziere Rabatt-Bereich mit 3
DIV 100,RABATT	Dividiere Rabatt-Bereich durch 100
WEITER: NOP	<u>No Operation</u> , ein Leerbefehl

Textkasten 1.9 Eine „Entscheidung“ in maschinennahem Code

So, das ist das letzte Mal, dass Sie sich so etwas antun müssen! Denn in einer HLL (*High Level Language*), einer höheren Programmiersprache, sieht das anders aus, verständlicher. Sie ist am menschlichen Denken orientiert, man nennt sie auch problemorientiert. Die entsprechende Formulierung, ebenfalls in einer fiktiven COBOL-ähnlichen Sprache, sehen Sie in Textkasten 1.10. Die HLLs haben sich vom internen Funktionieren der jeweiligen Hardware völlig gelöst. Und das verhängnisvolle Herumspringen mit den Verzweigungsbefehlen im Programm entfällt – und damit eine gewaltige Fehlerquelle. Und das unprofessionelle Verankern fester Zahlen (3 %) im Programm haben wir auch gleich beseitigt. Trotzdem und

⁴³Damit will ich Sie nicht erschrecken: Die Behandlung unterschiedlicher Kommastellen und Genauigkeiten (z. B. bei $17,3/0,013 = 1330,7692307\dots$) im Computer kann recht kompliziert werden.

erfreulicherweise gibt der Programmierer die Logik seines Programmteils in Kommentarzeilen (erkennbar am „/*“) bekannt.

```
/* Wenn Warenguppe = 'TF' (Tierfutter),
/* dann Rabatt = 0, sonst Rabatt = R-Satz * Warenwert
IF Warenguppe = 'TF'
THEN Rabatt := 0
ELSE Rabatt := Rabattsatz * Warenwert
ENDIF
```

Textkasten 1.10 Eine „Entscheidung“ in einer problemorientierten (höheren) Programmiersprache

Programme können sich selbst verändern

Selbstbezüglichkeit ist eines meiner Lieblingsthemen. Ein schönes Beispiel findet man im Film *Yellow Submarine* von 1968 nach dem gleichnamigen Album der Beatles. Eine Art Saugkrake wandert über den Meeresboden und saugt mit seinem Rüssel alles auf, was ihm in die Quere kommt – bis er einen seiner eigenen Füße erwischt. Den Rest können Sie sich denken: Es macht *Plopp!* und er ist verschwunden. Vielleicht wurde diese Idee von dem archaischen Motiv des Ouroboros⁴⁴ inspiriert, einer sich in den Schwanz beißenden Schlange, die als Metapher für eine zyklische Wiederholung die ewigen Kreisläufe symbolisieren soll.

So lässt sich wie in den James-Bond-Filmen eine Selbstzerstörung realisieren: Denn ein Programm kann *sich selbst* verändern, weil es im Speicher des Computers von Daten nicht zu unterscheiden ist. Am Ende eines Programms sitzt eine Schleife, die wir schon kurz vorgestellt haben. Eine Wiederholung bestimmter Programmschritte, bis bzw. solange eine vom Programmierer festgelegte Bedingung erfüllt ist. Sie schreibt ein hexadezimales 00 an den Programmbeginn, ein zweites dahinter und fährt damit solange fort (aha: *solange ... bis!*), bis sie ihre eigene Position erreicht hat. Weg ist das Programm!

Je höher die Sprache, desto höher ist der Komfort ... und die Sicherheit gegen (beabsichtigte oder unbeabsichtigte) Fehler. Umgekehrt: Je maschinennäher die Sprache, desto mehr Unheil kann man damit anrichten. Nehmen wir ein praktisches Beispiel: Ein Kreditkartenunternehmen hat sein System umgestellt und fordert ein Passwort von exakt 5 Stellen, Buchstaben

⁴⁴Altgriechisch: „Schwanzfresser“.

oder Ziffern.⁴⁵ Üblicherweise blockiert ein interaktives System die Eingabe und das Konto nach einer dreimaligen Falscheingabe. Doch hier lacht das Hacker-Herz: Irgendwie hat er die Stelle ausfindig gemacht, an der die Verzweigung zur Blockierungsroutine sitzt.⁴⁶ Dort steht ein Befehl ähnlich diesem: „BGT 3,BLOCK_ROUTINE“, ein *Branch if Greater Than* (verzweige, wenn größer als) – gehe zur BLOCK_ROUTINE, wenn die mitgezählte Menge der Eingabeversuche größer als 3 ist. Er ersetzt den Hex-Code des BGT durch den des NOP (engl. *no operation*) – und schon findet das Programm den Ausgang zur Blockierungsroutine nicht. Damit kann er einen *Brute-Force*-Angriff (dt. „rohe Gewalt“) starten und einfach sämtliche Kombinationen von 5 Buchstaben oder Ziffern durchprobieren. Die ca. 916 Mio. Möglichkeiten hat sein Computer in Sekundenschnelle heruntergerattet, und schon ist er in Ihrem Konto. Das nur als Illustration der Angriffsmöglichkeiten – mehr dazu in Abschn. 3.6.

Im Vorwort hatte ich ja geschrieben, dass Sie lernen sollen, wie ein Computer zu denken, also ähnlich systematisch, schematisch, exakt und rational vorzugehen und oft gemachte menschliche Denk-Fehler zu vermeiden. Vielleicht empfanden Sie das ja als Zumutung. Aber hier sehen Sie vielleicht auch einen ersten nützlichen Hinweis. Wie oft hören oder verwenden Sie die Formulierung „Wenn ... dann ...“, ohne dass jemand an das „Sonst“ denkt? An die Alternative, falls die Bedingung nach dem „wenn“ *nicht* erfüllt ist. Meist – aber beileibe nicht immer – passiert nichts. Aber man sollte immer nach dem „Sonst“, nach der anderen Alternative fragen. Sagt die Mutter zum Kind: „Wenn du keinen Pullover anziehst, wirst du dich erkälten!“ Fragt das pfiffige Kind zurück: „Und wenn ich einen anziehe, erkälte ich mich nicht?“

Höher, höher, höher!

Neben COBOL gibt es noch Hunderte von Programmiersprachen, nicht alle als „einfaches Englisch“.⁴⁷ Hierzu gibt es eine kleine Anekdote, eigent-

⁴⁵Dieses Beispiel ist leider nicht fiktiv, sondern real. Es zeigt (wie die trostlose Historie des Passworts generell), wie gedankenlos Systemdesigner mit dem Thema „Sicherheit vs. Benutzerfreundlichkeit“ umgehen.

⁴⁶Es gibt viele so genannte *Back Assembler*, die aus dem unverständlichen Bitsalat im Speicher (dem Maschinencode) gewissermaßen rückwärts (*back*) wieder ein halbwegs lesbares Assemblerprogramm machen.

⁴⁷Schauen Sie sich die Liste der Programmiersprachen an: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Programmiersprachen.

$$(\sim T \epsilon T o.x T) / T \leftarrow 1 \downarrow i R$$

Abb. 1.15 Die Berechnung von Primzahlen in einer Programmzeile in APL

lich eher einen Kalauer: Ein Student wurde bei einer Prüfung gefragt: „Nennen Sie mir eine Programmiersprache!“ Er antwortete: „EPS.“ „Was heißt das?“ „Eine ProgrammierSprache.“

Im Englischen funktioniert der Scherz: Es gab einmal APL, *A Programming Language*. Sie war extrem elegant, kompakt und unlesbar, da sie eine Vielzahl von neuartigen Symbolen benutzte. Ursprünglich war sie zur Kommunikation von mathematischen Algorithmen in Schulen gedacht. Ein Programm zu ändern war fast unmöglich, man schmiss es weg und schrieb es neu. Berühmt und berüchtigt waren die *One-Liner*, die Einzeiler. In Abb. 1.15 sehen Sie ein kurzes Beispiel. Es soll die Primzahlen von 2 bis R berechnen.⁴⁸ Primzahlen, so erinnern Sie sich, sind die Zahlen, die durch nichts außer sich selbst teilbar sind. Die ersten paar von ihnen sind wie folgt: 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53. Daran sehen Sie schon, dass sie sehr unregelmäßig sind und kein bestimmtes Muster aufweisen. Wenn Sie sich die Mühe machen würden, dafür ein Programm in COBOL zu schreiben, würden Sie merken, wie schwierig das ist und wie elegant und kompakt es in APL formuliert ist. Für Abb. 1.15 gilt der Spruch: „Wie Sie sehen, sehen Sie nichts!“ – aber der APL-Profi würde sagen: „Ist doch ganz klar, da bilde ich eine Variable T aus dem Vektor aller ganzen Zahlen von 2 bis R und reduziere sie ...“

Was aussieht wie die Explosion in einem Setzkasten, ist von den Schöpfern von APL raffiniert erdacht. Im Gegensatz zur evolutionär entstandenen Fähigkeit von Lebewesen zur Verarbeitung von Algorithmen tut der Computer nichts, was ihm nicht vorher einprogrammiert wurde. Während die Buchstaben in Abb. 1.15 nur die Namen für Variablen sind, sind die anderen Zeichen (ϵ , i , \sim usw.) „Operatoren“, also praktisch Computerbefehle, die etwas bewirken (das „ \sim “ z. B. ist die „Umkehrung“ oder „Verneinung“, macht also aus 0100 1011 das Byte 1011 0100).

Die HLL, die höheren Programmiersprachen (*High Level Languages*) sind sozusagen die Quelle des Maschinencodes. Daher nennt man die in HLL geschriebenen Programme auch „Quellcode“ (engl. *Source Code*).

⁴⁸Näheres dazu finden Sie auf <http://www.computerhistory.org/atchm/the-apl-programming-language-source-code/>. Die Idee ist eigentlich bestechend einfach und auch wieder ein *Brute-Force*-Ansatz: Man bildet alle möglichen Multiplikationsprodukte aller Zahlen von 2 bis R miteinander, also 4, 6, 8, 10 ... und 6, 9, 12, 15, ... usw. Dann siebt man aus allen Zahlen von 2 bis R die heraus, die *nicht* zu dem Haufen der Produkte gehören – und das sind die Primzahlen.

APL ist übrigens ein Interpreter und kein Compiler. Der Compiler wandelt den Quellcode, also die Formulierung des Programmierers, in Assembler um, der wieder in Maschinencode verwandelt wird. In den beiden letzten Schritten ist die Programmlogik dem Einfluss und Eingriff des Programmierers entzogen. Beim Interpreter wird sozusagen das Programm dynamisch während seiner Ausführung – wie der Name sagt – interpretiert. Das schafft eine neue Dimension der Einflussnahme des Programmierers, die schwer zu beschreiben ist. Aber es öffnete auch eine weitere Ebene der eleganten (und zugleich kryptischen) Programmierung. APL-Programme sind sozusagen die *High Heels* der Datenverarbeitung: extrem elegant, aber unpraktisch. Deswegen ließ sich Dijkstra, der Verfechter verständlicher Programmierung, zu dem Spruch hinreißen: „*APL is a mistake, carried through to perfection*“ (APL ist ein Fehler, der bis zur Perfektion getrieben wurde).

Wie Programmierer denken

Wie verläuft ein übliches Arztgespräch? Doktor: „Wenn Sie diese Tablette dreimal am Tag nehmen, werden Ihre Symptome bald verschwinden.“ Patient: „Vielen Dank, Herr Doktor!“ Wenn der Patient jedoch ein Programmierer oder Systemanalytiker ist, denkt er oder sie wie ein Computer. Dann verläuft der Dialog wie im Textkasten 1.11.

Doktor: „Wenn Sie diese Tablette einmal am Tag nehmen, werden Ihre Symptome bald verschwinden.“
Patient: „Sonst was? Also wenn ich sie nicht nehme?“
Doktor: „Dann werden sie länger damit zu kämpfen haben.“
Patient: „Und welche Nebenwirkungen haben sie?“
Doktor: „Gelegentlich Übelkeit und Erbrechen.“
Patient: „Was heißt ‚gelegentlich‘? Wie häufig ist das?“
Doktor: „Gelegentlich‘ heißt 1 bis 10 Behandelte von 1.000.“
Patient: „Kann ich sie zusammen mit anderen Tabletten nehmen oder gibt es Überkreuzwirkungen?“
Doktor: „Zusammen, kein Problem.“
Patient: „Morgens, mittags oder abends?“
Doktor: „Morgens.“
Patient: „Morgens‘ heißt bis wie viel Uhr?“
Doktor: „Zehn.“
Patient: „Bis einschließlich Zehn oder bis vor Zehn?“
Doktor: „Auf Wiedersehen!“

Textkasten 1.11 Arztgespräch mit einem Programmierer oder Systemanalytiker

Im Gegensatz zum richtigen Leben, wo viele Alternativen als unwahrscheinlich vorausgesetzt oder gar vergessen werden, müssen bei der Programmierung einer Maschine sämtliche Möglichkeiten berücksichtigt werden, selbst die unwahrscheinlichsten, z. B. ein Stromausfall bei der Datenübertragung. Programmierer oder Systemanalytiker müssen immer nach ihnen suchen – aber im täglichen Leben wie ein Computer zu denken, das bedeutet das soziale Abseits.

Die Berufsbezeichnung ist zwar „Systemanalytiker“, aber sie müssen auch „Synthetiker“ sein, um die Architektur von Systemen zu entwerfen. Und „Kästchendenken“ ist auch eine gute Eigenschaft, besonders für Systemarchitekten. Der modulare Aufbau von Software verlangt danach: Was gehört wohin? Was steht zu wem in welcher Beziehung? Können Module („Kästchen“) zerlegt oder zu größeren Einheiten zusammengefasst werden? Was im Alltag als „Schubladendenken“ schräg angesehen wird, ist in diesen Berufen von Vorteil.

Auch auf dem Telefon gibt es Programme

Mit einem Telefon zu telefonieren ist ja altmodisch. Es ist ein vollwertiger Computer. Und eine Armbanduhr zu haben, die nur die Zeit anzeigt (noch dazu analog, was viele Jugendliche gar nicht mehr lesen können)? Nein, da gibt es ja diese „APPs“, kurz für *application*, auf Deutsch „Anwendung“. Schon das musste man erklären: „Anwendungen“ sind nicht die Verabreichung eines Heilmittels oder eine heilende Maßnahme bei medizinischen Behandlungen und Kuren. Anwendungen in der Informatik sind mehrere Programme, die zusammen einen kompletten Geschäftsprozess automatisieren, z. B. eine komplette Lohnabrechnung. Im Extremfall natürlich nur ein einziges Programm, das etwas Bestimmtes leistet – und das ist bei den Apps auf dem Smartphone oft der Fall. Kalender, Mail, Spiele, ... alles, was Sie auf Ihrem kleinen Bildschirm als bunte Bildchen (*Icon* genannt) sehen, gehören dazu.

Dazu hat Apple eine eigene Programmiersprache entwickelt: *Swift*.⁴⁹ Sie eignet sich auch für Apple-PCs. Sie ist „objektorientiert“ – was das ist, werden Sie erst am Ende von Abschn. 2.3 verstehen.

⁴⁹Tutorial „Swift: So leicht gelingt der Einstieg in Apples neue Programmiersprache“ auf *t3n* vom 26.10.2015 (<https://t3n.de/news/swift-tutorials-apple-starter-guide-554269/>).

1.5 Computer verwursten alles: Zahlen, Signale, Texte, Tabellen

Der Computer ist aufgrund seiner freien Programmierbarkeit und der strukturellen Gleichheit von Daten und Programmen eine Universalmaschine. Natürlich kann er nicht den Hof kehren oder ein Baby wickeln, aber er ist für alle Aufgaben der Informationsverarbeitung geeignet. Welche das sind, das wollen wir uns in einem kleinen Beispiel aus dem Alltag ansehen:

Keine Angst vorm Wurzelziehen

Keine Angst, wir sprechen nicht vom Zahnarzt. Es geht nicht um Ihren Kopf, die Hardware. Aber um Ihren Verstand, die Software. Es ist ganz einfach. In einem kleinen Dorf in Gallien, vor ca. 2000 Jahren. Der Vergnügungsbeauftragte – sein Name war Radix – sollte einen Maibaum aufstellen. Er sollte mit Seilen abgespannt werden, aber Seile waren damals knapp und teuer. Sie sollten nicht zu lang sein, aber auf keinen Fall zu kurz. Er machte sich eine Zeichnung (Abb. 1.16) und dachte nach. Wie könnte er die Länge der Seile berechnen, wenn der Baum 6 m hoch war und er die Pflöcke in 4 m Abstand einrammen wollte? Er hatte einfach für die Maibaum-Höhe „a“ eingesetzt, für den Pflockabstand „b“ und für die Seillänge „c“. Er dachte nach. Pause. Lange Pause.

Dann kam der Druide vorbei und sah seine Not. Er flüsterte in sein Ohr: „Die Fläche des Quadrates über der langen Seite ist immer genau gleich der

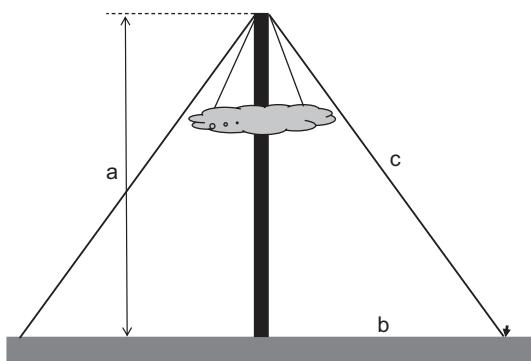


Abb. 1.16 Das Maibaum-Problem

Summe der Flächen der Quadrate über den kurzen Seiten.“⁵⁰ Aha! Aber er wollte ja nicht die *Fläche* über der langen Seite berechnen, sondern die lange Seite *selbst*. Wie lang ist die Seite eines Quadrates, wenn ich die Fläche kenne (wenn $a^2 = 52$, wie groß ist dann a ?)? Wie aber sollte er das machen? Neue Pause. *Sehr* lange Pause.

Die Pause dauerte bis 1669, als Isaac Newton erneut darüber nachdachte. Damals nannte man das Problem schon die „Quadratwurzel“. Newton erdachte eine Art systematisches Probieren.⁵¹ Wir machen eine grobe Schätzung und verfeinern sie dann schrittweise. Nehmen wir wieder als Beispiel den Maibaum aus dem Dorf: 6 mal 6 sind 36, und 4 mal 4 sind 16. Zusammen 52. Der erste gute Schätzwert ist offensichtlich 7, denn 7 mal 7 sind 49. „Na gut“, dachte Newton, „nehmen wir doch als nächsten Schätzwert den ersten Schätzwert und addieren einen Korrekturfaktor.“ Die Einzelheiten will ich Ihnen hier ersparen, aber es reicht nach einem Algorithmus mit einer Programmschleife.⁵²

Der könnte dann vereinfacht so aussehen wie in Textkasten 1.12. Diese schrittweise Verfeinerung einer Berechnung nennt man „Iteration“ (vom lat. *iterare* „wiederholen“).⁵³ Das „Heronverfahren“ ist ein gutes Beispiel dafür. So nannte man die Berechnungsmethode für die Quadratwurzel. Links sehen Sie eine Variante in einer weiteren HLL namens *Delphi*.⁵⁴ Sie ist eine Erweiterung der Programmiersprache *Pascal*, und die wiederum ist eine Weiterentwicklung von *Algol* und wurde zu Ehren des französischen Mathematikers und Philosophen Blaise Pascal so benannt.

Der Ausgangswert ist die Zahl, aus der die Wurzel gezogen werden soll, in unserem Fall 52. Beim manuellen Rechnen war der erste Schätzwert für die Wurzel aus 52 die 7, aber wir beginnen im Programm immer mit 1 als willkürliche 1. Schätzwert in a. So ist der Code allgemein

⁵⁰Für die (Un-)Glücklichen, die sich an ihre Schulzeit erinnern: Der Druide hatte Radix den „Satz des Pythagoras“ verraten: $a^2 + b^2 = c^2$.

⁵¹Das ist nicht ganz korrekt, denn darüber hatte schon ein Joseph Raphson 1690 nachgedacht. Es ist aber noch deutlich älter, denn man nennt es auch das „Babylonische Wurzelziehen“ oder auch „Heronverfahren“ nach Heron von Alexandria (https://de.wikipedia.org/wiki/Newton-Verfahren#Berechnung_der_Quadratwurzel).

⁵²Für Interessierte: Wenn der n-te Schätzwert für $\text{SQRT}(c)$ c_n ist (hier wäre $n=1$, der erste Schätzwert), dann ist der nächste Schätzwert $c_{n+1} = (c_n + c/c_n)/2$, also $c_2 = 7,214\dots$ Und das passt schon hervorragend, denn quadriert ergibt es 52,04.

⁵³Die Iteration ist sozusagen die „kleine Schwester“ der Rekursion – beide sind meist ineinander überführbar.

⁵⁴Quelle: M. Pabst: Delphi-Programmierkurs (<http://www.math.uni-leipzig.de/pool/tuts/Delphi/dpue080.htm>).

B1			$f_x = 0,5*(D1+B$1/D1)$		
	A	B	C	D	E
1	zahl =	52	a Nr.0 =	1	Probe a^2 =
2	a Nr.	1	=	26,50000	702,25000
3	a Nr.	2	=	14,23113	202,52512
4	a Nr.	3	=	8,94255	79,96914
5	a Nr.	4	=	7,37872	54,44555
6	a Nr.	5	=	7,21301	52,02746
7	a Nr.	6	=	7,21110	52,00000

Abb. 1.17 Das „Heronverfahren“ in einem Tabellenkalkulationsprogramm

verwendbar. Dem Computer ist es egal, ob er zwei oder siebzehn Iterations schritte braucht, bis die in „fehler“ vorgegebene Genauigkeit erreicht ist. Hier begegnen wir auch wieder dem Zuweisungszeichen „:=“. Rechts in Textkasten 1.12 sehen Sie denselben Algorithmus in einer anderen (fiktiven, an PL/I angelehnten) HLL.⁵⁵ Statt des möglichen „do until b-a < fehler“ wurde ein „do while“ verwendet – ein kleiner, aber feiner Unterschied. Sehen Sie ihn?

```
* a = 1. Schätzwert,  
* zahl = Ausgangswert  
  
a:=1; b:=zahl;  
repeat  
    b:=(a+b)/2;  
    a:=zahl/b;  
until b-a < fehler;
```

```
* a = 1. Schätzwert,  
* zahl = Ausgangswert  
  
a:=1; b:=zahl  
do while b-a >= fehler  
    b:=(a+b)/2  
    a:=zahl/b  
enddo
```

Textkasten 1.12 Das „Heronverfahren“ als Beispiel einer Iteration in 2 Varianten

Zur Illustration dasselbe noch einmal im Abb. 1.17 in Excel, dem am weitesten verbreiteten Tabellenkalkulationsprogramm. Die Rechenformel zu Zelle D2 (markiert) sehen Sie oben hinter dem „fx“. In 6 Schritten hat der Anfangswert 1 ein gutes Ergebnis geliefert. Ohne weitere Erklärung.

⁵⁵Programming Language One ist eine Programmiersprache, die in den 1960er Jahren von IBM entwickelt wurde. Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/PL/I> (Anm.: Das Trennzeichen „/“ in der Internet-Adresse und im Namen des Eintrags dürfte den Wikipedia-Programmierern einige Kopfschmerzen bereitet haben.).

Und wie verwandeln wir das Ganze nun in ein Unterprogramm wie am Anfang von Abschn. 1.4 beschrieben? Das sehen Sie in Textkasten 1.13. In der ersten Zeile sehen Sie den Namen, „Wurzelziehen nach dem Heron-Verfahren“ als `sqrt_h` (in Anlehnung an die in manchen Programmiersprachen eingebauten Funktion `SQRT` „*Square Root*“). Drei Parameter werden benötigt: ein Ergebniswert `a` – er wird in der letzten Zeile zurückgegeben. Zwei Eingangswerte, der Ausgangswert (aus der die Wurzel gezogen werden soll) und die vorgegebene Genauigkeit. Aufgerufen wird sie z. B. mit den konstanten Werten 52 und 0,01. Aber natürlich können dort auch Variablen stehen.

```
subroutine sqrt_h(a,zahl,fehler)
* a= 1. Schätzwert und Ergebnisfeld, zahl = Ausgangswert, fehler = Toleranz
a:=1, b:=zahl
do while b-a > fehler
  b:=(a+b)/2
  a:=zahl/b
enddo
return(a)
```

Aufruf z. B. `call sqrt_h(Wurzel,52,0.01)`

Textkasten 1.13 Das „Heronverfahren“ als Unterprogramm

Der Vollständigkeit halber stelle ich Ihnen noch eine Variante vor: „die Funktion“, kurz für „Programmfunktion“. Sie sieht fast genauso aus, liefert aber *selbst* ein Ergebnis zurück, wie `SQRT`. Sie sehen sie in Textkasten 1.14. Wenn Sie genau hinschauen, sehen Sie sofort den Unterschied. Der `return`-Befehl weist der Funktion den Wert zu.

```
function sqrt_h(zahl,fehler)
* a= 1. Schätzwert, zahl = Ausgangswert, fehler = Toleranz
* Ergebnis im Funktionswert sqrt_h
a:=1, b:=zahl
do while b-a > fehler
  b:=(a+b)/2
  a:=zahl/b
enddo
return(a)
```

Aufruf z. B. `Wurzel := sqrt_h(52,0.01)`

Textkasten 1.14 Das „Heronverfahren“ als Programmfunktion

Sortier', schnell!

Wir haben ja gerade einen Algorithmus als Rechenformel zum Wurzelziehen kennengelernt. Einen Algorithmus brauchen Sie auch, um Daten zu sortieren. Die Aufgabe ist: Bringen Sie die Zahlen in der oberen Reihe in Abb. 1.18 in eine aufsteigende Reihenfolge. Lassen Sie sich von dem Bild nicht täuschen. Wenn Sie mit schnellem Blick feststellen, welches die nächsthöhere Nummer ist, wird es bei großen Datenmengen (100, 1000, 10.000 oder mehr) schon kritisch. Und der Computer ist ja eine simple Maschine, denn ein einfacher Algorithmus würde Feld für Feld einzeln durchgehen. Er würde beim ersten Wert fragen: „Bist du der kleinste?“, beim nächsten dito, beim übernächsten ebenso und so weiter. Also eine DO-Schleife quer durch den ganzen Datenbestand. Und bei der Suche nach der nächstgrößeren Zahl dasselbe noch einmal. Bei einem Datenbestand von n Feldern (Zahlen oder Texte wie im Telefonbuch) sind das ungefähr $n^2/2$ Durchläufe. Vor einem halben Jahrhundert: Horror! Und heute mit schnellen Computern (aber auch größeren Datenmengen) immer noch ein Problem.

Denken Sie wie ein Computer! Wie gehen Sie vor? Ein bekannter Algorithmus vergleicht der Reihe nach zwei benachbarte Elemente und vertauscht sie, falls sie in der falschen Reihenfolge vorliegen. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis keine Vertauschungen mehr nötig sind. Hierzu sind in der Regel mehrere Durchläufe erforderlich. Das *dauert!*

Schauen wir uns den Sortieralgorithmus genauer an: Beim Durchlaufen des Feldes werden die jeweiligen Nachbarelemente miteinander verglichen und ggf. ausgetauscht. Am Ende des ersten Laufs befindet sich das größte Element am Feldende. Dieser Vorgang wird nun erneut gestartet, allerdings diesmal ohne das letzte Element. Danach hat man das zweitgrößte Element gefunden. Der ganze Vorgang wird nun so oft wiederholt, bis das gesamte

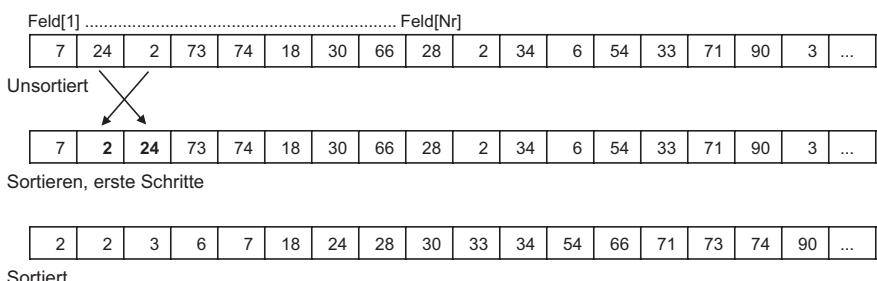


Abb. 1.18 Ein einfacher Sortievorgang: Vertauschung von Elementen beim *Bubble Sort*

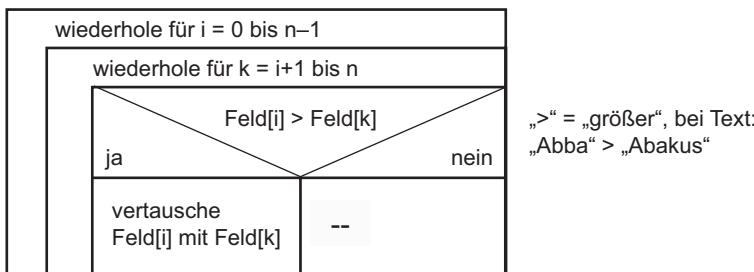


Abb. 1.19 Das Struktogramm zum *Ripple Sort*

Feld sortiert ist. Der Name des Verfahrens beschreibt den Vorgang anschaulich: *Bubble Sort* (Blasen-Sortierung). Beim Durchlaufen des Zahlenbereiches wandern die großen Elemente wie Luftblasen im Wasser nach oben, so dass die Liste sortiert wird.

Der Bruder des Verfahrens heißt *Ripple Sort*. Beim Durchlaufen des Zahlenbereiches wandern nicht die großen Elemente nach hinten, sondern die kleinen nach vorne. Das Vorgehen sehen Sie im Struktogramm (Abb. 1.19).

Das läuft wie folgt: Die äußere DO-Schleife läuft von 0 bis $n - 1$, die innere aber nur von $i + 1$ bis n . Ist die vorhandene Zahl im Feld Nr. i größer als die betrachtete Zahl Nr. k , dann werden sie vertauscht. Sonst („nein“ = ELSE) bleibt sie am Platz. Am Ende des ersten Laufs befindet sich das kleinste Element am Feldanfang. Dieser Vorgang wird nun erneut gestartet, allerdings diesmal ohne das erste Element. Danach hat man das zweitkleinste Element gefunden. Der ganze Vorgang wird nun so oft wiederholt, bis das gesamte Feld sortiert ist. Der Name des Verfahrens beschreibt den Vorgang anschaulich. Die kleinsten Elemente schieben sich wie kleine Wellen nach vorn, so dass die Liste sortiert wird.⁵⁶

Es gibt über 20 Sortierverfahren mit teils lustigen Namen, u. a. den *Shaker Sort*, auch als *Cocktail Sort* bezeichnet. Der zu sortierende Bereich wird abwechselnd nach oben und nach unten durchlaufen. Dabei werden jeweils zwei benachbarte Elemente verglichen und gegebenenfalls vertauscht. Nicht zu vergessen *Quick Sort* („schnell sortieren“), dessen Name schon seine Vorteile beschreibt. Im Netz finden Sie viele Beispiele, sogar Animationen der

⁵⁶Quelle der beiden Sortierverfahren mit freundlicher Genehmigung von Tino Hempel „Informatikmaterialien“, Richard-Wossidlo-Gymnasium Ribnitz-Damgarten, Fachbereich Informatik (<https://tino-hempel.de/info/info/ti/bubblesort.htm> und [.../ripplesort.htm](https://tino-hempel.de/info/info/ti/ripplesort.htm)).

Sortierverfahren und sogar deren Klang.⁵⁷ Es gibt auch einen *Monkey Sort* oder *Stupid Sort*, aber der ist nicht zu empfehlen. Wie der Name schon sagt, ist er unsinnig, denn es ist eine Art Monte-Carlo-Technik: Der Zufall regiert. Die Felder werden so lange zufällig gemischt, bis sie sortiert sind. Das kann extrem lange dauern.

Und da erinnert sich der IT-Veteran: „Ich meine, wenn man schon Peter Schnell heißt, was kann man da machen?! Man interessiert sich dafür, wie man möglichst einfach und schnell lange Zahlen- oder Textketten sortiert. Mit welchem Algorithmus geht man da ran? Gute Frage, denn bei allen damals bekannten Sortierverfahren stieg der Aufwand mit n mal $\log(n)$, bei vielen langsameren Algorithmen sogar mit n Quadrat.“

„Äh, was heißt das?“

„Das ‚ \log ‘ steht für ‚Logarithmus‘, eine Art Verkleinerungsrechnung. Der Logarithmus von 100 ist 2, der von 1000 ist 3, der von 10.000 ist 4. Man zählt nur die Nullen, sozusagen. Das heißt: Erhöht sich die Anzahl der Elemente um den Faktor 10, so erhöht sich die Anzahl der Vergleiche ca. um den Faktor 10, bei einem langsamen Algorithmus aber um 100. Bei einer hundertfachen Menge braucht man mindestens 200-mal mehr Vergleiche, aber vielleicht auch 10.000-mal mehr.“

„O! Und Schnell ...“

„... den wir ‚Sortier-Schnell‘ nannten, hat sich ein Sortierverfahren ausgedacht, das so genannte ‚Mehrfachschichten‘. Ein Verfahren, das damals besonders fix sortieren konnte.“⁵⁸

„Das sieht man, was clevere Denker zustande bringen. Da wundert man sich aber immer noch, wie Googles Suchalgorithmus, der Billionen von Seiten durchsucht, so schnell sein kann!“

„Ja, das ist eine andere Geschichte. Darauf kommen wir noch zurück.“⁵⁹

Bleibt noch anzumerken, dass es neben den Sortieralgorithmen auch noch eine Vielzahl von Suchalgorithmen gibt. Wenn man eine sortierte Liste von Begriffen nebst Fundstellen hat (wie unser Personen- und Sachregister am Buchende), dann möchte man darin möglichst effektiv suchen können. Googles riesiger Suchindex ist ein Beispiel dafür, auf den wir in Abschn. 3.1 zu sprechen kommen.

⁵⁷ „Sorting Algorithms Animations“ auf <https://www.toptal.com/developers/sorting-algorithms> und „What different sorting algorithms sound like“ auf <https://www.youtube.com/watch?v=t8g-iYGHpEA>. Besonders informativ ist Darryl K. Nester: „Java and JavaScript projects/Sorting Algorithms demonstrations“ auf der Seite *Bluffton University*, Ohio. (<http://www.bluffton.edu/homepages/facstaff/nesterd/java/SortingDemo.html>).

⁵⁸ Peter Schnell, Dieter Stephan: „Einige Algol-Programme für Sortierverfahren“ in *Blätter der deutschen Versicherungswirtschaft*, Band V, Heft 3, S. 349, Oktober 1961, Konrad Triltsch Verlag, Würzburg.

⁵⁹ Siehe „Suchen, aber *was?* Wie finden wir, was wir suchen wollen?“ in Abschn. 3.1.

Das Münchhausen-Programm

Erwähnte ich es schon? Eines meiner Lieblingsthemen ist die Selbstbezüglichkeit. Schauen Sie sich folgende Geschichte an: „In einem Dorf lebt ein einziger Barbier, der alle Männer des Dorfes rasiert, die sich nicht selbst rasieren.“⁶⁰ Und nun kommt die spannende Frage: Rasiert der Barbier sich selbst oder nicht? Nein, hier kommen Sie nicht mehr heraus! Der Barbier rasiert sich selbst: Geht nicht, denn er rasiert nur die, die sich *nicht* selbst rasieren. Der Barbier rasiert sich *nicht* selbst: Geht auch nicht, denn er *rasiert ja* alle, die sich nicht selbst rasieren. Der Satz ist weder logisch WAHR noch logisch FALSCH, sondern unentscheidbar. Diese Paradoxie geistert seit der Antike durch die Geschichte und wurde durch Bertrand Russell im Jahre 1918 als „Russell’sche Antinomie“ bekannt.⁶¹ Das nur am Rande.

Hieronymus Carl Friedrich von Münchhausen gilt ja praktisch als Erfinder der *Fake News*, denn man nannte ihn den „Lügenbaron“. Er „erfand“ als paradoxes Beispiel für Selbstbezüglichkeit die Story, dass er *sich selbst* samt Pferd am eigenen Schopf aus dem Sumpf gezogen habe. Und damit komme ich nun zur Sache: dem „Münchhausen-Programm“, in der Fachsprache „Rekursion“ genannt. Ein Programm, das *sich selbst* aufruft. Ja, wie geht denn *das*?! Und wozu ist das gut? Zumindest als schönes Beispiel für einen Algorithmus.

Sie kennen ja sicher diese Geschichte – sie ist die gleiche wie im vergangenen Jahr, ja wie in jedem Jahr (*The same procedure as every year*). Eine alte Dame, Miss Sophie, feiert ihren 90. Geburtstag. Dazu hat sie ihre vier engsten Freunde eingeladen: Sir Toby, Admiral von Schneider, Mr. Pommeroy und Mr. Winterbottom. Sie sind jedoch alle bereits verstorben, deswegen muss Butler James ihre Rollen übernehmen.⁶² Aber nehmen wir an, die vier Herrschaften sind anwesend und jeder will mit jedem anstoßen (der Butler hat Feierabend). Wie oft erklingen die Gläser?

Miss Sophie stößt mit ihren 4 Gästen an, Sir Toby mit den 3 anderen, Admiral von Schneider mit den restlichen 2 (denn Sir Toby ist schon durch) und Mr. Pommeroy hat nur noch einen, Mr. Winterbottom. Die Zahl der „Anstöße“ bei 5 Personen ist $4 + 3 + 2 + 1$. Würde man den Butler großzügig

⁶⁰Wobei – wie bei den Mathematikern – mit „alle“ nun wirklich ausnahmslos *alle* gemeint sind und es nicht umgangssprachlich als „sehr viele“ oder „die allermeisten“ interpretiert wird.

⁶¹Z. B. als „Sophismus des Euathlos“ (ca. 450 v. Chr.). Bertrand Russell (1872–1970): britischer Philosoph, Mathematiker und Logiker. Das Barbier-Paradoxon ist eine anschauliche Darstellung der „Russell’schen Antinomie“.

⁶²Frei nach https://de.wikipedia.org/wiki/Dinner_for_One.

als sechste Person dazubitten, kämen 5 Anstöße hinzu. Also ist die Summe bei 5 Personen gleich 10 bzw. bei sechs gleich 15. Oder anders: Für n Personen ist die Zahl Z der Anstöße gleich $n - 1$ plus die Zahl der Anstöße für $n - 1$ Personen. Das „schreit“ nach einer Rekursion. Als Rechenvorschrift haben wir $Z(n) = (n - 1) + Z(n - 1)$.⁶³

```
function z:= prost(n)
* z= Zahl der Begegnungen, n = Zahl der Personen
n:=rnd(n,0) * Runden von n auf ganze Zahl
if n < 2
then z:=0
else z:=(n-1)+prost(n-1)
endif
```

Aufruf z. B. Handshake := prost(5)

Textkasten 1.15 Eine „rekursive“ Programmfunction ruft sich selbst auf

Dazu bauen wir eine Programmfunction (Textkasten 1.15). Dort wird also Folgendes berechnet: $\text{Handshake} := 4 + \text{prost}(4)$, $:= 4 + 3 + \text{prost}(3)$, $:= 4 + 3 + 2 + \text{prost}(2)$, $:= 4 + 3 + 2 + 1 + \text{prost}(1)$, $:= 4 + 3 + 2 + 1 + 0 = 10$.⁶⁴ Der vorsichtige Programmierer stellt sicher, dass nichts schief geht, denn – wie wir schon betont hatten – er muss an *alles* denken, z. B. dass jemand schreibt: $xyz = \text{prost}(\text{anzahl})$ und in *anzahl* ist keine ganze Zahl, sondern 5,5. Daher der Rundungsbefehl am Anfang der Funktion.

Ein Sonderfall eines Algorithmus: die Tabellenkalkulation

Der bekannteste Vertreter der Tabellenkalkulation hat den schönen Namen *Excel*, vermutlich von *excellence*, Spitzenleistung (ein schon etwas fortgeschrittenes Beispiel haben Sie ja schon ohne Kommentar in Abb. 1.17 gesehen). Natürlich ist es auch Software wie ein Programm, aber anders. Ein Programm wird geschrieben, von einer HLL in Assembler und von dort in Maschinencode umgewandelt und dann ausgeführt. Die Tabellenkalkulation

⁶³Mathematisch Versierte werden mir vorhalten, dass sich die Aufgabe viel einfacher mit dem „kleinen Gauß“ $Z = n \cdot (n - 1)/2$ (nach dem Mathematiker Carl Friedrich Gauß) erledigen lässt. Recht haben sie, aber ich wollte ja nur die Rekursion mit einer netten Geschichte garnieren.

⁶⁴In Anlehnung an Moritz Lenz: „Rekursion erklärt“ auf perlgeek (<https://perlgeek.de/de/artikel/rekursion>).

B2	$f_x = B1^2 + 1$				
	A	B	C	D	E
1	1	2	3	4	5
2	2	5	10	17	26
3	1,414214	2,236068	3,162278	4,123106	5,099020
4					

Abb. 1.20 Einfache Berechnungen in einer Tabellenkalkulation

ähnelt eher einem Interpreter wie bei APL: Jede eingetippte Zahl und jeder „Befehl“ (dort „Formel“ genannt) wird *sofort* ausgeführt. Als allgemein verwendbare Datenstruktur dient eine Tabelle (wer hätte das gedacht?!). Sie besteht einfach aus nummerierten Zeilen und mit Buchstaben gekennzeichneten Spalten. Ein Beispiel macht das Prinzip sofort deutlich (und mehr wollen wir uns hier auch nicht ansehen). In Abb. 1.20 sehen Sie ein paar einfache Berechnungen. Mit meinem Mauszeiger habe ich das Tabellenfeld B2 ausgewählt, wie Sie an dem dunklen Rahmen und der Anzeige links oben sehen. Als Formel habe ich hinter dem $f_x = B1^2 + 1$ eingetippt, also (nur zum Spaß) B2 zum Quadrat plus 1. Diese Berechnung kann ich ganz einfach für alle Spalten der Zeile 2 übernehmen. In Feld A3 habe ich als Formel (eine von zig eingebauten Rechenverfahren) „=WURZEL(A2)“ eingegeben und ebenfalls in alle folgenden Spalten B bis E der Zeile 3 übernommen.

Natürlich kann ich alle Felder in ihrem Aussehen (Rahmen, Farbe, Schattierung, Dezimalstellen, Schriftart, ...) verändern und so wahre Design-Kunstwerke erzeugen. Ebenso kann ich statt der Zahlenspielereien im Beispiel sehr sinnvolle und nützliche Berechnungen vornehmen, z. B. den Tilgungsplan für einen Hypothekenkredit. Ändere ich *eine* Zahl (z. B. in B1), ändern sich die aufgrund der Formeln bestimmten Ergebnisse (hier in B2 und B3) im gleichen Augenblick. Und die mit Buchstaben und Ziffern angesprochenen Felder muss ich natürlich nicht eintippen – ich klicke einfach mit der Maus darauf.

Die Analogie zum Pascal-Programm aus Textkasten 1.7 sehen Sie in Abb. 1.21. Das zeigt sehr schön den Unterschied zwischen einem „traditionellen“ Programm und einer Tabellenkalkulation. In G2 steht einfach die Berechnungsvorschrift „=SUMME(B2:F2)“. Fertig.

Eine Fehlermeldung wie im Pascal-Programm (Aufgabe Nr. 4: -3, Fehler: Minuszeichen!) ist nicht vorgesehen, kann aber mit einem einfachen Trick umgesetzt werden (Abb. 1.22). Dort ist das IF-THEN-ELSE sehr elegant realisiert. In der einfachen Version davor wird ein negativer Punktwert von der

		$f_x = \text{SUMME}(B2:F2)$						
		A	B	C	D	E	F	G
1	Aufgabe Nr.	1	2	3	4	5	Summe	
2	Punkte	9	4	7	3	5	28	

Abb. 1.21 Das Pascal-Programm mit Excel/

		$f_x = \text{WENN}(C4 < 0; \text{"*Fehler*"}; \text{RUNDEN}(C4; 0))$							
		A	B	C	D	E	F	G	
1	Aufgabe Nr.	1	2	3	4	5	Summe		
2	Punkte	9	*Fehler*	7	3	5	24		
3									
4	Eingabe:	9	-4	7	3,14	5			

Abb. 1.22 Excel-Programm mit einfacher Fehlerkorrektur über ein separates Eingabefeld

Summe abgezogen. Kann ja Sinn machen: Wenn jemand eine Aufgabe so in den Sand setzt, dass selbst 0 Punkte noch zu viel wären.

Noch etwas Interessantes sieht man in der Rechenformel: die Verkettung von Rechenfunktionen. Deren Format („Syntax“ genannt) ist ja „=WENN(IF-Bedingung;THEN-Ergebnis;ELSE-Ergebnis)“. Für das ELSE-Ergebnis kann man natürlich eine der eingebauten Funktionen einsetzen, hier das Runden des Eingabefeldes auf 0 Dezimalstellen. Elegant, nicht wahr?!

Algorithmen in Natur und Gesellschaft

Gelegentlich tauchen ja Forderungen auf, Algorithmen sollten *Open Source* sein, ihr zugrunde liegender Programmcode also für jeden Sachverständigen einsehbar und verständlich. Eine in meinen Augen etwas naive Vorstellung, denn komplexe Systeme entwickeln eine Eigendynamik, die sie in ihrer Reaktion unvorhersehbar macht, selbst wenn es streng deterministische Systeme sind. „Deterministisch“ heißt, dass ihr Verhalten durch strenge Regeln und die Anfangsbedingungen bestimmt ist. Ein solches System ist etwa eine Raumstation in der Umlaufbahn um die Erde. Die Regeln sind die physikalischen Gesetze, z. B. die Gravitation und die Beschleunigung. Die Anfangsbedingungen sind ihre momentane Geschwindigkeit, die Entfernung von der Erde, ihre Masse und so weiter. Wenn wir die Raumstation mit Hilfe ihrer Steuerdüsen in eine Richtung beschleunigen, wissen wir exakt, was passiert

und wo sie in 6 h sein wird. Anders ist es bei komplexen Systemen mit vielen und unkontrollierbaren Einflussfaktoren, wie etwa dem Wetter. Kennen wir die Randbedingungen einer Wetterzelle über Klein-Auheim, können wir vielleicht mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit das Wetter 6 h später berechnen, aber nie exakt. „Oh, ein Gewitter! Wo kommt *das* denn her?“, fragt der Wetterfrosch. Deswegen – so der berühmte Spruch der Chaostheorie über den „Schmetterlingseffekt“ – kann der Flügelschlag eines Schmetterlings über Mexiko einen Tornado in Texas auslösen.

Was heißt das? Das heißt, dass auch Algorithmen – sofern sie komplexe Systeme beschreiben (und das tun sie häufiger, als man denkt) – „aus dem Ruder“ laufen können. Nehmen wir ein einfaches Beispiel, einen Tier Schwarm. Er ist stabil und immer wunderschön, denn nie gibt es Zusammenstöße oder einen chaotischen Verlauf.

„Darf ich bei euch mitschwimmen?“, fragte die Sardine eine Kollegin am Rande des großen Schwarmes. „Okay“, sagte die Angesprochene in diesem leicht fragenden Ton, als müsse sie noch überlegen, „wenn du dich an die Regeln hältst ...“ „Und die wären?“ „Als erstes natürlich: Komm niemandem zu nahe! Wenn *dir* jemand zu nahe kommt, weiche ein wenig aus. Aber, zweitens, bleib bei unserem Schwarm. Such dir ein paar Nachbarn aus und bewege dich ungefähr zu ihrem geometrischen Mittelpunkt. Und die dritte Regel brauche ich ja eigentlich gar nicht zu erwähnen, so selbstverständlich ist sie: Schwimme nicht einfach ziellos herum, sondern in etwa in dieselbe Richtung wie deine Nachbarn. Dann bist du dabei.“ „Wenn's weiter nichts ist ...“ „Na, dann willkommen im Team!“ „Danke!“

Wissenschaftler trafen Annahmen über die Regeln des Schwarmverhaltens und prüften sie durch Simulationen im Computer. Die einzelnen Tiere sind so genannte „zelluläre Automaten“. Und siehe da, der „elektronische“ Schwarm verhielt sich wie ein Fisch- oder Vogelschwarm. Der Experte für Computergrafik Craig Reynolds versuchte schon 1986, die kollektive Intelligenz der Schwärme durch ein Computerprogramm abzubilden: Wie findet ein Schwarm seine Flugrichtung und sein Tempo? Wie verbinden sich Individuen zu einem einheitlichen Gefüge?

Dabei folgen die einzelnen Individuen offenbar den gerade beschriebenen drei einfachen Regeln:

1. Bewege dich in Richtung des Mittelpunkts derer, die du in deinem Umfeld siehst.
2. Bewege dich weg, sobald dir jemand zu nahe kommt.
3. Bewege dich in etwa in dieselbe Richtung wie deine Nachbarn.

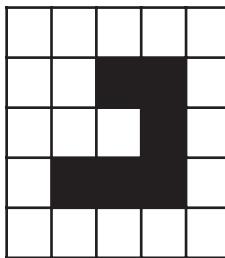


Abb. 1.23 Ein Zellhaufen in Conways „Spiel des Lebens“

Mehr braucht man nicht – schon entstehen „übergeordnete Organismen“: Schwärme. Scheinbar von geheimnisvollen Lebenskräften beeinflusst – und doch nur einfachen Regeln gehorchend. Den Algorithmus, also die Handlungsanweisung zur Schwarmbildung, haben die Tiere verinnerlicht – er ist in ihren Genen gespeichert.⁶⁵

Der Mathematiker John Conway hat sich ähnliche „Organismen“ ausgedacht. In seinem Spiel gibt es Schwärme von „lebendigen“ Wesen, zelluläre Automaten. Es ist unter dem Namen *Conway's Game of Life* (Spiel des Lebens) bekannt geworden.⁶⁶ Es ist eine Art riesiges Schachbrett mit Feldern („Zellen“), in denen fiktive Lebewesen aufgrund eines Automatismus (eines Satzes von Regeln) entstehen und vergehen – daher der Begriff „zellulärer Automat“. Wir würden den Satz von Regeln auch als Algorithmus bezeichnen. Eine mögliche Ausgangssituation auf dem Brett sehen Sie in Abb. 1.23.

Jede Zelle hat auf diesem Spielbrett genau acht Nachbarzellen. Von ihnen und nur von ihnen hängt ihr Schicksal ab. Folgende vier einfache Regeln (der Algorithmus) bestimmen über Leben und Tod jeder Zelle in der nächsten Generation in jedem Feld:

1. In einem leeren Feld mit genau drei lebenden Nachbarn wird in der nächsten Generation eine Zelle neu geboren.
2. Eine lebende Zelle mit zwei oder drei lebenden Nachbarn bleibt in der nächsten Generation erhalten.
3. Lebende Zellen mit weniger als zwei lebenden Nachbarn sterben in der nächsten Generation (durch Isolation und Einsamkeit).
4. Lebende Zellen mit mehr als drei lebenden Nachbarn sterben in der nächsten Generation (wegen Überbevölkerung).

⁶⁵Z. T. wörtlich aus Beetz J (2016) S. 327.

⁶⁶Sehr ausführlich beschrieben auf https://de.wikipedia.org/wiki/Conways_Spiel_des_Lebens.

Das kann man auf einem Schachbrett für einfache Fälle leicht nachspielen. Alle Änderungen erfolgen gleichzeitig (also für jede Zelle simultan und nicht nacheinander). Nach nur wenigen 100 Generationen verwandelt sich der kleine Zellhaufen in Abb. 1.23 in einen wild wuchernden virtuellen Bakterienbrei. Geringfügige Unterschiede in der Ausgangssituation jedoch können zu stabilen Situationen oder gar dem „Tod“ der gesamten Kolonie führen. Ein schönes Beispiel für das Gesetz der Chaostheorie, dass winzige Änderungen in den Anfangs- und Randbedingungen (hier ein in nur einem Feld geändertes Anfangsmuster) zu einem völlig anderen Systemverhalten führen können⁶⁷ (Sie erinnern sich: „Der Flügelschlag eines Schmetterlings über der Mexiko kann einen Tornado in Texas auslösen“).

Eine algorithmische Fischpopulation

Auch ein anderer simpler Algorithmus zeigt den Effekt der chaotischen Entwicklung, sogar noch dramatischer: Diese Geschichte geht auf Robert May⁶⁸ zurück, einen Biologen, der auch gerne ein wenig rechnete. Er zeigt auch die einfache und elegante Verwendung der Tabellenkalkulation. Damals begannen Forscher seines Fachgebietes, die das Wachstum von Populationen untersuchten, statt realer Organismen lieber Modelle zu studieren. Das einfachste Modell, das schnell und ohne Handarbeit zu realisieren und anzupassen ist, ist aber das mathematische Modell. Eine Gleichung. Wie bei jedem Modell vereinfacht es die Realität, vergröbert die Zusammenhänge und lässt scheinbar unbedeutende Einflussfaktoren weg. Insofern liefert es vielleicht interessante Einsichten, aber seine Erkenntnisse sind auch mit Vorsicht auf die „Realität“ zu übertragen.⁶⁹

Da May Biologe war, interessierten ihn Wachstumsprozesse in der Natur. Die Abbildung der Zinseszins-Formel, die ja das Kapitalwachstum beschreibt, war ihm zu einfach. Denn, klar, keine Population wächst unendlich, egal wie lange es dauert. Und alle Wachstumsprozesse nach der Formel „neu = Wachstumsrate × alt“ führen zu immer schnellerer Zunahme der Menge, auch wenn der Wachstumsfaktor klein ist, vielleicht nur 1 %. Eine Korrektur musste her, ein Bremsprozess, eine Gegenkraft – wie sie auch in

⁶⁷Nicht ganz exakt, da es bei deterministischem Chaos ja entscheidend ist, dass *beliebig kleine* Änderungen zu qualitativ anderem Verhalten führen können, während es bei der diskreten Struktur des *Game of Life* gar keine beliebig kleinen Änderungen gibt.

⁶⁸Robert May: „Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics“, *Nature* 261, 1976.

⁶⁹Dies und der folgende Text aus Jürgen Beetz: „Denken, Nach-Denken, Handeln. Triviale Einsichten, die niemand befolgt“, Alibri, Aschaffenburg 2010, S. 193.

der Natur in Form von knapper werdendem Futter oder vorhandenen Fressfeinden vorkommt. May dachte an Fische, die in einem Teich leben, sich hier fröhlich vermehren, aber irgendwann einmal zu viele werden: Sie fressen sich gegenseitig das Futter weg, geraten unter Dichtestress, ersticken vielleicht an ihren Ausscheidungen.

So fügte er, fast nur aus einer Laune heraus, einen weiteren Faktor an, der das Wachstum der Fische verlangsamen sollte. Er multiplizierte die alte Population zusätzlich mit „ $1 - \text{alt}$ “, ein Faktor, der mit wachsendem „ alt “ immer kleiner wird, also die schrumpfenden Ressourcen nachbildet. Dabei kümmerte er sich nicht um die absolute Zahl der Fische, sondern nur um relative Werte zwischen 0 und 1, also „alle gestorben“ und „Lebensraum zu 100 % voll“. Die Formel für jeden Rechenschritt (den „Iterationsprozess“, wie Sie nun wissen) lautet also „ $\text{neu} = \text{Wachstumsrate} \times \text{alt} \times (1 - \text{alt})$ “, und dieser Wert „ neu “ wird für den *nächsten* Rechenschritt zum alten Wert. Ganz einfach und selbst zu dieser Zeit (es gab noch keinen PC!) mit einem Taschenrechner zu bewältigen. Wenn wir uns das genau anschauen, schwant uns Unheil: Da ist doch eine Nichtlinearität eingebaut! Das wird nicht gut gehen! Denn wenn man die Formel so umbaut, wie es uns früher einmal beigebracht worden ist, dann ergibt sich „ $\text{neu} = \text{Wachstumsrate} \times (\text{alt} - \text{alt} \times \text{alt})$ “ oder „ $\text{neu} = \text{Wachstumsrate} \times (\text{alt} - \text{alt}^2)$ “. Da ist der nichtlineare Bestandteil: das quadratische Korrekturglied „ alt^2 “. Es wird zwar klein sein, denn „ neu “ wie „ alt “, die Populationen, sind ja auf Werte zwischen 0 und 1 „transformiert“ – aber ... na ja, mal sehen!

May wollte nun so rechnen: Er wollte das „ alt “ als Anfangspopulation festlegen und das damit errechnete „ neu “ als alte Population wieder im zweiten Durchgang in die Formel einfließen lassen. Am Anfang, so dachte er sich, wollte er mit einer ganz kleinen Bevölkerung beginnen (er wählte „ $\text{alt} = 2\%$ “, also 0,02), die sich aber sehr freudig vermehren sollte (um das 2,7-Fache in jeder Generation, also mehr als eine Verdopplung!).

Die ersten Werte der Bevölkerung im virtuellen Fischteich kann man noch leicht selber rechnen bzw. schätzen. Das Ergebnis von $2,7 \times 2\% \times (100\% - 2\%)$ ist etwas weniger als 5,4 % (sagen wir: 5,3 %), da wir das Korrekturglied $(1 - \text{alt})$ mit 98 % fast vernachlässigen können. Die 3. Generation errechnet sich aus $2,7 \times 5,3\% \times (100\% - 5,3\%)$. Das sind so über den dicken Daumen 13,5 %. Nun fängt das Korrekturglied langsam an zu wirken. Der Rechenprozess wird aufwendiger.

Wir haben es da einfacher. Wo ist denn unser *Excel-Profi*? Er soll uns das doch gleich in die richtige Formel übersetzen (Abb. 1.24). Damit beim Kopieren der Formel die Wachstumsrate fest bleibt, musste das Feld A2 in der Formel f_x mit Dollarzeichen garniert werden: \$A\$2. Dort sehen Sie für

B6	$f_x = \$A\$2 * B5 * (1 - B5)$	
	A	B
1	Wachstumsrate r	Anfangspopulation
2	2,7	0,02
3		
4	Generation	Population
5	1	0,02
6	2	0,05292
7	3	0,135322579
8	4	0,315928022

Abb. 1.24 Excel-Berechnung der Fischpopulation

das aktuelle Feld B6 die May'sche Rechenformel. Na gut, das sind technische Tricks.

Was kam denn nun dabei heraus? May begann ja mit einer Anfangspopulation von 0,02 (2 % Lebewesen) und einer saftigen Wachstumsrate von 2,7. Entsprechend steigt die Bevölkerung dann auch rasant an, auf 5,29 % und dann auf 13,53 %, wie Sie in Abb. 1.24 noch erkennen können. Die berechneten Zahlen stimmen mit unserer obigen Schätzung überein. Wie geht es weiter? Nach anfänglicher Beschleunigung des Wachstums setzt der Bremsfaktor ein. Beim Übergang von der 5. auf die 6. Generation verlangsamt sich das Wachstum dramatisch. Dann schwingt die Bevölkerung ein wenig über den Wert, auf dem sie sich danach stabilisiert: 62,9 %. Fantastisch!

Natürlich ist die Generationenfolge stark vom Wachstumsfaktor abhängig. Bei einer Rate von nur 0,5 stirbt die Bevölkerung ziemlich rasch aus, zwischen 1,05 bis 1,06 erfolgt der Übergang vom Schrumpfen zum Wachstum, der Faktor ca. 1,8 bis 2 erzeugt eine schöne S-förmig geschwungene Übergangskurve – und der Wert 1,8 bleibt bei lustigen 44,4444 % Endstand stehen.

So weit, so gut. Der Rest ist nun eigentlich klar. Die Vorhersage für künftige Generationen ist in allen diesen Fällen möglich, sicher und exakt. Werden unsere Fischchen also noch kopulationsfreudiger (über 2,7 hinaus), wird ihre Bevölkerung noch weiter über das Ziel, den stabilen Endzustand, hinausschießen und sich dann dort langsam einpendeln. Logisch! Im Matheunterricht lernen wir ja das Stetigkeitsprinzip: dass so einfache Formeln keine Sprünge machen.

Wie läuft das aber *genau* weiter? Nun juckten May aber die Finger und er machte sich die fürchterliche Arbeit, das präzise durchzurechnen. Erinnern Sie sich, er hatte keinen PC, wo die Änderung einer Zahl (z. B. der Wachstumsrate) sofort einen Haufen neuer Zahlen auf den Bildschirm zaubert – er musste lange Zahlenkolonnen mit dem Taschenrechner produzieren. Also lassen wir ihn in seinem Stübchen sitzen und machen uns selbst ans Experimentieren.

Was passiert eigentlich, wenn wir die sexuelle Aktivität unserer virtuellen Fischbevölkerung steigern und die Wachstumsrate z. B. auf 3 erhöhen? Viele Bakterien, Phytoplankton-Schwärme und andere Kolonien wachsen ebenso schnell, von Viren ganz zu schweigen. Hoppla! Der Einschwingvorgang scheint sich ja gar nicht zu beruhigen – er pendelt bis weit über die 30. Generation zwischen 60 % und 72 % hin und her. Na, dann gehen wir halt noch ein paar Punkte höher: Wachstumsrate = 3,5. Jetzt tritt Chaos ein, im wahrsten Sinn des Wortes, denn der Einschwingvorgang gerät völlig außer Kontrolle. Robert May rieb sich die Augen und glaubte nicht, was er sah. Jetzt rutschte die familiäre Harmonie in den Keller, denn er begann wie wild weiter zu rechnen. Bei einer Wachstumsrate von 4 war das Chaos perfekt: Die 12. und 13. Generation war nahezu ausgelöscht – obwohl sie doch im nassen Bett so fleißig gewesen waren!

Bevor Sie nun fragen, was das alles soll und was das alles mit dem Thema des Buches zu tun hat (eine Frage, die ich Ihnen gleich beantworten werde), kann ich Ihnen einen Blick auf die weitere Entwicklung nicht ersparen. Denn jetzt wird es ganz wild, wenn wir die Wachstumsrate = 3,81 setzen: In den ersten Generationen foppen uns die Fische und gaukeln ein „normales“ Wachstum vor – danach geraten sie außer Rand und Band! Bei noch höheren Werten hat die Simulation sie fast ganz ausgerottet,⁷⁰ und bei noch höheren Werten kippt die gesamte Gleichung um – und dabei war sie doch so einfach: einfach nur eine kurze Formel! Eine kleine Änderung der Wachstumsrate hat tief greifende Konsequenzen. Wer hätte das gedacht!? May, Sie und ich hatten es nicht gedacht – wir hatten ja oben vermutet, das pendele sich alles ein. Von wegen: Logik! Und die Vorhersagen für künftige Generationen sind nun unmöglich, völlig unsicher und reiner Zufall. Aber es ist dieselbe primitive Formel, die ihr Verhalten so drastisch ändert, nachdem nur ein Parameter verstellt wurde.

⁷⁰Hoffentlich folgt nicht auch auf den explosionsartigen Anstieg der Weltbevölkerung ein chaotisches Verhalten!

Was hat Robert May, was haben Heerscharen von Wissenschaftlern und Philosophen und schließlich auch Sie daraus gelernt? Viele Prozesse und die sie modellierenden Algorithmen erzeugen unter bestimmten Randbedingungen (hier die Wachstumsrate) nahezu unvorhersagbare Ergebnisse, die wie Zufall aussehen, obwohl sie doch auf einfachsten und strengsten Gesetzmäßigkeiten (hier einer simplen Rechenformel für die neue Generation) beruhen. Im „wirklichen Leben“ sind ja nicht nur die Verhaltensregeln erheblich komplexer, sondern die Veränderungen erfolgen auch kontinuierlich und nicht in einzelnen Generationsschritten. Da darf es uns nicht wundern, wenn manche reale Prozesse noch chaotischer ablaufen. Na, das war ein Schlag ins Kontor der Deterministen, die (wie Sir Isaac Newton im 16. Jahrhundert oder der Marquis de Laplace hundert Jahre später) glaubten, die Welt sei berechenbar und vorhersagbar wie ein riesiges Uhrwerk! Gut, dass die beiden zu dieser Zeit schon über zweihundert Jahre tot waren!

Damit haben wir nun ein massives Problem mit dem Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung und der Vorhersagbarkeit von Entwicklungen. Ursache und Wirkung müssen für unser Gerechtigkeitsgefühl auch quantitativ in einem gewissen Verhältnis zueinander stehen; nicht umsonst spricht man im Juristischen von der „Verhältnismäßigkeit der Mittel“, und auch der Volksmund möchte nicht „mit Kanonen auf Spatzen schießen“. Aber das Leben ist oft erstaunlich lakonisch: treffend, trocken, schmucklos und (im Sinne unserer Ausführungen) chaotisch. Kleinste Eingriffe führen zu großen Veränderungen. Der Teufel steckt eben immer noch im Detail. Spatzen (hätten wir mal mit Kanonen auf sie geschossen!) bringen Jumbos zum Absturz. Ist der Pass um einen Tag abgelaufen, darf man nicht in ein fremdes Land einreisen und muss über den ganzen Ozean zurückfliegen. Keine Bürokratie lässt „fünfe gerade“ sein (ein Computer schon gar nicht!), aber auch viele technische, soziale und auch natürliche Prozesse sind sehr intolerant gegenüber kleinen Störungen und erzeugen gravierende Wirkungen aus winzigen Ursachen.

Jetzt erkennen Sie die Konsequenzen, die inzwischen einen neuen Wissenschaftszweig hervorgebracht haben: die „Komplexitätsforschung“. Wenn es für lineare Systeme das Prinzip von Ursache und daran angepasster Wirkung gibt, dann gilt das für nichtlineare und iterative Systeme noch lange nicht. Die Forscher folgern daraus, dass deswegen die Artenvielfalt in der Natur auf wenigen Grundbausteinen beruhen kann und das Gehirn aus wenigen Typen von Nerven – dass gleichwohl durch Selbstorganisation, Selbstbezüglichkeit, Rückkopplung, Iteration (alles mehr oder weniger

Umschreibungen für dasselbe Prinzip) komplexe, undurchschaubare, scheinbar zufällige und oft lebende⁷¹ Systeme entstehen.

Aber was *ist* Komplexität? Grob gesagt bedeutet es Strukturen und Muster, die sich nicht weiter vereinfachen lassen. Die Vielfalt der Details lässt sich nicht weiter reduzieren, ohne Information zu verlieren. Ein Beispiel: Eine zufällige, bunt gemischte Folge vieler Ziffern ist komplex. Sind sie alle sortiert, lässt sich ihr Inhalt vereinfachen: „4 mal die 1, 2 mal die 2, 7 mal die 3, 12 mal die 4, ...“. Für die Zufallsfolge aber gibt es keine vereinfachende Angabe. Zum Beispiel gibt es keine Rechenvorschrift, durch die die komplexe Struktur einer DNA vereinfacht beschrieben werden kann. Gäbe es sie aber, wäre die Struktur der DNA nicht mehr „komplex“, sondern nur noch kompliziert. Vielleicht stellt die unsortierte Ziffernfolge eine Information dar?! Ihren formalen Gehalt kann man in *Bit* messen. Aber was *bedeutet* sie? Wenn Sie eine SMS mit dem Inhalt „menon ganbekim“ bekommen, fragen Sie sich sicher: Esperanto? Vola-pük? Klingonisch? Sortiert hilft es Ihnen auch nicht weiter: „abeegikmmnnno“. Der Bit-Gehalt ist erreichbar, nicht aber die Bedeutung. Dabei wäre es doch – richtig angeordnet – ganz einfach: „bin angekommen“.

Damit sind wir schon bei einer möglichen Definition des Begriffes: Chaos ist Ordnung, die wir nicht erkennen oder nicht verstehen. Im Sinne meiner Betrachtungsweise wollte ich aber weniger das „fertige Endprodukt“, den statischen Zustand „Chaos“ beleuchten, als den dynamischen Prozess chaotischen Verhaltens, die Folge von Zuständen. Wie wir gesehen haben, resultiert es aus dem Verhalten einfacher oder komplexer nichtlinearer dynamischer rückgekoppelter Systeme. Es hat nichts mit Reglosigkeit, Unordnung, Zufall oder Unbestimmtheit zu tun, sondern ist das Verhalten deterministischer Systeme – manchmal so einfacher Systeme, dass wir es sogar mit simplen mathematischen oder physikalischen Modellen erzeugen konnten.

Was wollen wir damit sagen? Schon simple und erst recht komplexe Algorithmen können seltsame und falsche Ergebnisse produzieren. Sie sind nicht „vernünftig“, sie haben keine menschliche Urteilskraft. Sie können einen Stanislaw Jewgrafowitsch Petrow, der einem Algorithmus mit gesundem Menschenverstand widerstand (die Geschichte werden wir in Abschn. 3.3 kurz erzählen), nicht ersetzen.

Manche komplexen Systeme wie das Wetter sind blind gegenüber unseren Prognosen. Der menschliche Entwicklungsprozess hingegen reagiert darauf.

⁷¹In welchem Sinn auch immer: streng biologisch oder auch im übertragenen Sinn, z. B. als „zellulärer Automat“ auf dem Computer wie *Conways Game of Life* oder *Daisyworld*, der Simulation eines selbst-regulierenden Systems von James Lovelock und Andrew Watson. Sie veröffentlichten dieses Modell 1983, um die Ausprägung diverser Umweltparameter eines belebten Planeten durch das Leben selbst zu illustrieren (Schöne Animation in <http://library.thinkquest.org/C003763/flash/gaia1.htm>).

In diesem Fall ist es sogar so: Je besser unsere Vorhersagen sind, desto mehr Reaktion rufen sie hervor. Das heißt paradoxe Weise aber auch: Je mehr Daten wir sammeln und je besser wir alle diese Daten verarbeiten können, desto wilder und unerwarteter werden die Ereignisse. Je mehr wir wissen, desto weniger können wir vorhersagen.⁷²

Nach diesem kleinen Ausflug zurück zu Algorithmen. Doch nun ist es genug mit der reinen Rechnerei. Wie können Texte – Buchstaben, Wörter, Sätze, ganze Bücher – „verarbeitet“ werden?

Mit Zahlen kann man rechnen, aber was kann man mit Text?

Der dumme Computer versteht keine Texte (auch wenn es interessante Versuche dazu gibt, denen Sie im Abschn. 3.4 begegnen werden). Er sieht sie als reine Bitkette wie in Textkasten 1.2. Dort steht „Wenn Sie das lesen könnten!“ in binär verschlüsselter Form. Lesen oder gar verstehen kann es der Computer nicht. Was aber kann eine Maschine sonst damit anfangen?

Textverarbeitung kommt im Wesentlichen in zwei Geschmacksrichtungen: Textmanipulation und Textgestaltung.

Bei der Textmanipulation finden wir die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche, von der Sortierung von Wortlisten über die Rechtschreibkorrektur bis zur automatischen Übersetzung oder der Generierung von Texten. Schauen wir uns einige Beispiele an:

- Buchstaben Wörter, Sätze, Absätze lassen sich löschen, einfügen oder umgruppieren.
- Meine Autokorrektur-Optionen ersetzen „MfG“ durch „Mit freundlichen Grüßen“.
- „Suchen/ersetzen“ verwandelt jedes Adjektiv „tod“ in das korrekte „tot“ (es verwendet einen Algorithmusbaustein: die DO-Schleife!),
- Komplexe Funktionen wie die Erzeugung eines Indexeintrages.⁷³

Haben Sie sich schon manchmal gewundert, dass Suchmaschinen Ihre Schreibfehler verbessern oder Ihnen Vorschläge machen, die von der exakten Schreibweise Ihres Suchbegriffes abweichen? So wie ein Mensch nachfragen würde: „Lybien? Du meinst wohl Libyen!“ Was steckt dahinter? Sind es

⁷²Wörtlich aus Harari Y (2017) S. 82.

⁷³{XE „blabla“} erzeugt einen Indexeintrag mit Seitennummer, {XE „blaba“ \t „Siehe Unsinn“} einen Querverweis ohne Seitennummer.

„gebildete Maschinen“, so wie wir von einem „gebildeten Menschen“ reden würden? Nein, es sind Algorithmen – oder, neuerdings, „lernende“ Systeme, also die „künstliche Intelligenz“. Dumm nur: Die Hälfte der Deutschen weiß nicht, was „KI“ ist. Da wird es sich lohnen, gründlich darauf einzugehen (Abschn. 1.7 und 3.3).⁷⁴

Zur Textgestaltung erfinden wir neue Sprachen

Zur Textgestaltung haben sich die Computerfreaks eine neue Sprache einfallen lassen, sogar eine ganze Familie von Sprachen: die *Tag Languages* (frei übersetzt: Markierungssprachen, von engl. *to tag* „markieren“). Denn warum nicht das „Programm“, die Anweisungen zur Gestaltung des Textes, mit den Daten, dem Text selbst, mischen? Dann sieht man sofort, wie er gestaltet werden soll: Absätze, Überschriften verschiedener Gliederungsstufen, Fett- oder Kursivschrift, verschiedene Schrifttypen und so weiter. Pappen wir einfach Aufkleber wie gelbe Klebezettelchen in den Text, die später nicht sichtbar sind. Sie müssen natürlich Anfang und Ende der Textkette markieren, wie Sie in den Beispielen in Textkasten 1.16 sehen. Das Ergebnis dieser „Textmarkierungssprache“ (*Text Markup Language*) sehen Sie direkt darunter. „Hypertext“ bedeutet eine spezielle Eigenart dieser Sprache – die Fähigkeit, im Text einen „Link“ zu setzen oder einen Befehl einzubauen.

Text:

```
<h1>Textverarbeitung</h1><br><h2>Beispiel für  
HTML</h2><br><b>HTML</b> (engl. <i>Hypertext Markup  
Language</i>) ist ein typischer Vertreter dieser ... Wenn Sie mehr wissen  
wollen, klicken Sie <a href="mailto:m.mustermann@domain.de">hier  
</a>
```

Ergebnis:

Textverarbeitung

Beispiel für HTML

HTML (engl. *Hypertext Markup Language*) ist ein typischer Vertreter dieser ...
Wenn Sie mehr wissen wollen, klicken Sie hier.

Textkasten 1.16 Beispiele für Sprachelemente einer *Tag Language*

⁷⁴Susanne Preuß: „Technik der Zukunft: Die Hälfte der Deutschen weiß nicht, was KI ist“ auf FAZ.net vom 19.11.2018 (<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/kuenstliche-intelligenz/die-haelfte-der-deutschen-weiss-nicht-was-ki-ist-15898006.html>).

Im Textkasten 1.16 sehen Sie oben unter „Text:“ den Zeichenstrom, der sozusagen über die Leitung geht. Text gemischt mit „*Markups*“ des „*Hypertexts*“, erkennbar an den eckigen Klammern „<>“. Sie treten meist in Paaren auf, um Anfang und Ende zu kennzeichnen, wie bei der Definition einer Überschrift der Ebene 1 (engl. *header*): <h1> und </h1>. Dabei ist bold (fett) und <i> italic (kursiv). Und Sie sehen in der letzten Zeile von „Text:“ (ohne auf Einzelheiten einzugehen) einen Befehl: „mailto“. „Schicke eine Mail an“, gefolgt von der Mailadresse. Was Sie aber nicht sehen, wenn Sie den unteren Teil in Textkasten 1.16 betrachten. Denn dort steht nur das im Befehlspaar <a> und versteckte Wörtchen „hier“. Auf dem Bildschirm meist blau und unterstrichen, damit der Benutzer auch weiß, wo er klicken muss.

Mit HTML wird die Textaufbereitung in den Text integriert. Die *tags* sind die sind die Grundlage des Internets und werden von allen *Browsern* „verstanden“, d. h. korrekt umgesetzt. Denn das, was Sie auf Ihrem Bildschirm beim Surfen sehen, ist nicht das, was durch die Leitung kommt. Es muss aufbereitet werden – von spezieller Software, eben dem *Browser* (engl. *to browse*, „stöbern“), dem „Webseitenbetrachtungsprogramm“. Mit dem Internet werden wir uns gleich noch ein wenig genauer beschäftigen.

Doch zuvor noch eine Art von Textverarbeitung im weiteren Sinne.

Von der Textverarbeitung zur Textherstellung

Beginnen wir mit einem Dementi: Moritz Dobler, der Chefredakteur des Weser-Kuriers, hat dementiert, dass es beim Weser-Kurier von „Robotern geschriebene Fußballberichte“ gebe. Man experimentiere derzeit nur mit „computergenerierten Vor- und Nachberichten“ für fünf regionale Amateurfußball-Ligen.⁷⁵ Man nennt es auch Textgenerierung (NLG, engl. *Natural Language Generation*, „natürlichsprachliche Generierung“), und nicht immer dient es nur zur Arbeitserleichterung überlasteter Journalisten. Es gibt auch „Phrasendreschmaschinen“ oder „Bullshit-Generatoren“, die Nonsense-Texte herstellen – und sie sind nicht immer als solche erkennbar. Es sind entweder kurze allgemein verwendbare Phrasen (man kennt sie aus Pressemitteilungen, Interviews und Talkshows) oder aber komplette Texte.

Wirtschaft, Wetter oder Sport: Hier fallen viele messbare Größen und Zahlenwerte an. Ein ideales Feld für computergenerierte Texte, die diese

⁷⁵Wörtlich aus Michael Klein: „Das erklärt einiges: Vom Redakteur ‚Computer‘ generierte Texte“ in *ScienceFiles* vom 02.12.2015 (<https://sciencefiles.org/2015/12/02/das-erklärt-einiges-vom-redakteur-computer-generierte-texte/>).

Zahlen relativ leicht zueinander in Beziehung setzen können. Solche Texte entstehen in Sekundenschnelle. Die Onlineausgaben vieler Tageszeiten arbeiten schon jetzt mit automatisierten Wettermeldungen und Finanznachrichten. Immer mehr Sportblogs basieren vollständig auf computer-generierter Spieleberichterstattung. Mit abgestimmter Wortwahl und Ansprechhaltung – je nach Zielgruppe.⁷⁶ Und computergenerierte Nachrichten wirken glaubwürdiger, vermutlich wegen der besonderen Präzision der Texte. Weil in Zukunft mehr und mehr solcher Robotertexte veröffentlicht werden könnten, brauche man aber auch eine neue Ethik für solche von Maschinen statt von Menschen geschriebenen Nachrichten, fordern Forscher.⁷⁷

Die Geschichte künstlicher Texte reicht bis 1993 zurück, aber erst durch die Anwendung von „künstlicher Intelligenz“ (KI) werden sie interessant. Denn nun lassen sich sogar Fachartikel schreiben, die Experten täuschen. In den Jahren 2008 bis 2013 schafften es 120 computergenerierte Artikel in die Fachzeitschriften für Informatik. Ihr Inhalt war kompletter Unsinn. Und es gibt nicht nur die renommierten Fachzeitschriften, sondern auch Publikationen, die für Leser kostenlos sind, aber von den Autoren Gebühren erheben (*Pay-to-publish*-Verfahren). Bei einigen von ihnen wird der Inhalt überhaupt nicht von Experten überprüft. Aber „Eigentlich soll in Fachverlagen ein Gremium aus Experten Artikel nicht nur auf ihre Form, sondern vor allem auf ihre Seriosität, fachliche Qualität und Relevanz prüfen, Methoden kritisch hinterfragen und einer Veröffentlichung nur nach einer solchen Kontrolle zustimmen. Selbstredend muss auch geprüft werden, ob die Autoren überhaupt existieren, an den genannten Universitäten forschen und Urheber der Texte, Grafiken und Bilder sind.“⁷⁸

Am Rechner generierte, willkürliche Textschnipsel wurden in renommierten Wissenschaftsverlagen als Fachartikel veröffentlicht. Von einem Peer-Review-Verfahren keine Spur. 2005 entwickelten drei Informatik-Studierende am amerikanischen *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) eine Software zum Generieren wissenschaftlicher Artikel. Sie nannten ihn

⁷⁶Jenny Genzmer: „Der Computer als Sportjournalist“ in Deutschlandfunk vom 02.08.2015 (https://www.deutschlandfunkkultur.de/automatische-textproduktion-der-computer-als-sportjournalist.966.de.html?dram:article_id=327177).

⁷⁷„Roboterjournalisten“ überzeugen Leser“ in *scinexx* vom 04.05.2016 (<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-20150-2016-05-04.html>).

⁷⁸Pavel Lokshin: „Wieder ließen Fachverlage Nonsense ungeprüft durchgehen“ in *Die Zeit* vom 26.02.2014 (<https://www.zeit.de/wissen/2014-02/wissenschaftsverlage-zufallsgenerierte-fachartikel>).

SCIgen, Abkürzung für *science generator*, Wissenschaftsgenerator.⁷⁹ Eine Software, die in Sekundenschnelle automatisch unsinnige Texte erzeugt, Grafiken zusammenwürfelt und Literaturverzeichnisse erfindet. Das Ergebnis sieht höchst wissenschaftlich aus – ist er aber nicht. Der Algorithmus setzt Worte, Satzteile, Graphen, Diagramme und fiktive Literaturangaben zufällig zu einem neuen Text zusammen. Dieser sieht zwar ganz hübsch aus, ist aber ein Zufallsprodukt – und völlig sinnfrei. Das alles fällt, wie erwähnt, in das Gebiet „künstliche Intelligenz“, mit dem wir uns noch ausführlich beschäftigen werden.

„Na, da geht doch noch was!“, dachten sich einige Leute. Was dabei heraus kam, beschreibt *Die Zeit*: „Die Zukunft ist düster. Massenarbeitslosigkeit ist ein Problem. Junge Menschen müssen Blut verkaufen. So beginnt der Kurzfilm *Sunspring*. Angesichts der Tatsache, dass es sich um einen Science-Fiction-Film handelt, ist das eigentlich gar kein so schlechter Anfang. Die Idee könnte einem zweitklassigen Drehbuchautor während der Morgentoilette eingefallen sein, als er mal wieder in den Abfluss seiner Hollywood-Existenz geblickt hat. Aber *Sunspring* ist kein gewöhnlicher Sci-Fi-Streifen und sein Schöpfer Benjamin auch kein blutspendender Drehbuchautor am Existenzminimum, sondern eine künstliche Intelligenz (KI) – der angeblich ‚erste automatische Drehbuchschreiber der Welt‘.“⁸⁰

Da freuen sich die Anhänger von *Bullshit*, also von unsinnigem Gerede, geschraubten Sätzen ohne jeden verständlichen Inhalt. Im Netz gibt es *Bullshit*-Generatoren, die beliebigen pseudotiefsinnigen Unsinn produzieren. Einer der Urheber gibt zu: „Die Inspiration für diese Idee kam mir beim Betrachten von philosophischen Debatten mit Deepak Chopra. Nachdem ich Stunden mit der *New-Age*-Rhetorik verbracht hatte, entschied ich mich, sie automatisch zu generieren.“ Der „Wissenschaftsastronaut“ Ulrich Walter berichtet von einer Studie, bei der die Wirkung solcher Texte untersucht wurde: „Je höher der Intelligenzquotient und das analytische Denken der Testpersonen, umso skeptischer waren sie dem pseudotiefsinnigen Unsinn gegenüber. Umgekehrt waren Personen, die solchen Aussagen mehr zugeneigt waren, auch anfälliger für konspirative Ideen, waren religiöser und glaubten mehr an Übersinnliches, und sie befürworteten eher komplementäre und alternative Medizin.“ Nach Walter definierte der bekannte

⁷⁹Probieren Sie es aus: <https://pdos.csail.mit.edu/archive/scigen/>.

⁸⁰Eike Kühl: „Und der Oscar geht an ...“ in *Die Zeit* vom 10. Juni 2016 (<http://www.zeit.de/digital/internet/2016-06/sunspring-kurzfilm-kuenstliche-intelligenz>).

Spiritualist und Quantenmystiker Deepak Chopra „Bewusstsein“ folgendermaßen: „Bewusstsein ist die Superposition von Möglichkeiten.“ Dies soll den Physiker Leonard Mlodinow zu der Antwort verleitet haben: „Ich verstehe zwar jedes Ihrer Worte, jedoch verstehe ich nicht, was Sie sagen.“⁸¹

Texte sind für Computer erst einmal Daten, genau wie Zahlen. Sie können auch (anstelle von *Tag Languages*) durch ganz „normale“ Programmbefehle in der „Programmierer-Stenografie“ bearbeitet werden.

$$(A \neq 'A') | (17 \leftarrow= '17') | ('A' .NE. 'A') = 1$$

Wenn Sie solche Zeilen erschrecken, wird Ihre Karriere als Programmierer kurz sein. Denn alle Programmiersprachen sind Kunstsprachen, logisch konsistent und mit einem bestimmten Formalismus, der viele Menschen an deprimierende Mathe-Schulstunden erinnert. In höheren Programmiersprachen treffen Sie auf eine Unmenge von solchen Formalismen und syntaktischen Regeln, auf Kurzformeln, die einen Datenverarbeitungsschritt kurz, knapp, eindeutig und maschinenlesbar formulieren.

Hier sind drei Aussagen (in den runden Klammern) mit der ODER-Bedingung miteinander verknüpft. Aussage 1 ODER Aussage 2 ODER Aussage 3 trifft zu – oder zwei von ihnen oder alle 3. Das Kürzel für ODER ist „|“. Aussage 1 in der linken Klammer besagt, dass eine Variable namens „A“ nicht gleich dem Buchstaben A ist. In A könnte auch der Wert 17,68 oder „Hallo Welt“ stecken. Ähnliches gilt für Aussage 2: Die Zahl 17 und die Textkette „17“ sind nicht dasselbe (aber „≠“ ist dasselbe wie „←=“). Für Sprachen, die das Sonderzeichen „≠“ für „ungleich“ durch „.NE.“ (engl. *not equal*) ersetzen, ist Aussage 3 rechts zutreffend: Ein steiles „A“ ist nicht dasselbe wie ein kursives „A“.⁸²

Wozu erzähle ich das? Unter anderem, weil ich damit in Tab. 1.5 ein paar Beispiele für die verborgene Kraft der Unterprogramme bzw. der Programm-funktionen zeigen kann (vergl. Abschn. 1.4).

⁸¹Ulrich Walter: „Eine andere Sicht auf die Welt! Astronaut Ulrich Walter erklärt das Leben“, Komplett Media GmbH, Grünwald 2018, Kindle-Version Pos. 941/2338. Den erwähnten *New Age Bullshit Generator* findet man auf <http://sebpearce.com/bullshit/>.

⁸²Da Programmierer bekanntlich an *alles* denken müssen, auch das Kurioseste, ergibt sich hier die spannende Frage: Ist eine kursive Leerstelle (*blank*) dasselbe wie eine steile Leerstelle? Und was ist mit einem Punkt (.), der ja weder steil noch geneigt sein kann?

Tab. 1.5 Beispiele unterschiedlicher Programmfunctionen

Zl.	Befehl	Ergebnis
10	Zahl:=117,56	117,56
20	Zeichen:=TXT(Zahl)	"117,56"
30	L:=LEN(Zeichen)	6
40	Wo:=POS(Zeichen,',')	4
50	Ganz:=SUBSTR(Zeichen,1, Wo - 1)	"117"
60	Zahl_1:=NUM(Ganz)	117
70	Zahl_1:=TRIM(Zahl, -2)	117

Mehr oder weniger selbsterklärend, wenn man sich hineindenkt, oder? Vielleicht doch noch ein paar Anmerkungen dazu:

- 20 TXT verwandelt eine Zahl in eine Textkette.⁸³
- 30 LEN liefert die Länge (engl. *length*) einer Textkette.
- 40 Die POS-Funktion liefert die Position des zweiten Parameters im ersten und 0, wenn nichts gefunden wird. Durch den Komma-Hochkomma-Salat nicht verwirren lassen!
- 50 SUBSTR liefert eine Untermenge (engl. *substring*) einer Textkette. Sie braucht 2 Parameter: die Start- und die Endposition.
- 60 NUM ist der Zwillingsbruder von TXT und verwandelt einen Text (der natürlich nur Ziffern, Vorzeichen und Dezimalkommas enthalten darf) in einen numerischen Wert

Ein Beispiel für die mögliche Schachtelung wäre Folgendes gewesen: Zahl_1 := NUM(SUBSTR(TXT(Zahl), 1, POS(Zeichen,',') - 1)). Eine höchst unelegante Art, die Dezimalstellen zu entfernen! Deswegen haben sich die HLL-Designer die TRIM-Funktion ausgedacht, die die vorderen bzw. (bei negativem zweiten Parameter) die hinteren Stellen des Kommas entfernt.

Ein Buchstabe ist kein Buchstabe

Was soll das nun wieder heißen? Nun, stellen Sie sich vor, Sie sehen auf Ihrem Bildschirm ein „i“, genauer: ein „i“ in der Schriftart *Courier New*. Vielleicht ist es ja ein Buchstabe, 0110 1001_{bin} oder 69_{hex}. Vielleicht aber

⁸³Die Textkette ist 31 31 37 2C 35 36_{hex}, die Zahl (als 11756 mit 2 gedachten Dezimalstellen) ist 2DEC_{hex}.

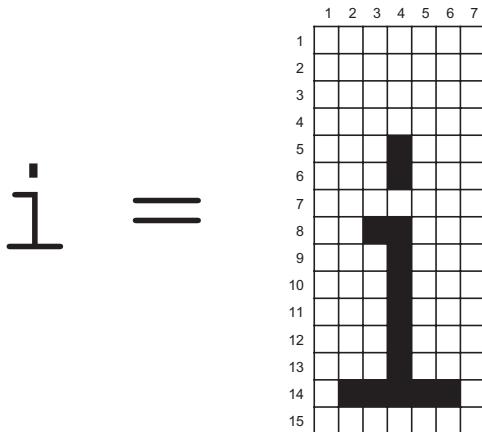


Abb. 1.25 Ein grafisches „i“ in einer Bilddatei



Abb. 1.26 Ein Bild von einem Mann

auch nicht. Vielleicht taucht es in einer Bilddatei auf und besteht aus 7×15 Pixeln (Abb. 1.25).

Das würde bedeuten, dass es als solches nicht erkannt wird: Man kann es z. B. nicht mit *Copy & Paste* (üblicherweise Strg-C und Strg-V) in eine Textdatei kopieren. Doch es wird immer wieder versucht ...

Bilder sagen mehr als 1000 Worte ...

Aber sie sagen nicht immer die Wahrheit. Denn sie sind manipulierbar. Wie bekommt man nun ein „analoges“ Bild (Abb. 1.26) in den Computer? Denn dort – wir erinnern uns – gibt es ja die nur Bitschlangen. Nun ja, die Antwort ist klar: Man digitalisiert es. Aber das ist ja nur ein Wort und erklärt nichts. Deswegen wollen wir das genauer betrachten.

Bilder bestehen aus Pixeln, ein Kunstwort aus den englischen Wörtern *picture* (Bild) und *element* (Element). Ein Pixel ist ein Bildpunkt, nicht anders als ein Steinchen in einem römischen Mosaik. Je kleiner das Steinchen, desto größer die Auflösung des Bildes (und desto mehr Steinchen braucht man). Das heißt, wir reden über die Punktdichte, sozusagen die Zahl der Steinchen pro Quadratmeter. Gemessen wird sie oft in „dpi“ (engl. *dots per inch*), Punkte pro Zoll. Also belegt ein Bild mit 640×480 Bildpunkten etwa 300.000 Pixel, aber mit doppelter Auflösung das Vierfache ($1280 \times 960 = 1.228.800$). Deswegen spricht man in diesen Regionen auch von Megapixel (MP). So kommt ein hochauflösendes Bild schon mal auf mehrere Megabytes (MB) Speicherplatz.⁸⁴ Aber so weit sind wir ja noch nicht.

Denn wir müssen unser Bild ja noch auf den Scanner legen, ein Gerät, das es mit einer lichtempfindlichen Fotozelle abtastet. Das ist reine Physik: Die Fotozelle gibt, wenn sie beleuchtet wird, eine elektrische Spannung ab, die von der Helligkeit abhängig ist. Den Vorgang nennt man „Rastern“, denn es wird gewissermaßen das Pixel-Raster über das Bild gelegt und alle Feinheiten innerhalb der Pixelgröße vernachlässigt. Wäre unser Bild nur schwarz/weiß ohne Graustufen, wäre das Ergebnis einfach, ein „Binärbild“: 0 für Schwarz und 1 für Weiß. Unsere 640×480 Bildpunkte würden in genau 38.400 Bytes passen. Ist es aber nicht. Es hat Graustufen, die die Fotozelle unterscheiden kann, sagen wir: in 256 Abstufungen. Dann brauchen unsere Bildpunkte schon 307.200 Bytes. Dann wäre 0000 0000 oder 00_{hex} Schwarz, und 1111 1111 oder FF_{hex} Weiß und vielleicht 0010 1110 oder 2E_{hex} ein dunkles Grau. Technisch gesehen handelt es sich beim Scanner wieder um einen Analog-Digital-Wandler: Das beliebig fein strukturierte Bild wird in *Digits*, in Ziffern (nämlich 0 und 1, wie Sie wissen) übersetzt. In Abb. 1.27 sehen Sie, wie der i-Punkt in Bytes übersetzt wird, wenn er einen grauen Schatten hätte.

Ist Abb. 1.26 aber in Farbe, dann geht es richtig zur Sache und wird kompliziert. Das bekannteste System ist RGB, eine Abkürzung für „Rot/Gün/Blau“. Das sieht man an einer künstlerischen Lichtinstallation, auf der diese drei Grundfarben in Rechtecken übereinander projiziert werden (Abb. 1.28, leider nicht farbig). Durch die „additive Farbmischung“ dieser drei entstehen alle anderen Farben, z. B. Cyan durch Überlagerung von Grün und Blau. Und Rot plus Grün plus Blau ergibt ... Weiß. Denn auch wir haben in unseren Augen drei unterschiedliche Lichtrezeptoren. Also wird ein Pixel durch drei Zahlenangaben beschrieben, deren Werte die Intensität der 3 Grundfarben darstellen.

⁸⁴Näheres siehe Ticketsystem GITZ TU Braunschweig: „Wie groß wird eine Bilddatei bei welcher Auflösung?“ (<https://rzotrs.rz.tu-bs.de/otrs/public.pl?Action=PublicFAQZoom;ItemID=1146>).

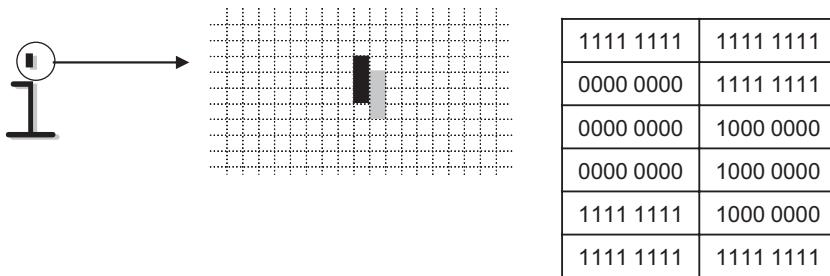


Abb. 1.27 Repräsentation von Grautönen

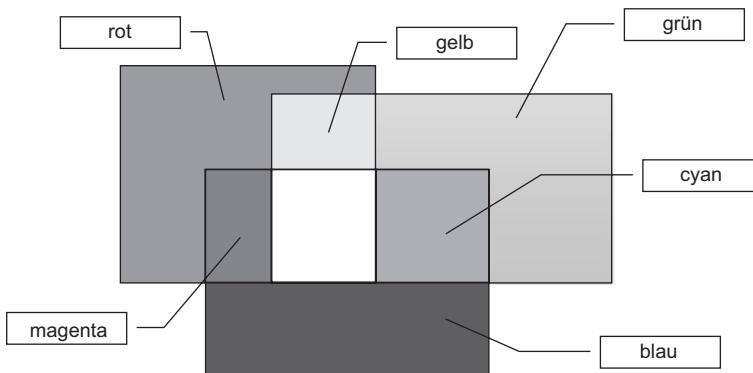


Abb. 1.28 Additive Farbmischung aus Rot, Grün und Blau

Dann kommt die Stunde der Algorithmen, die Bildbearbeitung. Das reicht von einfachen Umwandlungen (z. B. Farbe in Graustufen) bis zu Grafikfiltern, die ebenfalls das ganze Bild verändern. Schärfefilter verbessern die Konturen oder arbeiten als Weichzeichner (früher zog der Fotograph einen Nylonstrumpf über das Objektiv). Kunstfilter machen aus einem Foto ein Ölgemälde, Fresko oder Pastell. Verzerrungsfilter erzeugen wilde Strudel oder komische Nasen. Natürlich erfordert das Schreiben solcher Programme eine detaillierte Kenntnis der „Innereien“ einer Bild-Datei. Aber einfache Verarbeitungsprozesse (z. B. Graustufen-Umwandlung) erfordern auch weniger Aufwand. Auf der anderen Seite liegen die Leistungen der auf Computeranimation spezialisierten Firmen wie *Pixar* deutlich darüber.⁸⁵

⁸⁵Vielfacher Oscar-Preisträger für „Bester animierter Film“. Schauen Sie sich die Liste von Computeranimationsfilmen an (https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Computeranimationsfilmen).

Dem Amateur wird auf *YouTube*-Tutorials erklärt, wie man mit *Photoshop* die Beine einer Person verlängert. Doch auch die Profis aus der Werbeindustrie haben die Bildbearbeitung entdeckt. Sie arbeiten mit *Bodystyling*: „Abgesehen von der Retusche ist es mitunter erforderlich, die Anatomie des Models zu korrigieren. Im Beispiel erscheint die Silhouette etwas gedrungen, was unter anderem an dem erhöhten Aufnahmewinkel liegt. Durch eine leichte Dehnung der Ober- und Unterschenkel werden die Beine insgesamt verlängert, was dem Motiv etwas mehr Eleganz verleiht.“⁸⁶ Aber wo ist die erlaubte Grenze der Manipulation? Wir alle kennen Anzeigen mit unglaublich schönen Menschen. Aber was wäre, wenn „unglaublich schön“ keine Metapher ist? Was, wenn es buchstäblich so wäre? In einer zunehmenden Zahl von Ländern wird ein solches Bild wahrscheinlich bald mit einem Warnschild versehen werden: „ACHTUNG: DIESES BILD WURDE DIGITAL VERÄNDERT!“ Das *Truth-In-Advertising*-Gesetz gibt es in den USA seit dem Jahr 1914. In Israel gibt es ein „*Photoshop*-Gesetz“, das besagt, dass Models nicht zu mager sein dürfen und Werbetreibende retuschierte Bilder beschriften müssen. Ein Vorstandsmitglied der *American Medical Association* argumentiert: „Wir müssen aufhören, beeinflussbare Kinder und Jugendliche einer Werbung auszusetzen, die Models mit Körpertypen zeigen, die nur mit Hilfe von Bildbearbeitungssoftware darzustellen ist und nicht wirklich erreichbar ist.“⁸⁷

Natürlich kommen nicht nur Bilder *aus* dem Computer, sie kommen auch *in* den Computer. Wir sprechen von Bilderkennung.

Wer ist denn da über die Ampel geflitzt?

Eines der einfachsten (und leider perfekt gelösten) Probleme ist die Nummernschilderkennung (im Behördendeutsch „automatische Kennzeichenerfassung“). Damit das ohne Schwierigkeiten gelingt, wurde eine spezielle Schrift entwickelt, die OCR-Schrift (engl. *optical character recognition*). Eine der Varianten sehen Sie in Abb. 1.29. Sie hat aber noch Schwächen, denn einige Zeichen sind nicht so leicht zu unterscheiden. Deswegen

⁸⁶ Lucy S. Conrad: „Retusche und Bodystyling“ (<https://www.lucyconrad.org/flash/script.php?zahl=232>).

⁸⁷ Quelle (z. T. wörtlich): Aaron Horwath: „*Photoshop*, Models und das Gesetz: Wie weit ist zu weit?“ vom 20.04.2016 (<https://de.pixelz.com/blog/photoshop-models-gesetze/>). Siehe auch Bruno Nota: „Israeli Law Bans Skinny, BMI-Challenged Models“ vom 03.01.2013 (<https://abcnews.go.com/International/israeli-law-bans-skinny-bmi-challenged-models/story?id=18116291>) und „*Truth In Advertising*“ (<https://www.ftc.gov/news-events/media-resources/truth-advertising>).

A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Abb. 1.29 Der alphanumerische Zeichensatz einer OCR-Schrift

wird in Deutschland seit 2000 bei neuen Kennzeichen die „Fälschungserschwerende Schrift“ verwendet.

Das Auge des Gesetzes (besser: sein Gehirn in Form der Schrifterkennungssoftware) ist noch weiter verbessert worden. Denn nicht nur genau festgelegte und hinsichtlich ihrer Sicherheit sorgfältig ausgetüftelte Schriften werden erkannt, sondern sogar Handschriften. Das erste kommerziell nutzbare Gerät kam im Oktober 1966 auf den Markt.⁸⁸ Wer einmal die berühmte „Arztklaue“ auf einem Rezept lesen wollte, weiß, was das bedeutet. Hier wie auch bei allen anderen Problemen der Erkennung (Wörter, Gesichter, Bilder) hat inzwischen die „künstliche Intelligenz“ (KI) die Arbeit übernommen. Mit künstlichen „neuronalen Netzen“ hat man riesige Erfolge erzielt – ein Grund, sich mit diesem Thema ausführlich zu beschäftigen (Abschn. 1.7).

Deswegen sollten Sie bei Ihrem nächsten Bankraub ein Elektrofahrrad benutzen. LPRs in den USA lesen alles, was ihnen vor die Linse kommt. Das sind automatische Nummernschild-Erkennungssysteme (engl. *license plate reader*). Vorbei die Zeit, wo ein kurzsichtiger *Cop* im Streifenwagen die Nummer eines Autos in seinen Bordcomputer eintippt. Im April letzten Jahres hatte New York City laut *The New York Times* insgesamt 238 LPRs in den fünf Bezirken im Einsatz. Dazu gehören 130 mobile Systeme und 108 stationäre Systeme. Washington, D. C., ließ im November 2011 mehr als 250 LPRs installieren, was etwa einem LPR pro Quadratkilometer entspricht, berichtet die *Washington Post*. Die LPRs von Washington erfassen zusammen etwa 1800 Bilder von Kennzeichen pro Minute.⁸⁹

⁸⁸Der IBM 1287 *Optical Reader* (https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/dpd50/dpd50_chronology3.html).

⁸⁹Andrew Couts: „Smile! You’re being photographed by a license plate reader“ in *DigitalTrends* vom 10.10.2012 (<https://www.digitaltrends.com/cars/everything-you-need-to-know-about-automatic-license-plate/>) und Allison Klein, Josh White: „License plate readers: A useful tool for police comes with privacy concerns“ in *Washington Post* vom 19.11.2011 (https://www.washingtonpost.com/local/license-plate-readers-a-useful-tool-for-police-comes-with-privacy-concerns/2011/11/18/gIQAuEApcN_story.html).

„Völker, höret die Signale!“

Möglicherweise gibt es neben den Milliarden von Computern, die am Internet hängen oder auf Schreibtischen stehen oder in den Händen gehalten werden, eine noch viel höhere Zahl von Computern, die nichts von allem tun, was wir bisher beschrieben haben. Es sind Mikroprozessoren, die in Autos, Flugzeugen, Schiffen, Waschmaschinen, Kaffeeautomaten, Kameras, Werkzeugmaschinen, Registrierkassen, Fitness-Armbändern, Industrierobotern und so weiter sitzen. Sie verarbeiten Signale.

Ein Mikroprozessor ist ja nichts anderes als ein kleiner Prozessor, also ein Computer auf einem winzigen Chip. Konrad Zuse & Co. hätten gestaunt, was aus ihren monströsen Maschinen durch die Kunst der Ingenieure geworden ist.

Wie aber können wir „Signale“, also technische Messgrößen aller Art, dem Computer „verständlich“ machen? Es muss ja, einfach ausgedrückt, etwas Mechanisches in etwas Elektrisches und etwas Analoges in etwas Digitales verwandelt werden. Ein Gewicht, eine Beschleunigung, ein Füllstand müssen elektrisch gemessen werden. Das analoge Signal – etwa eine Spannung – muss dann durch einen Analog-Digital-Wandler in Zahlen verwandelt werden. So wird aus einer nicht mehr so guten Batteriespannung eine Zahl: 11,6 V. Bei zeitlich sich verändernden Signalen, wie z. B. der Spannung aus einem Mikrofon, kommt es natürlich auf die Abtastrate an, d. h., wie oft pro Sekunde diese Spannung gemessen wird. Denn dieses analoge Signal enthält in seiner Feinheit ja eine Fülle von Tönen und Obertönen, die die Musik oder die gesprochene Sprache genau wiedergeben. Um diese Feinheiten nicht zu verlieren und andererseits das unvermeidliche Rauschen und Nebengeräusche nicht auch zu erfassen, haben sich die Techniker sehr viele kluge Lösungen einfallen lassen.⁹⁰

Einen winzigen Ausschnitt aus einem einfachen akustischen Signal sehen Sie in Abb. 1.30. Ein ziemlich reiner Ton mit ein paar Obertönen. Wie die Techniker daraus Zahlenkolonnen machen, soll uns hier nicht interessieren. Doch bei ihrer weiteren Verarbeitung fangen die Schwierigkeiten erst an. Nehmen wir als Beispiel die Spracherkennung. Hier kommt nun die anspruchsvolle Aufgabe, aus dem Zahlenaalat das gesprochene Wort herauszufischen – schon das Erkennen des einzelnen Wortes ist eine Meisterleistung der Algorithmen. Auch der nächste Schritt ist eine Herausforderung, nämlich den gesamten Satz zu erfassen, seine Grammatik zu

⁹⁰Für mathematisch Interessierte siehe Klaus Frieler: „Basiswissen Signalverarbeitung“, Vorlesung der Universität Hamburg (<http://www.mu-on.org/DSPMA/BasisDSP.pdf>).

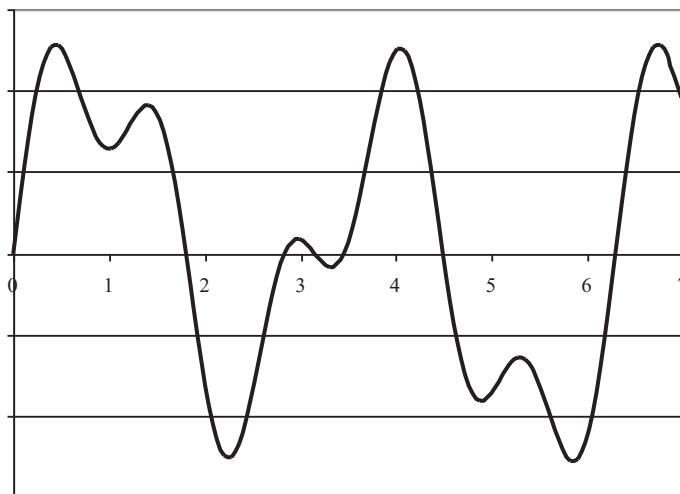


Abb. 1.30 Ausschnitt aus einem akustischen Signal

analysieren und ihn gegebenenfalls in eine andere Sprache zu übersetzen. Vielleicht sogar seine Bedeutung zu erfassen. Das nämlich ist der Unterschied zwischen Syntax und Semantik. Wie bei den anderen Erkennungsproblemen dominiert hier inzwischen die „künstliche Intelligenz“ (KI) mit ihren künstlichen „neuronalen Netzen“ (unser Thema im übernächsten Abschn. 1.7).

Eine der Anwendungen der Signalverarbeitung schaffte es am 15. August 2018 in die Nachrichten. Da schöpften viele Leute Hoffnung, ihre entlaufene Katze wiederzufinden. Aber Martin Wikelski hatte anderes im Sinn. Als Direktor am Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell wollte er ein System zur Beobachtung kleiner Tiere wie zum Beispiel Vögel, Fledermäuse oder Wasserschildkröten entwickeln. Seine Idee war, mehr über das Leben der Tiere auf der Erde herauszufinden: auf welchen Routen sie wandern und unter welchen Bedingungen sie leben. Diese Erkenntnisse dienen der Verhaltensforschung, dem Artenschutz und der Erforschung der Ausbreitungswege von Infektionskrankheiten bis hin zur Vorhersage von ökologischen Veränderungen und Naturkatastrophen. Er rief das Projekt *Icarus* (*International Cooperation for Animal Research Using Space*) ins Leben, eine internationale Kooperation zur Beobachtung von Tieren aus dem Weltraum.⁹¹

⁹¹Quelle: Martin Wikelski: „Über Icarus“, Homepage der Max-Planck-Gesellschaft vom August 2018 (<https://www.tiersensoren.mpg.de/16575/ueber-icarus>).

Die Forscher rüsten dabei unterschiedliche Tierarten mit Minisendern aus, die ihre Messdaten an eine Empfangsstation im All schicken. Die Antenne wurde an der internationalen Raumstation ISS montiert. Diese übermittelt sie an eine Bodenstation, von dort gelangen sie an die jeweiligen Forscherteams. Die Resultate werden in der für jedermann frei zugänglichen Datenbank *Movebank* veröffentlicht. So wird ein „globales Netzwerk lebender Sensoren“ aufgebaut. Geschätzt 50 Mrd. Vögel und Millionen von Landtieren ziehen um die Welt. Sie sollen helfen, Naturkatastrophen und die Ausbreitung von Krankheitserregern vorherzusagen.⁹² „Völker, höret die Signale!“

Haben wir nun alles erwähnt, was Computer verarbeiten können? Nun ja, sicherlich nicht. Garantiert hätte ich selbst dann etwas vergessen oder übersehen, wenn ich nach Vollständigkeit gestrebt hätte. Und sicher finden die Wissenschaftler und Techniker noch weitere Daten, die sich für eine maschinelle Verarbeitung eignen. Denn alles, was unsere Realität an Informationen bietet, kann von dieser Universalmaschine bewältigt werden (sofern es digitalisiert werden kann). Sie erschafft ein algorithmisches Modell der Realität.

1.6 John von Neumann entwirft eine Maschine

Erinnern Sie sich an Abschn. 1.1: die analoge Uhr. In ihrem Inneren eigentlich digital. Wie funktioniert sie, ohne in Einzelheiten zu gehen? Eine konstante Kraft (hier eine Feder oder ein Gewicht) regt etwas an, was – einmal angestoßen – durch diese Kraft ständig weiterschwingt. Bei der Uhr ist es die Unruh. Tick-tack tick-tack tick-tack ...

Beim Computer ist es genauso: Eine Stromquelle (das Netz oder der Akku) regt einen „Schwingkreis“ an, der den Takt vorgibt. Wie der technisch aufgebaut ist, interessiert uns nicht. In Konrad Zuses mechanischem Rechner konnte man ihn noch hören: Tick-tack tick-tack tick-tack. Bei modernen Computern beträgt die Taktfrequenz Milliarden Tick-tacks pro Sekunde (z. B. 4 GHz, also 4 Mrd. Schwingungen pro Sekunde). Das ist sozusagen der Herzschlag der Maschine. Mehr als das Tausendfache der

⁹²Abrufbar auf <https://www.movebank.org>. Siehe auch Philip Bethge: „Internet der Tiere“ in *Der Spiegel* Nr. 33/2018 S. 100 und Sascha Karberg: „Wenn Tiere den Menschen warnen“ in *Der Tagesspiegel* vom 14.08.2018 (<https://www.tagesspiegel.de/weltspiegel/projekt-icarus-wenn-tiere-den-menschen-warnten/22913012.htm>).

Geschwindigkeit eines der ersten Prozessoren aus dem Jahr 1979, des *Intel 8088*. Eigentlich brauchen Sie das nicht zu wissen. Auch ich musste mir als Student in den USA auf die Frage, wie denn ein Computer technisch funktioniert, anhören: „*Never mind. It's the software, dummy!*“ (Egal. Es ist die Software, du Depp!).

Die klassische Prozessor-Architektur

Computer der ersten Generation waren riesige Geräte. So bestand zum Beispiel der ENIAC (1943), ein aus Mitteln der amerikanischen Armee finanziertes Projekt, aus 18.000 Radioröhren und 1500 Relais, wog 30 Tonnen und verbrauchte 140 kW an Strom. Im Jahre 1944 legte John von Neumann, ein ehemaliges Mitglied des ENIAC-Projektes, ein Architektur-Konzept für einen speicherprogrammierten Universalrechner vor. Von Neumann fiel auf, dass die Programmierung von Computern mit Unmengen von Schaltern und Kabeln langsam, mühsam und unflexibel war. Er erkannte, dass sich das Programm *zusammen* mit den Daten im Speicher des Computers in digitaler Form darstellen lässt, und er fand heraus, dass sich die schwerfällige Dezimalarithmetik des ENIAC, bei der jede Ziffer mit zehn Radioröhren (1 ON und 9 OFF) dargestellt wird, durch eine Binärarithmetic ablösen lässt – unsere Nullen und Einsen, über die wir so ausführlich gesprochen haben.⁹³ Er schrieb sogar ein Buch mit dem Titel „*Die Rechenmaschine und das Gehirn*“ (*The Computer and the Brain*), in dem er den wechselseitigen Beziehungen zwischen der Rechenmaschine und dem menschlichen Denk- und Nervensystem nachgeht. John von Neumann gilt heute als einer der Pioniere der modernen Rechentechnik.

Schauen wir uns den einfachen und doch revolutionären Aufbau in Abb. 1.31 an und beginnen wir unten. Den binären Speicher, in dem Daten und Programme prinzipiell ununterscheidbar abgelegt sind, haben wir ja schon ausführlich im vorigen Kapitel behandelt. „Prinzipiell ununterscheidbar“ heißt, dass es schon ein grotesker Zufall wäre, würde die Textkette „Wenn Sie das lesen könnten!“ in Textkasten 1.2 eine sinnvolle Befehlsfolge darstellen. Ebenso merkwürdig wäre es, würde ein in Maschinencode umgewandeltes Assemblerprogramm wie in Textkasten 1.5 einen sinnvollen Text ergeben und nicht etwas wie „G♣3y_?aΩ9ê“.

⁹³Quelle: Jan Wieners: „John von Neumann und die Von-Neumann-Architektur“, */lehre, 6. März 2016 (<http://www.lehre.jan-wieners.de/wisem15/bit-i/john-von-neumann-und-die-von-neumann-architektur/>).

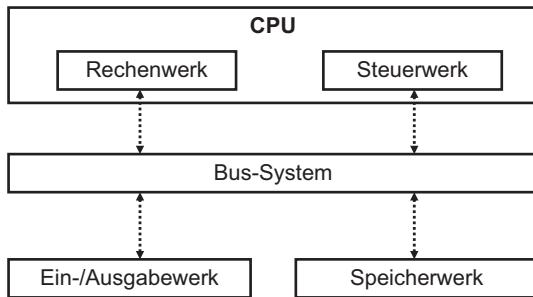


Abb. 1.31 Die „Von-Neumann-Architektur“

Dass neben dem Speicher ein Ein-/Ausgabewerk da sein muss, braucht nicht erläutert zu werden. Es ist die so genannte „Benutzerschnittstelle“ (engl. *user interface*). In grauer Vorzeit ein Fernschreiber, ein Lochkartenleser oder ein lahmer Drucker von der Größe eines Schreibtisches. Später (und wie heute) eine Tastatur und ein Bildschirm. Auch die Anschlüsse für externe Geräte zählen dazu, z. B. die USB-Schnittstelle (*Universal Serial Bus*, universelle serielle Schnittstelle). Und natürlich alle Arten von Geräten und Sensoren, denn ein „Computer“ steckt ja überall: im Auto, im Flugzeug, im Kraftwerk, in der Ampelsteuerung, in der Telefonanlage, in ... (das geht jetzt 3 Seiten so weiter).

Schauen wir nun noch einmal nach oben in Textkasten 1.2, der Bitschlange: *Im* Speicher (in dem ja nur Nullen und Einsen abgelegt sind) können ja keine Rechen- oder andere Verarbeitungsoperationen stattfinden, denn dafür ist er nicht gebaut. Also muss die Verarbeitung woanders stattfinden, im „Rechenwerk“. Die Liebhaber von Anglizismen sagen ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dazu.

Wie kommen die Daten vom Rechenwerk in den Speicher und zurück? Ganz einfach: „Nehmen wir doch den Bus!“ Dieser Kalauer musste jetzt sein, denn „bus“ ist im Englischen zwar der Autobus, aber auch als technischer Ausdruck eine Sammelleitung. Also eine Datenverbindung zwischen allen Komponenten. Das ist ja eigentlich selbstverständlich. Die oben erwähnte USB-Schnittstelle ist damit natürlich auch verbunden (die es damals aber so nicht gab). Das ist sozusagen das zentrale Verbindungs-element in Abb. 1.31.

Der *bus* ist übrigens auch als „Von-Neumann-Flaschenhals“ bekannt geworden. Denn in der Von-Neumann-Architektur wird er zum Engpass zwischen dem Prozessor und dem Speicher. Aber das ist ein technisches Problem.

Wer oder was steuert nun das dynamische Zusammenspiel all dieser Komponenten? Diese Frage stellen heißt sie beantworten: das „Steuerwerk“. So einfach und kurz sich diese Beschreibung liest, so schwierig, teuer

und aufwendig war es, sie zu realisieren. In Abwandlung des Spruches von Nygaard könnte man sagen: „Bauen heißt verstehen“. Denn viele Einzelheiten, die heute als gesicherte technische Prinzipien in winzigen Chips versteckt sind, wurden damals durch Basteleien an kistengroßen Komponenten erprobt, realisiert oder auch verworfen.

Und damit ist die Von-Neumann-Architektur ausgereizt. Mehr gibt es nicht, aber mehr braucht man auch nicht, um eine Universalmaschine mit flexibler Programmsteuerung zu realisieren. Einen, der „alles kann“, wie wir in Abschn. 1.5 gesehen haben. Heute sieht das natürlich etwas anders aus – *mehrere* Prozessoren teilen sich die Rechenarbeit, *mehrere* Speicherebenen mit unterschiedlichen Zugriffsgeschwindigkeiten stehen zur Verfügung, Spezial-Hardware wie Grafikkarten erlauben effizienteres Arbeiten.

Wie sieht denn so ein Speicher aus?

Der IT-Veteran und sein Kumpel saßen mal wieder beisammen.

„Ich meine, es geht mich ja nichts an, aber wie funktioniert denn so ein Speicher? Das mit den Lochkarten von Herrn Jacquard habe ich ja verstanden. Kein Loch ist 0 und ein Loch ist 1. Aber die kann man ja nicht wieder zukleben.“

„Das hast du völlig richtig erfasst. Wir brauchen einen Speicher, den man verändern kann. In der Anfangszeit der Computer verwendete man Magnetkernspeicher.“

„Oh, hier spricht der IT-Opa. Magnetkerne wie Kirschkerne?“

„Quatsch! Die sahen völlig anders aus. Kleine Ringelchen mit zwei Drähten hindurch. Zwei Millimeter im Durchmesser.“

„Mal mal!“ (Abb. 1.32).

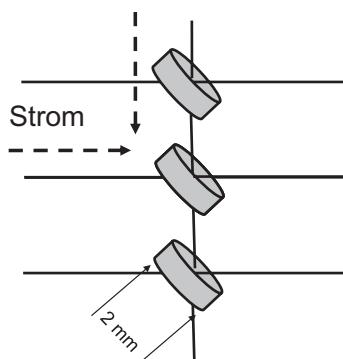


Abb. 1.32 Magnetkernspeicher

„So, am Kreuzungspunkt der beiden Stromflüsse war der Strom stark genug, um den Kern zu magnetisieren. Bei den anderen reichte es nicht.“

„Und der wurde dann zur 1, oder?“

„Ja, und davon gab es ganz viele, denn jeder konnte nur ein Bit speichern.“

„Aber Magnete ziehen doch nur Eisen an! Wo ist der Witz?“

„Der Witz besteht aus wichtigen Gesetzen, die Herr Faraday um die Jahre 1835 herum entdeckt hat, dem Elektromagnetismus. Zwischen elektrischem Strom und Magnetismus besteht ein Zusammenhang. Wir benutzen hier die Tatsache, dass um einen elektrischen Stromfluss herum ein magnetisches Feld entsteht. Das kleine Eisenringelchen speichert dieses Feld magnetisch, und es kann jederzeit wieder gelesen und auch wieder geändert werden. Denn auf raffinierte Weise kann man den Stromimpuls, der den Magnetkern magnetisiert hat, auch wieder erzeugen und weiß dann: ‚Ah, dieser Kern war auf 1 und der da auf 0.‘ Aber das ist alte Technik.“

„Und damit kann man heute Gigabyte an Speicher bauen, die auf einen USB-Stick passen?“

„Nein, natürlich nicht. Die Technologie hat auch hier wieder gewaltige Fortschritte gemacht. Heute werden die Bits in unvorstellbar kleinen Strukturen auf einem Mikrochip gespeichert.“

Gute alte Zeit! Diese Kernspeicher wurden bald durch Magnetplatten ergänzt, um große Datenmengen außerhalb des Hauptspeichers lagern zu können. Dasselbe Prinzip, nur eine andere technische Realisierung. Für den internen Speicher, in dem die Programme und die gerade in Verarbeitung befindlichen Daten lagern, war das viel zu langsam. Inzwischen ist die Mikroelektronik bei *Flash*-Speichern (engl. *flash* „Blitz“) angekommen. Ihre Funktion ist nur für Physiker verständlich, denn sie beruht auf Quanteneffekten, bei denen elektrische Ladungen gespeichert werden.⁹⁴ Die Kernaussage ist also, dass Magnetismus durch Elektrizität ersetzt wurde – die ja laut Herrn Faraday wie Zwillinge zusammengehören. Eine „elektrische Ladung“ kennen Sie, wenn Sie mit passender Kleidung auf Ihrem Autositzen herumgerutscht sind. Elektrischer Strom ist nichts anderes als bewegte elektrische Ladungen. Werden sie nicht bewegt, bleiben sie bestehen, wenn sie nicht abfließen können (wenn Sie beim Aussteigen den Autogriff berühren, tun sie es blitzartig). Ist die im Lexikon genannte „elektrische Leitfähigkeit“ klein genug (und die Mikroelektroniker haben das hinbekommen),

⁹⁴Für Interessierte: „Flash-Speicher“ auf *ITWissen* (<https://www.itwissen.info/Flash-Speicher-flash-memory.html>).

dann bleibt die Ladung bestehen und (s. o.) „eine dauerhafte Informationsspeicherung wird möglich“.

Im Speicher werden Dateien gespeichert

Na sowas! Was aber sind Dateien, wo doch angeblich alles nur kilometerlange 0-1-Schlangen sind? Wir sprechen von Dateien oder gar Datenbanken, also geordneten Sammlungen von „Datensätzen“ mit einer bestimmten Struktur. Sie werden nicht im Hauptspeicher des Computers aufgehoben, wo sie spätestens nach dem Ausschalten verschwinden, sondern auf externen Datenträgern wie z. B. Magnetplatten. Am einfachsten stellen wir sie uns wie eine Tabelle vor, mit Zeilen und Spalten (Beispiel in Tab. 1.6). Darin hat ein Gebrauchtwagenhändler seine Angebote gespeichert. Er hat der Datei den Namen „Autos“ gegeben.

Darin sind die Zeilen die Datensätze und die Spalten die einzelnen Datenelemente. Die erste Zeile wird physisch nicht mit abgespeichert, sie dient nur dem Betrachter. Diese Struktur der Datei ist also auf dem Speichermedium nicht zu erkennen, denn – wie schon oft betont – dort ist alles nur eine kilometerlange 0-1-Schlange. Sie entsteht nur durch die Software, die die Datei verwendet. Sie „weiß“, wie lang ein Datensatz ist und in ihm die einzelnen Felder (also Spalten) und was diese bedeuten. Was Sie also in Tab. 1.6 sehen, ist nicht ganz korrekt, denn die erste Zeile ist kein Datensatz, sondern nur die von der Software definierte Struktur. Echt vorhanden sind nur die folgenden Zeilen, einfach hintereinander weg. Und der Programmierer weiß und hat es in einer „Datendeklaration“ codiert: Wenn ich die Datei „Autos“ lesen will, dann muss ich Angaben wie in Textkasten 1.17 machen. Dann kann er in seinem Programm z. B. schreiben: „IF Kennzch(2)= 'B-' THEN ...“, um Autos mit Berliner Kennzeichen irgendwie gesondert zu behandeln, z. B. im Preis zu reduzieren. Ist doch alles sehr logisch, oder?!

Tab. 1.6 Ein Datenbestand als Tabelle

Interne Nr.	Kennzeichen	Marke	Erstzul.	TÜV	Hubr.	...
16005	TR-XB 023	Citroen	03/2014	03/2018	2,0	...
16213	---	Skoda	11/2006	11/2018	1,8	...
17001	B-JK 102	Renault	12/1992	---	1,3	...
...

DataSet(Autos): InterneNr(num,5);Kennzch(txt,12);Marke(txt,20); ...

Textkasten 1.17 Datendeklaration für die Datei „Autos“

Natürlich gibt es Dateien nicht nur in Form von Tabellen, also Datensätzen fester Länge. Sie wissen doch: In der Universalmaschine sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt. Warum nicht in der Bitschlange eine variable Länge (besonders geeignet für Textfelder) speichern und zusätzlich die Information, wie lang das Feld ist? Eine reine Namensdatei sieht dann aus wie in Textkasten 1.18.

007Dim Chi050Hieronymus Carl Friedrich Freiherr von Münchhausen017...

Textkasten 1.18 Mögliche Struktur einer Textdatenbank mit variabler Feldlänge

„Dim Chi“ braucht nur 7 Zeichen, der Freiherr schon wesentlich mehr. Jetzt erinnern Sie sich auch spontan an das BASIC-Programm in Textkasten 1.8. Die im Programm verwendeten Namen für die Datenelemente (also die Spalten der Tabelle) tauchen in der Tabelle selbst nicht auf – der Programmierer muss die genaue Aufteilung kennen.

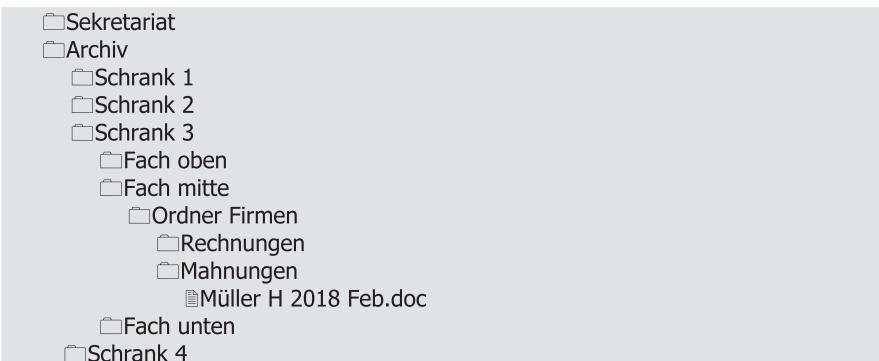
In der Bitschlange ist auch reichlich Platz für allerlei Steuerzeichen, denn die möglichen 256 Bitkombinationen in einem Byte bieten dafür Raum. Ein Beispiel ist das berühmte EOF (*end of file*, Ende der Datei). Falls es Sie interessiert: 1A_{hex} in ASCII.

Das Einzige, das der Computer kennt, ist das Byte. „Gib mir den Inhalt von Byte Nr. 727.054!“, sagt das Steuerwerk. Was es bedeutet, muss erst aus dem Kontext erschlossen werden. Wird es als Textzeichen interpretiert, als Programmbebefl, als Steuerzeichen, als Binärzahl, als Bildpixel, als Sensorsignal? Kommt darauf an, was vorher geschah und was danach geschieht. Ist der Inhalt 7A_{hex}, der Befehl „Übertrage“ wie in Textkasten 1.4, dann sagt das Steuerwerk (wenn es dort ein Programm abarbeitet): „Nimm die nächsten 3 Bytes als Quelladresse und die darauf folgenden 3 Bytes als Zieladresse.“

Heil'ge Ordnung, segensreiche Himmelstochter

So steht es in Schillers „Glocke“, dem Gedicht, das ältere Semester noch auswendig lernen mussten. Angesichts der riesigen Speicher, die auf modernen Computern zur Verfügung stehen, ist Ordnung das oberste Gebot. Dazu dienen Verzeichnisse, die hierarchisch strukturiert sind.

Der Praktikant versuchte zu verstehen, was sein Chef ihm – wie so oft ohne Punkt und Komma – mitzuteilen versuchte: „Also im Archiv nicht im Sekretariat im dritten Schrank im mittleren Fach da steht der Ordner mit der Aufschrift Firmen und da drin sind zwei Trennlagen Rechnungen und Mahnungen und bei den Mahnungen möchte ich das Schreiben an Müller und zwar an Hans Müller vom Februar 2018.“ Analog zu dieser Art der Ordnung könnte die Struktur von Verzeichnissen auf dem Computer aussehen wie in Textkasten 1.19.



Textkasten 1.19 Beispiel einer Verzeichnisstruktur

Zwischen diesen Verzeichnissen kann (und muss) der Benutzer mit Hilfe von Datenverwaltungsprogrammen (in *Windows* der *Explorer*, der „Entdecker“; bei Apple der *Finder*, der „Finder“) hin- und hernavigieren. Dabei kann es zu Überraschungen kommen, wenn man unachtsam ist, denn ein und dieselbe Datei-
name (z. B. „Müller H 2018 Feb.doc“) kann in zwei oder mehr Verzeichnissen vorkommen – und dort durchaus unterschiedliche Inhalte haben.

Alle Information über die Strukturen von Daten („Datenstrukturen“) ist also irgendwo festgelegt:

1. im Programm, in der Beschreibung des Satzaufbaus (wie in Textkasten 1.17) oder
2. in den Daten selbst mit speziellen Steuerzeichen (z. B. der aus der Zeit der Schreibmaschinen stammende „Wagenrücklauf“, engl. *carriage return*, Abk. *CR*, hexadezimal 0D)⁹⁵ oder
3. eine Kombination aus beiden.

⁹⁵Also zusammen mit dem Zeilenvorschub (engl. *line feed*, Abk. *LF* hexadezimal 0A) ein Zeilenumbruch im Datensatz, meist bei Daten zur Druckausgabe.

Um Ordnung in der Vielzahl möglicher Speicherungsformen zu halten, wurde die Dateinamenserweiterung erfunden, sozusagen der Familienname der Datei. Es sind die durch einen Punkt abgetrennten 3 (oder mehr) hinteren Zeichen im Namen. In „Brief.txt“ und „Brief.doc“ ist vielleicht derselbe Wortlaut gespeichert, aber in anderem Format. Während in der Textdatei (Endung „.txt“) nur Zeichen in einer Schriftart und „neue Zeile“-Zeichen stehen (0D0A_{hex}), enthält „Brief.doc“ alle Steuerzeichen der Textverarbeitungssoftware namens *Word* der Firma *Microsoft*. Diese wiederum kann auf manchen Rechnern aufgrund ihres inneren Befehlsvorrates gar nicht laufen. Da hilft „Brief.pdf“, um ihn wenigstens am Bildschirm anzeigen zu können. Denn „pdf“ steht für *Portable Document Format* (dt. portables Dokumentenformat). Besonders „inhaltreich“ sind Dateien mit der Endung „html“, die wir in Abschn. 1.5 genauer betrachtet haben. HTML steht für *Hypertext Markup Language* und beschreibt die Struktur digitaler Dokumente wie Texte mit Hyperlinks, Bildern und anderen Inhalten. HTML-Dokumente sind die Grundlage des *World Wide Web* und werden von *Webbrowsern* dargestellt. Dazu kommen wir noch, wie gesagt.

Dateinamenserweiterung gibt es wie Sand am Meer.⁹⁶ Hier einige der wichtigsten (neben den gerade erwähnten) im Überblick:

exe	<i>executable</i> (ausführbar): eine Programmdatei, die der Computer ausführen kann, deren „Bitschlange“ also das Steuerwerk als Programm interpretiert
epub	<i>electronic publication</i> (elektronische Publication), der Inhalt eines „E-Book“
jpg ^a	<i>joint photographic experts group</i> (Vereinigte Gruppe der Fotografieexperten): eines der gängigsten Formate für Bilddateien
png	<i>portable network graphics</i> (portable Netzwerkgrafik): ein anderes Format für Bilddateien
gif	<i>Graphics Interchange Format</i> (Grafikaustausch-Format): noch ein Format für Bilddateien. Damit können mehrere Einzelbilder in einer Datei abgespeichert werden und erlauben kleine Animationen
xls	<i>MS Excel Sheet</i> (Excel-Tabelle): Tabellenkalkulation
zip	<i>zipper</i> (Reißverschluss): eine oder mehrere „komprimierte“ Dateien oder ganze Verzeichnisse (reduziert den Platzbedarf bei der Archivierung)

^aDie Experten und solche, die es sein wollen, sprechen die Endung als „dscheipeg“ aus

Bei der Datenkompression können z. B. wiederholte identische Zeichen (wie 100 reinweiße Pixel in einem Bild) durch eine kürzere Information ersetzt werden (wie 100*x00, also 100 mal 00_{hex}). Manche kennen das aus dem normalen Leben: statt 1.000.000 schreibt man 10⁶ oder 10^{^6}.

⁹⁶Schauen Sie mal in https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Dateinamenserweiterungen.

Tab. 1.7 Mögliche interne Struktur der Datei „Autos“

DataSetName	BlockLength	NrBlocks	Data	CheckSum	EOF
Autos	120	0417	...	A7ED07C3	1A

<----- header -----> <----- trailer ----->

Eine Datei ist nicht einfach eine Datei, die Daten enthält. Das klingt nach einem sinnlosen Satz, ist es aber nicht. Denn eine Datei enthält oft nicht nur Daten, sondern auch noch Daten *über* die Daten, also Beschreibungen oder andere Informationen, wie mit dem Dateinhalt umzugehen ist. Hier sind der Phantasie kaum Grenzen gesetzt. In so genannte *Headers* (engl. *head* „Kopf“, also Kopfdaten oder Vorspann) werden z. B. Art, Größe und Änderungsdatum gespeichert. Manche Dateien führen Prüfsummen mit sich, an denen man erkennt, ob in den Daten irgendwelche Manipulationen vorgenommen wurden. Unsere Auto-Datei (Textkasten 1.17) könnte eine interne Struktur mit *Header* und seinem Gegenstück, dem *Trailer*, wie in Tab. 1.7 haben. Der *Header* wären drei Felder mit dem Namen der Datei, der festen Gesamtbreite aller Spalten und der Anzahl der Datensätze. Dann käme der entsprechend große (417 mal 120) Datenbereich und am Ende der *Trailer* mit zwei hexadezimalen Angaben, der aus den Daten errechneten Prüfsumme und dem EOF-Zeichen.

Eine Datei wie auch ein Programm im Computer ist eine Art riesiger Tatzelwurm aus Nullen und Einsen. Aber der Vergleich hinkt, denn der Tatzelwurm hat eine von außen erkennbare Struktur: Kopf, Rumpf, Schwanz und die Tatzen. Aber *Header*, *Body* und *Trailer*, die manche Dateien haben, erkennt man nicht. Sie sind nur gedacht, in der zugehörigen Software verankert, in der Art und Weise, wie die heranflutenden Bits verarbeitet werden. Denn es ist eigentlich ein Datenstrom, der durch den *Bus*, die Kommunikationsröhren des Computers, fließt. Ein völlig strukturloser Strom aus roten und blauen Daten-Molekülen, den Bits.

Damit sind die Datenbankstrukturen noch lange nicht abgehandelt. Was immer sich Designer ausdenken, es lässt sich realisieren. Nur noch ein Beispiel: die „Baumstruktur“. Sie ist praktisch ein umgekehrter Bio-Baum, denn die Wurzel ist oben und die Äste und Zweige wachsen nach unten. Zumindest in der zeichnerischen Darstellung (Abb. 1.33), denn im Speicher gibt es kein oben und unten. Die Baumstruktur ist hervorragend geeignet, um hierarchische Zusammenhänge zu beschreiben. Also *einen* „Oberen“ und *viele* „Untere“. In Abb. 1.33 sehen Sie eine einfache Hierarchie: Die allgemeinen Familiendaten (z. B. Heiratsdatum) sind in einem „oberen“ Datenblock gespeichert. Davon abhängig und „nach unten“ über einen

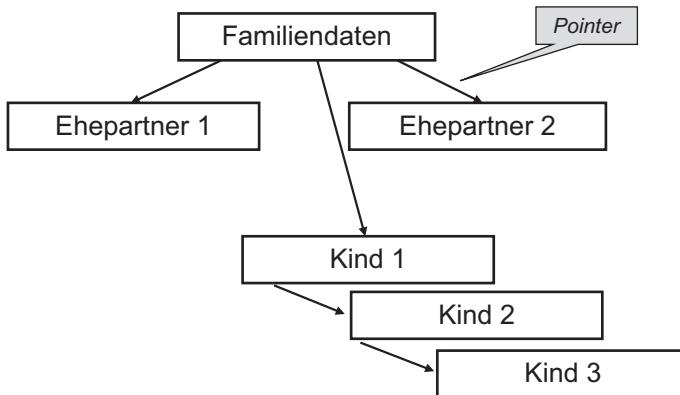


Abb. 1.33 Eine einfache Datenstruktur: ein „Baum“

Pointer (Zeiger) verbunden sind die Datenblöcke für die beiden Ehepartner und ggf. die Kinder. Der *Pointer* ist einfach nur eine interne Adresse des Datenblocks, damit die Software diesen findet.

„Auf jedem Schiff, das dampft und segelt, ...

... gibt's einen, der die Sache regelt“, das sagte Guido Westerwelle auf einem Parteitag der FDP im Jahre 2011. So auch hier, denn jetzt fehlt nur noch ein Teil der Hardware, nämlich dasjenige, das die Befehle entschlüsselt, interpretiert und ausführt, das Steuerwerk. Es steuert den gesamten Ablauf, wie man zu Recht vermutet. Viel ist nicht dazu zu sagen. Wir haben es ja gerade erwähnt: Es arbeitet Programme ab und interpretiert Teile der Bitschlange als Maschinencode-Befehle. Auch hier hat sich John von Neumann ein Standard-Vorgehen überlegt. Es besteht aus 5 Schritten:⁹⁷

1. *Fetch*: Zugriff auf die Speicheradresse, die im Befehlszähler steht. Die Daten (der Programmbebefhl), die an dieser Adresse im Arbeitsspeicher liegen, werden ins Befehlsregister geladen.
2. *Decode*: Der Decoder entschlüsselt den Befehl (z. B. DIV).
3. *Fetch Operands*: Abhängig vom Befehl werden jetzt die Operanden, die für die Ausführung des Befehls gebraucht werden, geladen. In Textkasten 1.5 wäre es bei DIV das Feld MWST.

⁹⁷Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerwerk>.

4. *Execute*: Alle notwendigen Daten sind jetzt in Registern vorhanden. Je nach Art des Maschinenbefehls werden jetzt eine oder mehrere Operationen ausgeführt.
5. *Write Back*: Wenn ein Befehl in den Arbeitsspeicher zurückschreibt (nicht alle tun das), werden die Ergebnisse aus den Registern übertragen.

Obwohl der Von-Neumann-Rechner ein sehr einfaches Modell eines Computers ist, basieren alle modernen Computer auf diesem einfachen Prinzip.⁹⁸ Was ist also Geheimnisvolles am Computer? *Nichts*, könnte man sagen. Er ist nur ein Werk der Ingenieurskunst, eine Maschine. Aber eben eine sehr komplexe, eine Universalmaschine. Und durch diese universelle Verwendbarkeit, durch die Programmierung, bekommt sie ihre ungeheure Kraft.

Ein Computer kommt selten allein

Die Zeit der Computer-Monster war ebenso abgelaufen wie die der Dinosaurier. Wie damals folgten ihnen kleine, pfiffige und wendige Wesen. 1976 hatten Steve Jobs und Steve Wozniak den „persönlichen Computer“ erfunden. Schließlich hatte 1981 auch IBM die Bedeutung des PC erkannt. Der *Host* (so nannte man den Zentralrechner im Rechenzentrum von Unternehmen, wörtlich: Gastgeber) war nicht mehr allein. Jetzt konnte man die Arbeit sinnvoll aufteilen, daher die Bezeichnung „verteilte Verarbeitung“. Nun musste man ...

1. den Datenaustausch zwischen dem PC („Kunde“, engl. *Client* genannt) und dem Zentralrechner (auch „Bediener“, engl. *Server* genannt) organisieren sowie
2. die Verteilung der Aufgaben zwischen *Client* und *Server* festlegen (deshalb spricht man auch vom „*Client-Server-Modell*“).

Manchmal, aber nicht immer, ist der *Server* ein *Host* in einem Unternehmen, ein dicker zentraler Computer, und der *Client* ein kleiner PC irgendwo auf dem Schreibtisch eines Angestellten oder im Netz. Aber nicht immer, denn es sind nur Rollen, die die Rechner spielen. Es könnte auch ein PC ein *Server* sein und ein *Host* ein *Client*. Denn der *Client* fordert einen Dienst beim *Server* an, und der stellt diesen Dienst bereit. Zwischen ihnen

⁹⁸Zitat aus „Computer-Architektur“ in *Elektronik-Kompendium*, das auch weiterführende Informationen liefert (<https://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/1309261.htm>).

besteht eine Kommunikationsverbindung, da sie ja räumlich (evtl. weit) getrennt sind. Ein Beispiel:

<i>Client</i>	Benutzer hat den Dienst CHECKIN angefordert und eine Buchungsnummer eingegeben. „He, MyAirline.com, schicke mir mal die Buchungsdaten!“
<i>Server</i>	Übermittelt Flugnummer, Flugdatum, Passagierdaten usw. aus der zentralen Datenbank. Bietet Zusatzgepäck, Mietwagen, Hotels usw. an
<i>Client</i>	„Okay, buche noch einen Koffer ein!“
<i>Server</i>	Ändert die Datenbank. Fordert Zahlungsdaten an
<i>Client</i>	Schickt Kreditkartendaten an den <i>Server</i>
<i>Server</i>	Prüft Kreditkartendaten mit dem Zentralrechner des Kreditkartenunternehmens
<i>Client</i>	usw.

Sie sehen, das kann komplex werden und mehrere *Host*-Rechner mit in den Vorgang einschließen (hier der Zentralrechner des Kreditkartenunternehmens). Denn alles ist mit allem vernetzt. Entsprechend aufwendig kann die Programmierung sein, denn abgesehen von den fachlichen Regeln gilt es, viele technische zu berücksichtigen, z. B. was, wenn ein Datenübertragungsfehler auftritt? Was, wenn der *Host* nicht antwortet? Was, wenn der *Client* plötzlich abstürzt? Was, wenn der Benutzer den Vorgang abbricht, aber schon Veränderungen in der Datenbank vorgenommen wurden?

Verteilte Rechner – verteilte Daten

Wenn wir die Rechenleistung, also die Programme oder Algorithmen, auf verschiedene räumlich (evtl. weit getrennte) Computer verteilen, warum nicht auch die Daten? Denn das ist technisch ja dasselbe: eine Bitschlange, eine Kette (eng. *chain*) von Bits.

So wurde u. a. die *Blockchain* erfunden, das neueste Modeereignis auf dem IT-Sektor. Wörtlich übersetzt: eine Kette von (Speicher-)Blöcken. Aber je mehr Schichten der Komplexität um einfache Prinzipien gelegt werden, desto schwieriger wird es, sie verständlich zu beschreiben. Eine Datenbank als verknüpfte Tabellen ist ja noch einfach zu verstehen – bei der *Blockchain* wird es schon schwieriger. Deswegen nur das Nötigste: Eine *Blockchain* ist ein System zur Absicherung von Transaktionen auf verteilten Rechnern.

Was ist eine Transaktion? In der normalen Kommunikation ist es ein Dialogschritt, Frage und Antwort: „Wie spät ist es?“ „Sechs Uhr morgens.“ In der Informatik ist eine Transaktion als abgeschlossener Vorgang definiert, als eine Folge von einzelnen Dialogschritten, die zusammen eine Einheit bilden. Ein Alltagsbeispiel kann das verdeutlichen (Textkasten 1.20), aber im Geschäftsleben ist es auch nicht anders.

A: „Kannst du mir 'nen Hunni leihen?“
 B: „Hmm ... wie lange denn?“
 A: „Einen Monat, ginge das?“
 B: „Na gut ... aber ich schreib' es mir in meinen Kalender.“
 A: „Ich auch, verlass' dich drauf, ich vergesse es nicht.“
 B: „Danke, Kumpel. Na dann rück mal raus!“
 A: „Hier ... zähl bitte nach!“
 B: „Stimmt schon. Danke.“

Textkasten 1.20 Beispiel einer Transaktion im „Geschäftsleben“

Diese Transaktion wird wie in einem Kassenbuch protokolliert – genauer: wie in den *beiden* Kalendern, denn *jeder* von beiden merkt sich den Vorgang. Und jetzt wird es formal, wie bei einem Grundstücksgeschäft: Zug um Zug. Notiert es sich B nicht im Kalender oder hat A nur 90 in der Tasche, wird alles rückgängig gemacht und die Transaktion gilt als nicht abgeschlossen. Hat A nicht genug Geld, um es B zu leihen, streichen beide den Eintrag in ihren Kalendern.

Die Funktionsweise einer *Blockchain* kann man mit dem Journal der Buchführung vergleichen (im Englischen ist die *Blockchain*-Technik deshalb auch unter dem Begriff „*Distributed Ledger*“ – übersetzt „verteiltes Kontobuch“ – bekannt). Es ist eine dezentrale Datenbank, bei dem jeder Datensatz durch die Speicherung des „Hashwertes“ des vorangehenden Datensatzes gesichert wird. Einen „Hashwert“ kann man dabei als eine Art virtuellen Daumenabdruck sehen, der für jeden Datensatz eindeutig ist und sich somit für eine Integritätsprüfung eignet (wie die *CheckSum* in Tab. 1.7). Dadurch, dass nun in einer *Blockchain* die Daten aufeinander aufbauend gespeichert werden, ist eine nachträgliche Änderung dieser nicht möglich, ohne die Integrität des Gesamtsystems zu beschädigen. Vorteil eines solchen dezentralen Kontrollmechanismus, der praktisch automatisch und selbstständig die Integrität gewährleistet, ist die Tatsache, dass so keine weitere vertrauenswürdige dritte Instanz nötig ist, um die Integrität von Transaktionen zu bestätigen. Gerade diese Instanz (z. B. Banken, Versicherungen, Notare, ...) war und ist es heutzutage immer noch, die Transaktionen teuer macht und diese auch verzögert.⁹⁹

Diese auf verschiedenen Rechnern verteilten Blöcke sind in Abb. 1.34 vereinfacht dargestellt.

⁹⁹Absatz wörtlich aus Christian Stobitzer: „Blockchain einfach erklärt: Definition, Beispiele und mehr“ in *FinanzEinstieg* vom 08.07.2017 (<http://www.finaneinstieg.de/blockchain/>, dort auch Link zu einem erklärenden Video).

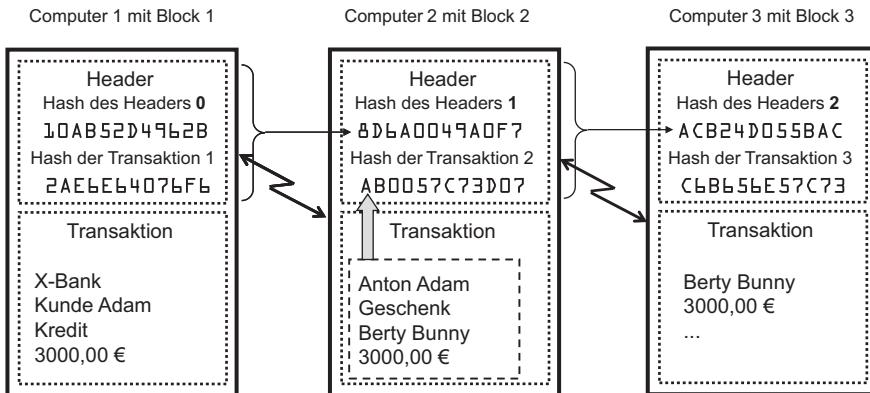


Abb. 1.34 Prinzip einer *Blockchain*

Die Fälschungssicherheit der *Blockchain* entsteht einerseits durch die Verschlüsselung (Öffentlicher/privater Schlüssel, Signatur), andererseits durch den Hash, die aus den Daten errechnete Kontrollzahl.¹⁰⁰ Die Blocks sind miteinander verknüpft, weil jeder Block den Hash seines Vorgängers enthält. Zusätzlich fließt der Hash des Vorgängers in die Berechnung des eigenen Hashs ein, der seinerseits im nächsten Block gespeichert wird. Dadurch ist die Manipulation der *Blockchain* so schwierig, weil man jedes Mal die gesamte Kette neu berechnen müsste. Was in den Blöcken gespeichert wird (in unserem Beispiel eine finanzielle Transaktion) ist völlig beliebig.

IBM zum Beispiel möchte seine Forschungsergebnisse gegen Manipulationen absichern. Das Unternehmen hat seit 1993 mittlerweile über 100.000 US-Patente erworben, und allein im Jahr 2017 wurden über 9000 Patente von IBM angemeldet. Alle Daten, Analysen und Interpretationen seiner Studien werden in einer eigenen *Blockchain* abgelegt. Auf diese Weise wird eine nachträgliche Manipulation der Daten verhindert. Das Patent namens „*Blockchain for Open Scientific Research*“ zur Nutzung der Blockchain für wissenschaftliche Studien gehört auch dazu – Münchhausens Schopf lässt grüßen.¹⁰¹

Doch nun wieder zurück zu dem einzelnen Computer, denn irgend etwas muss diese dumme 0-1-Maschine ja zum Laufen bringen, für uns

¹⁰⁰In Wirklichkeit keine numerische Zahl, sondern ein hexadezimaler Bandwurm wie in Abb. 1.34.

¹⁰¹Max Otte: „IBM und die Blockchain – Der IT-Dino baut seine Führungsposition aus“ in *Der Privatinvestor* vom 07.12.2018 (<https://www.der-privatinvestor.de/ibm-und-die-blockchain-der-it-dino-baut-seine-fuehrungsposition-aus>).

benutzbar machen. Es ist – wie bei Lebewesen – ihr Gehirn, also Software: das „Betriebssystem“. Ein System, das den Betrieb erst ermöglicht. In den Anfängen einfach und unbequem, denn man musste Befehle eintippen, z. B. „Kopiere Datei ,test.txt‘ vom Speicher A nach B und nenne sie dort ,test1.txt“ (copy a:test.txt b:test1.txt).

Die zentrale Verwaltung: das Betriebssystem

Was geht eigentlich in *Ihrem* Gehirn vor? Da gibt es nämlich – nach neuesten Erkenntnissen – eine Zweiteilung, die wir im Computer wiederfinden. Ein großer Teil unseres Verhaltens ist erlernt, denn sogar die Hardware, das Gehirn selbst, verändert sich durch die Erfahrungen, die man ab seiner Geburt in der Welt sammelt. „Neuroplastizität“ nennt man das physische Wachsen neuer neuronaler Verbindungen. Unsere Software, die Summe unserer Gedanken, Gefühle, Erfahrungen, Erinnerungen usw. verändert sich durch Lernen. Sie ist total flexibel. Aber wir haben auch Verhalten, das „ab Werk“ mitgeliefert wird – in unseren Genen. Der Verhaltensforscher Konrad Lorenz nennt es den „angeborenen Lehrmeister“. Erste Grundmuster von Empathie, Gerechtigkeitsgefühl und Hilfsbereitschaft sind schon bei Babys zu beobachten, die dieses soziale Verhalten noch nicht erlernt haben können – und sogar bei einigen höheren Tierarten. Und wir haben sogar spezielle Hardware dafür, die „Spiegelneuronen“. Sie spiegeln (daher der Name) das von uns beobachtete Verhalten wider: Strecken Sie einem Äffchen die Zunge heraus ... und das Äffchen macht dasselbe!

Wozu erzähle ich Ihnen das? Weil ein Computer auch „ab Werk“ mit eingebauter Software geliefert wird, dem BIOS (*Basic Input Output System*, grundlegendes Ein-/Ausgabe-System). Sozusagen das Stammhirn eines Neugeborenen, das Atmung, Herzschlag und andere grundlegende Körperfunktionen steuert. Aber der Computer ist auch selbtkritisch: Das BIOS führt einen Selbsttest (*power-on self-test* genannt) nach dem Einschalten des Computers durch, um zu prüfen, ob noch alles in Ordnung ist. Aber danach ist er so unbrauchbar wie wir am Morgen nach einer durchzechten Nacht.

Denn richtig benutzbar wird er, wie gerade erwähnt, erst durch das Betriebssystem, kurz „OS“ genannt (von engl. *operating system*). Eines der ersten seiner Art war DOS, das *Disk Operating System*. Es wurde durch die oben gezeigten Befehle gesteuert – man musste sie in ihrer Kompliziertheit im Kopf haben

oder nachlesen. Und es war mühsam, denkt man an Verzeichnisstrukturen wie in Textkasten 1.19. Was halten Sie z. B. von „copy a:\Archiv\Schrank 3\Fach mitte\Ordner Firmen\Mahnungen\Müller H 2018 Feb.doc b:*.*“? Furchtbar! Da musste eine „grafische Benutzeroberfläche“ (GUI, *Graphical User Interface*) her, in der Verzeichnisstrukturen am Bildschirm zeichnerisch dargestellt waren und man Dateien mit der Maus herumschieben konnte. Und in der *mehrere* Programme *gleichzeitig* sichtbar waren und bearbeitet werden konnten, um z. B. eine Adresse aus einer Datenbank in einen Text einzusetzen und mit einer Zahl aus einer anderen Datenbank zu rechnen. Wie Sie in Abschn. 1.5 gesehen haben, muss man dafür 4 Anwendungen gleichzeitig im Auge haben: Datenbank 1, Datenbank 2, Textverarbeitung und Tabellenkalkulation. Deswegen zeigt die grafische Benutzeroberfläche einzelne Fenster, in denen je eine Anwendung dargestellt wird. Und so nannte Bill Gates sein Betriebssystem einfach „Windows“. Für die Welt der Apple-Computer ist es das Betriebssystem *macOS*. Aber das sind nur zwei aus einer Reihe von Betriebssystemen, deren Aufzählung hier zu weit führen würde.

Nur eine – auf den ersten Blick verwegene – Idee soll hier noch erwähnt werden: Software, die nicht unter dem strengen Entwicklungsmanagement eines Herstellers geschrieben wird, sondern (wie die Enzyklopädie Wikipedia) von einer Heerschar freier Entwickler erstellt wird. Mehr noch: die jeder Benutzer verändern kann, denn er erhält den Quellcode und nicht das in Maschinencode umgewandelte Programmpaket. Es ist „Freie Software“ (*Free Software* oder *Open Source*). Ein Beispiel dafür ist ein weit verbreitetes Betriebssystem: Sein Name ist „Linux“ und sein Markenzeichen ein lächelnder Pinguin.

Aber vergessen Sie nicht: „Computer“ sind ja auch die kleinen Kästchen, mit denen wir (gelegentlich auch) telefonieren. Auch sie brauchen ein Betriebssystem. Dort heißen sie *Android* (ebenfalls im Prinzip „Freie Software“) und *iOS* von Apple. *Windows* und *Android* sind die Platzhirsche auf dem jeweiligen Betriebssystem-Sektor mit je ca. 40 % Marktanteil.

Software lebt. Jede Anwendung wird weiterentwickelt, es werden Verbesserungen eingebaut, Fehler behoben, Sicherheitslücken geschlossen (siehe Abschn. 3.6 über Hacker). Das gilt natürlich besonders für Betriebssysteme, bei denen regelmäßig *Updates* (Aktualisierungen) vorgenommen werden – nicht immer zur Freude der Benutzer, wenn sie gerade eine wichtige Arbeit erledigen müssen. Oder wenn sie drohende Hinweise erhalten (Textkasten 1.21, vor dem Laden von ca. 120 Megabyte) und nicht wissen, wie sie darauf reagieren sollen.

Diese Software-Installation ist kostenlos für Sie.

Während der Installation können Sie Ihr Gerät nicht verwenden, auch nicht für Notrufe.

Die Symbole auf dem Startbildschirm und die Geräteeinstellungen werden möglicherweise auf die Standardeinstellungen zurückgesetzt. Sie müssen dann nach der Installation neu konfiguriert werden.

Ein Software-Update sollte die Dateien und Daten auf Ihrem Gerät nicht beeinflussen.

Sichern Sie vorsichtshalber alle wichtigen Daten für den Fall, um unerwarteten Datenverlust zu vermeiden.

Textkasten 1.21 Warnung vor dem Update von *Android Version 5.1.1*

„Ein Computer kommt selten allein“ haben wir oben gesagt. Treibt man die *Client/Server*-Idee auf die Spitze, dann kann man jeden Computer mit jedem verbinden. Und schon hat man ein weltweites Computer-Netz, das *World Wide Web*. Aber das ist ein spezielles Thema, auf das wir in Abschn. 3.2 ausführlich eingehen werden. Vorab nur einige grundlegende Informationen.

Von „verteilter Verarbeitung“ zum Rechnernetz

Nun hatten die Techniker fast alles erfunden, was wir brauchen:

1. die Möglichkeit, Computer über Datenleitungen miteinander zu verbinden und die auf einer anderen Maschine gespeicherten Daten und Programme zu nutzen und
2. Verarbeitungsprozesse zwischen Computern aufzuteilen, insbesondere zwischen einem *Server* oder *Host* und einem *Client* – letzterer meist der PC auf dem eigenen Schreibtisch. Plus ...
3. ein Verfahren, in die Daten (meist in den auf dem Bildschirm angezeigten Text) mit Hilfe der *Tag Language* Programmbefehle (und nicht nur zur netten Textgestaltung wie in Textkasten 1.16) einzuschleusen.

Die ersten Schritte gab es schon sehr früh, 1968 in Form des ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*). Am Anfang waren nur Rechner von vier Universitäten, die für das Verteidigungsministerium forschten, miteinander verbunden. Das Militär hatte auch eine zentrale Forderung: Das Netz sollte ausfallsicher sein. Wenn eine Verbindung ausfiel, sollten die Bits über alternative Wege fließen. Statt der direkten Leitungsvermittlung zwischen

zwei Telefonleitungen ersann man die „Paketvermittlung“. Die Bits flossen nicht in einem Strom durch die Leitung, sondern wurden (wie 10 Päckchen bei einem Fahrrad-Kurierdienst) in Häppchen aufgeteilt, die unterschiedliche Wege nehmen konnten. Die Einzelheiten erspare ich Ihnen, aber es ist klar, dass in jedem Paket neben den Daten mindestens drei Angaben enthalten sein müssen: die Quelle des Paketes, das Ziel des Paketes und die Paketlaufnummer. Letztere war besonders wichtig, denn der Empfänger musste sich die einzelnen Päckchen ja wieder zu einem Datenstrom in der richtigen Reihenfolge zusammensortieren. Sonst landet in einem Brief vielleicht „Mit freundlichen Grüßen“ vor der Anrede.¹⁰²

Der Datenverkehr in solchen Netzwerken wird durch „Protokolle“ geregelt, genauer durch ein *Transmission Control Protocol* (TCP, Übertragungssteuerungsprotokoll). Es ist ein Netzwerkprotokoll, das definiert, auf welche Art und Weise Daten zwischen Netzwerkkomponenten ausgetauscht werden sollen. Es sortiert z. B. die Datenpäckchen und fordert auch „verloren gegangene“ erneut vom Sender an. Ein Beispiel ist das FTP (*File Transfer Protocol*, Datei-Übertragungsprotokoll) zum Übertragen ganzer Dateien „in einem Rutsch“. Ein anderes das *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), das Übertragungsprotokoll für *Hypertext*. Das enthält zahlreiche Formalien, denn *Client* und *Server* müssen ja erst einmal Verbindung aufnehmen und diverse Sicherheitsinformationen austauschen. Dagegen ist der Erstkontakt von James Bond mit einem russischen Agenten fast formlos zu nennen.

Vom Rechnernetz zum Internet

Erst später, zeitgleich mit der Ausbreitung der PCs, kam man auf die Idee, dieses Konzept zu erweitern. Zwar gab es Ende der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts schon seit über 20 Jahren das Internet in seinen frühen Formen, aber es war weitgehend immer noch eine eher akademische Angelegenheit, die vornehmlich von Universitäten, Forschungsinstituten und in den USA auch von militärischen und behördlichen Einrichtungen genutzt wurde. Damals hielt aber der PC, der persönliche Computer, Einzug in den Unternehmen. Viele interpretierten den Namen ja als „Computer für die Personalabteilung“, aber bald erkannte man, dass die Möglichkeiten der individuellen Datenverarbeitung weiterreichen als ein paar private

¹⁰²Ausführliche Darstellung von Besim Karadeniz: „Ein Internet-Lexikon“ auf netplanet (<https://www.netplanet.org/>), speziell „Geschichte des Internet“ (<https://www.netplanet.org/geschichte/>).

Excel-Tabellen. Ja, und dass man die Last der Datenverarbeitung ganz gut zwischen zentralen Großrechnern und einzelnen Endgeräten (die im Gegensatz zu „dummen“ Bildschirmen als „intelligent“ galten) verteilen konnte.

Nun müssen wir ja Quelle und Ziel der Datenpakete irgendwie angeben. Anstatt dem Aufbau einer Postadresse zu folgen (Muster AG, Abt. 4711, z. Hd. Dr. H. Mustermann, Neubaustr. 1, D-12345 Musterstadt) verwendet man einfach eine Nummer. Die zugrunde liegende Adressierung im Netz beruht auf der so genannten IP-Adressierung. „IP“ steht für „Internetprotokoll“. Bei dieser Technik ist jede Ressource im Internet mit einer eindeutigen Nummer, eben dieser IP-Adresse erreichbar. Jede Übertragung im Internet erfolgt also zwischen Geräten mit IP-Adressen. Für die wenigen Geräte der Vergangenheit reichten 4 Bytes, dezimal z. B. 203.0.113.195. „Wenig“ sind immerhin über 4 Mrd. Aber jetzt schon wird es eng, und bald haben wir ja das „Internet der Dinge“. Dann hängen mehr Geräte am Netz als es Menschen auf der Erde gibt. Also gibt es jetzt das *Internet Protocol Version 6* (IPv6) mit 16 Bytes. Das sind aber nicht 64 Mrd., sondern etwas mehr, eine Dezimalzahl mit 32 Nullen – und das dürfte wohl reichen. Um es halbwegs übersichtlich zu halten, stellt man IPv6-Adressen in acht Zweiergruppen hexadezimal dar, z. B. 2001:0db8:4672:6565:2026:5043:2d42:5344. Trotzdem ist für den Gebrauch durch Menschen „übersichtlich“ das falsche Wort. Etwas anderes muss her.

Man wollte ja – im Gegensatz zur Übertragung ganzer Dateien – eine Art „Dialog“ zwischen *Server* und *Client* ermöglichen und dabei eine benutzerfreundliche Lösung anbieten. Vor diesem Problem stand Timothy „Tim“ J. Berners-Lee, der an der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN arbeitete. Ein Teil der Laboratorien befindet sich auf französischem, ein anderer auf schweizerischem Gebiet. Unterschiedliche Netzwerk-Infrastrukturen erschwerten so den Austausch von Informationen. Doch Tim war erblich vorbelastet. Er war der Sohn eines Mathematiker-Ehepaars, das den *Manchester Mark I* mitentwickelt hatte. Ein Computer-Monstrum mit Radioröhren, der 1948/1949 an der Universität Manchester konstruiert wurde. Am 12. März 1989 stellte Tim Berners-Lee erstmals sein Konzept vom *World Wide Web* vor, und in der Folgezeit fügte er mit einem Kollegen alles hinzu, was uns heute so geläufig ist:

- die Seitenbeschreibungssprache HTML, um in „normale“ Daten Steuerbefehle einzubauen zu können,
- das Transferprotokoll HTTP für den Datenverkehr im Internet,
- den ersten *Browser*, sozusagen das Programm zur lesbaren Anzeige von HTML und
- die URL.

Die URL ... was ist das nun wieder? Der oder die URL ist der *Uniform Resource Locator*, der einheitliche Ressourcenanzeiger, der eine Ressource im Netz identifiziert und lokalisiert, beispielsweise eine Website. Doch wie machen wir das, wenn wir auf unserem Bildschirm den Text sehen: „Adressen hierzu finden Sie auf der Seite Kontakt des *Vassar College* in Poughkeepsie, NY“? Tims Lösung des Problems, auf die *Contact*-Seite des *Vassar College* zuzugreifen, sehen Sie in Textkasten 1.22.¹⁰³

Adressen hierzu finden Sie auf der Seite
`Kontakt des <i>Vassar College</i> in Poughkeepsie, NY.`

Textkasten 1.22 Mit HTML wird eine komplizierte Internetadresse einfach versteckt

In Wikipedia sind solche Links noch einfacher gestaltet: Ein interner Link zur Seite „Irgendwo“ ist als „[[Irgendwo]]“ codiert und erscheint im Text als „Dies ist ein Link zur Seite Irgendwo“.

Der Tod des Klienten

Das ist kein Filmtitel, sondern die Antwort auf eine Frage: Wozu brauchen wir ihn eigentlich, den *Client*-Rechner? Er macht uns ja nur Probleme: Die Daten sind immer auf dem falschen Gerät („Ach ja, die Notiz mit den Hoteladressen ist ja auf dem Tablet und nicht dem Laptop.“ „Deinem oder meinem?“ „Nee, ich glaube, bei unserer Tochter!“). Und die Anwendungsprogramme sind unterschiedlich („Nee, ein *Word*-Dokument kannst du nicht so einfach auf dem *Mac* verarbeiten!“).

Also weg mit ihm! Daten und Programme in die *Cloud*, in die Wolke. Das *Cloud-Computing* kam in Gang. Zuerst stellten die *Provider* („Versorger“), die Internetdienstanbieter oder Internetdienstleister, E-Mail-Versand und Speicherplatz zur Verfügung. Seit ca. 10 Jahren ist das Angebot wesentlich vielfältiger geworden. Im Prinzip erhalten Privatleute und Unternehmen kostenlos oder gegen Bezahlung fast jede beliebige Art von IT-Infrastruktur, um z. B.

- Daten zu speichern, zu sichern und wiederherzustellen,
- eigene Websites anzubieten und zu betreiben und
- Software zu benutzen.

¹⁰³Frei nach <https://www.html-seminar.de/externe-links.htm>.

Unternehmen können mit nur wenigen Mausklicks selbst äußerst große Mengen an IT-Ressourcen innerhalb weniger Minuten bereitgestellt bekommen. Privatleute können (z. T. auch kostenlos) neben Webseiten auch *Blogs* erstellen. „*Blogs*“ (Kunstwort aus engl. *Web* und *Log* für Logbuch), das sind sozusagen Tagebücher oder chronologisch angeordnete Nachrichten- oder Meinungsseiten.

Wollen Sie Ihr Haus, Ihr Auto oder Ihr Boot verkaufen, sparen Sie sich die Kosten für umfangreiche Anzeigen und speichern Sie alle Informationen und Bilder auf Ihrer neu eingerichteten Webseite. Die *Provider* machen es Ihnen leicht. Sie müssen nicht HTML lernen, keine Bange – es gibt viele kostenlose „Baukästen“, oft mit eigener *Domain* (also dem eigenen unverwechselbaren Namen Ihrer Seite). Natürlich nur, wenn der Name nicht bereits vergeben ist – mit www.coca-cola.com oder www.aldi.de haben Sie keine Chance. Erstellen Sie Ihre Traumseite mit den besten Website-Erstellern!¹⁰⁴

Wollen Sie Ihren Mitmenschen regelmäßig Kochrezepte oder politische Kommentare oder Neues aus Ihrer Region anbieten, werden Sie *Blogger* auf dem Weg zu einem eigenen Medien-Imperium. „Die so genannten neuen Medien waren einmal, jetzt kommen die Wir-Medien.“¹⁰⁵

1.7 Eine völlig andere Architektur ... und lernfähig

Ein Programm gibt die Reihenfolge der einzelnen Schritte exakt und reproduzierbar vor. Das zeitliche Nacheinander ist eindeutig geregelt: Zuerst wird zum Beispiel der Nettobetrag als Summe aller einzelnen Posten ermittelt (eine Schleife, wie Sie sich erinnern). Danach das Brutto aus dem Netto über die Mehrwertsteuer berechnet. Hunderte von einzelnen Werten werden erzeugt, alle in der richtigen Reihenfolge. Wird sie vertauscht, tritt ein Fehler auf, denn ein undefinierter oder alter Wert ist in dem verwendeten Feld. Unschön! Warum kann sich unsere Universalmaschine nicht die richtige logische Reihenfolge selbst zusammenfummeln? Denn wenn die Berechnung des Wertes A einen Wert B voraussetzt ($A :=$ irgendeine Formel mit B), dann muss vorher B bekannt sein ($B :=$ irgendeine Formel oder Eingabe von außen). Das war die erste Idee.

¹⁰⁴ „Create Your Dream Site with the Best Website Builders“ auf <https://www.top10bestwebsitebuilders.com/comparison> oder bei Robert Brandl: „Der große Homepage-Baukasten Vergleichstest für 2018“ (<https://www.websitetooltester.com/homepage-baukasten-test>).

¹⁰⁵ Christoph Ehrhardt: „Jetzt kommen die Wir-Medien“ in FAZ online vom 25.01.2006 (<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/kino/weblogs-jetzt-kommen-die-wir-medien-1303750.html>).

Experten formulieren Regeln

„Wissensbasierte Systeme“ oder „Expertensysteme“ arbeiten mit programmierten Regeln in Form von „Wenn-dann“-Beziehungen, aber die richtige Reihenfolge ermitteln sie selbst. Zum Beispiel: *Wenn* laufende Nase *und* Halsschmerzen *und* plötzliches starkes Fieber, *dann* ist es eine Grippe. *Wenn* laufende Nase *und* Halsschmerzen *und* *kein* Fieber, *dann* ist es eine Erkältung. Und wenn einige hundert dieser Regeln im Computer gespeichert sind – ohne Rücksicht auf die logische Reihenfolge –, dann sortiert er sie sich selbst zurecht. Man nennt sie deswegen auch „regelbasierte Systeme“. Aufbauend auf dieser Idee entwickelte die *Stanford University* das System MYCIN zur Diagnose und Therapie von Infektionskrankheiten durch Antibiotika – eines der ersten Expertensysteme überhaupt. Danach kamen Expertensysteme mit immer komplexeren Regelarchitekturen für Lungentests, innere Medizin, die Analyse von Molekularstrukturen für Chemiker und Gesteinsformationen für Geologen auf den Markt. Expertensysteme halfen bald beim Konfigurieren von Computern oder bei der biologischen Klassifizierung. Wie das geht, wollen wir uns kurz anschauen.

Das Lexikon definiert: „Der Mensch, auch *Homo sapiens* genannt (lat. für ‚verstehender, verständiger‘ bzw. ‚weiser, gescheiter, kluger, vernünftiger Mensch‘), ist nach der biologischen Systematik ein höheres Säugetier aus der Ordnung der Primaten (*Primates*). Er gehört zur Unterordnung der Trockennasenprimaten (*Haplorrhini*) und dort zur Familie der Menschenaffen (*Hominidae*).“¹⁰⁶ Stellen Sie sich eine daraus abgeleitete Regel als Funktion (wie z. B. in Textkasten 1.14) vor. Ein bekanntes Beispiel aus der Logik lautet: Wenn aus A zwingend B folgt und A gegeben ist, dann gilt auch B. Anwendung: Wenn jemand ein Mensch ist, dann ist er sterblich. Sokrates ist ein Mensch.¹⁰⁷ Also ist er sterblich. Wir riechen bereits eine Art Code dahinter, ein IF-THEN-ELSE ohne ELSE: IF Mensch(x) THEN Sterblich(x). Dabei sei Mensch(x) eine Funktion, die den Wert 1 („wahr“) liefert, wenn x die Bedingung erfüllt, und eine 0 („falsch“), wenn nicht. Das heißt, Mensch('Gorilla') liefert 0, Mensch('homo heidelbergensis') liefert 1.

Damit bauen wir jetzt unsere „Wissensbasis“ wie in Tab. 1.8.

Und die vier heute lebenden Gattungen Gorillas, Orang-Utans, Schimpansen und Homo (Menschen) sind allesamt Menschenaffen.

¹⁰⁶Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Mensch>.

¹⁰⁷Das Sokrates-Beispiel ist ein Klassiker der Logik. Er ist ein guter Beweis, dass die Regel zutrifft, denn er *ist* bereits gestorben.

Tab. 1.8 Ein Satz von Regeln für eine biologische Wissensbasis

IF Mensch(x)	Art „gehört_zu“ Gattung ^a
THEN Homo(x)	
IF Homo(x)	Gattung „gehört_zu“ Tribus
THEN Homini(x)	
IF Homini(x)	Tribus „gehört_zu“ Unterfamilie
THEN Homininae(x)	
IF Homininae(x)	Unterfamilie „gehört_zu“ Familie
THEN Menschenaffen(x)	
IF Menschenaffen(x)	Familie „gehört_zu“ Überfamilie
THEN Menschenartige(x)	
IF x='Gorilla'	Ein Gorilla „ist_ein“ Menschenaffe
THEN Menschenaffen(x)	
IF x='Orang-Utan'	Ein Orang-Utan „ist_ein“ Menschenaffe
THEN Menschenaffen(x)	

^aDiese seltsame Schreibweise „gehört_zu“ kennzeichnet eine genau beschreibbare Art von Beziehung, die wir in Abschn. 2.3 noch kennenlernen werden

Man kann also – locker gesprochen – die Regeln alle in einen Topf werfen, weil das Umrühren der Computer erledigt, d. h. das Expertensystem. Denn, anders als in einem „normalen Programm“, muss die logische Reihenfolge nicht beachtet werden. Wenn eine Regel „WENN a DANN b“ vor der Regel „WENN c DANN a“ steht, passiert nichts Schlimmes (wie in einer HLL): Das System „merkt“ es und sortiert die Regeln automatisch richtig.

Haben Sie Lust, eine Wissensbasis für die Klassifizierung unseres Freundes, des Fadenwurms *Caenorhabditis elegans*, aufzubauen? Ein Blick in die Biologie wird Ihnen zeigen, dass das eine etwas mühsame Arbeit ist.¹⁰⁸ Der *Caenor* ist eine Art, von dort geht es weiter über Gattung, Familie, Ordnung und Klasse bis zum Stamm der Fadenwürmer (*Nematoda*). Dann können Sie sich mit deren Kollegen beschäftigen, den Saitenwürmern, Hakenrüsslern, Priapswürmern und Korsettierchen usw. usf. – und nach oben geht es weiter über Reich und Domäne bis zu den Lebewesen.

Dazwischen finden wir auch noch mehrere Ebenen „ohne Rang“, z. B. zwischen „Stamm“ und „Überstamm“ die *Nematoida* und *Cycloneuralia*. Sie sehen also, unser biologisches Expertensystem wird fett, ja adipös. Aber wenn es fertig ist, besteht es jede Bachelor-Prüfung. Na ja, das ist übertrieben – es „weiß“ vielleicht mehr als jeder Student, aber es hat kein Verständnis, kann keine inneren Zusammenhänge erkennen, keine Bedeutung abschätzen.

¹⁰⁸Siehe z. B. <https://de.wikipedia.org/wiki/Fadenwürmer> oder <https://de.wikipedia.org/wiki/Häutungstiere>.

Ein Expertensystem (wissensbasiertes System oder regelbasiertes System) ist ein also ein Programmsystem, in dem „Wissen“ über ein spezielles Gebiet gespeichert und gesammelt ist, das aus dem Wissen Schlussfolgerungen ziehen und zu konkreten Problemen des Gebietes Lösungen anbieten kann. Also besteht es im Wesentlichen aus 3 Komponenten:

1. einer Datenbank von Fakten, der Fakten- oder Wissensbasis,
2. einer Menge von Regeln (Produktionsregeln, Geschäftsregeln), der Regelbasis und
3. einem Kontrollsysteem mit Regelinterpreter (auch Inferenzmaschine genannt).

Damit hatte man den Weg weg von der starren Festlegung der Informationsverarbeitung durch Computerprogramme eingeschlagen. Man wollte dem Computer mehr „Selbstständigkeit“ beibringen. Das Gehirn eines Experten arbeitet ja oft auch nicht nach dem Schema: „Erst dies, dann das, dann jenes“. Es verarbeitet auf ihm oft unbewusste Weise viele Eingabeinformationen und erzeugt daraus Ausgabeinformationen. Fragt man ihn hinterher: „Wie bist du denn darauf gekommen?“, dann sagte er: „Weiß ich auch nicht. Aber es *ist* so.“ Denn er ist ein lernendes System. Wie könnte man diese Analogie in Technik umsetzen?

Was denkt sich ein Neuron?

Das menschliche Gehirn ist das komplexeste Gebilde, das die Evolution hervorgebracht hat. Es besteht aus rund 86 Mrd. Nervenzellen, den Neuronen. Im Durchschnitt hat jede Nervenzelle mehr als tausend Verbindungen zu anderen Neuronen. Diese Verbindungen heißen Synapsen. Neuronen und Synapsen bilden ein unvorstellbar komplexes Netzwerk. Sie speichern Informationen mit Hilfe von elektrischen Impulsen und biochemischen Botenstoffen und machen sie wieder abrufbar. Ein Neuron gibt dabei eine Information – genauer, einen elektrischen Impuls – nur dann an das nächste weiter, wenn ein bestimmter Schwellenwert erreicht ist, mit dem es von anderen Zellen in einem bestimmten Zeitraum „angesprochen“ wurde. Sonst unterbricht das Neuron die Verbindung. Das ist durchaus vergleichbar mit der binären, digitalen Informationsverarbeitung im Computer, getreu dem Prinzip: 0 oder 1? Vereinfacht dargestellt, läuft dieser Prozess der Informationsverarbeitung in unserem biologischen neuronalen Netzwerk wie folgt ab: Ein Kind sieht ein Pferd. Seine Mutter sagt das Wort „Pferd“. Im Neuronen-Netzwerk des Gehirns wird dann eine Verbindung zwischen

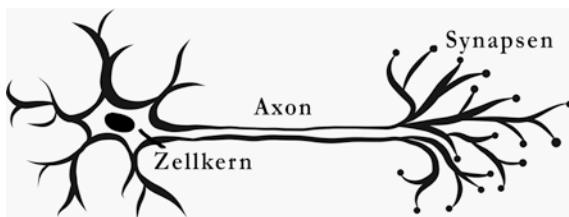


Abb. 1.35 Eine Nervenzelle verarbeitet Signale

Sprachzentrum und visuellem Zentrum angelegt. Hat das Kind oft genug das Bild eines Pferdes mit dem Begriff dazu in Verbindung gebracht, ist die Verbindung fest im Hirn angelegt und wird immer aktiviert, wenn jemand „Pferd“ sagt oder ein solches um die Ecke trabt. Später, wahrscheinlich im zweiten Schuljahr, wird das Kind neue neuronale Bahnen anlegen, die Folgendes abspeichern: Pferd schreibt man P-f-e-r-d. In der dritten Klasse kopplern Neuronen und Synapsen das Bild und den deutschen Begriff mit dem englischen Wort „horse“. Das menschliche Gehirn lernt also im Wortsinn mit Assoziationen, mit Verbindungen. Es festigt sein gelerntes Wissen, je öfter eine Verbindung aktiviert wird, und es korrigiert vermeintliches Wissen, wenn es den Input bekommt: Diese Information ist falsch im Gehirn verdrahtet.¹⁰⁹

Was denkt sich ein einzelnes Neuron, eine Nervenzelle? Nichts, wie wir wissen. Erst viele zusammen erbringen diese Leistung. So wie erst viele LEGO-Steine zusammen eine Ritterburg oder ein Schlachtschiff formen. Aber ein Neuron kann bereits Signale verarbeiten. Es arbeitet nach dem „EVA-Prinzip“: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe.

Wie eine Nervenzelle aussieht, sehen Sie in Abb. 1.35. Dabei sollen uns die biologischen Einzelheiten und Bezeichnungen nicht interessieren. Als Kernaussage wollen wir nur einige wesentliche Punkte festhalten: Das Neuron hat einen Zellkörper (wie jede andere Zelle auch) mit einem Zellkern. Im Unterschied zu anderen Zellen hat es aber baumartige Empfangsantennen oder Eingangsleitungen von anderen Nervenzellen, Dendriten genannt (altgr. *dendron* „Baum“). Plus eine Sendeantenne oder Ausgangsleitung zu anderen Nervenzellen, Axon genannt (altgr. *ho axōn* „Achse“). Sie kann kurz sein, sich aber auch bis zu einem Meter durch das Nervensystem ziehen. Denn ein Neuron ist mit Zehntausenden anderen Zellen vernetzt. Werden nun einige der Dendriten durch elektrische Signale erregt, dann

¹⁰⁹Quelle teilweise wörtlich: Ramge T (2018) S. 44.

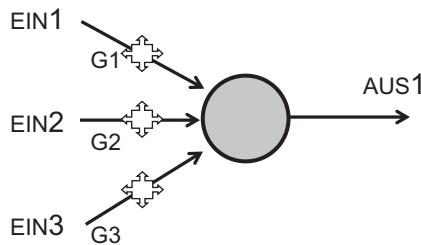


Abb. 1.36 Eine künstliche Nervenzelle verarbeitet auch Signale

macht das Neuron irgendwann einmal *Zing!* – es „feuert“. Dies geschieht, wenn die Summe der gewichteten Eingangssignale einen Schwellwert überschreitet. Ein elektrischer Impuls läuft über das Axon und wird an andere Neuronen weitergeleitet.¹¹⁰ Ein Schelm, der dabei an ein Relais (Abb. 1.4) denkt!

Schon 1949 entdeckte der Psychologe Donald Hebb die später nach ihm benannte „Hebb'sche Lernregel“: Je häufiger ein Neuron A gleichzeitig mit Neuron B aktiv ist, umso bevorzugter werden die beiden Neuronen aufeinander reagieren (*„what fires together, wires together“*: Was zusammen feuert, verbindet sich). Er hatte das gefunden, was man heute die „neuronale Plastizität“ des Gehirns nennt. Das Gehirn verändert seine „Hardware“ durch Lernen!

„Na, das ist ja spannend!“, sagten die Ingenieure, „Bauen wir das doch mal nach!“ Der Psychologe und Informatiker Frank Rosenblatt machte sich an die Arbeit und entwickelte ab 1957 das Konzept des *Perceptron*.

Wir basteln uns ein künstliches Neuron

Beginnen wir mit einem analogen Neuron, einer Analogie zur biologischen Nervenzelle. Nein, Sie fallen auf dieses Wortspiel nicht mehr herein. Ich meine hier: Das künstliche Neuron arbeitet mit Analogtechnik. Und es sieht genauso aus (Abb. 1.36) wie das biologische! Aber *ein* Neuron kann nicht denken, auch nicht „denken“ (als technische Simulation). Wir brauchen ein Netz von Neuronen, mindestens so groß wie das unseres Freundes, des Fadenwurms. Ein künstliches neuronales Netz.

¹¹⁰Wie die Elektrizität (die ja eigentlich ein physikalisch-technisches Phänomen ist) entsteht, ist nicht einfach zu verstehen – aber im Prinzip einzusehen: aus Chemie, wie wir es von Batterien kennen. Und unser Körper ist ja – technisch gesehen – eine Chemiefabrik.

Und das ist nur eine einfache Signalverarbeitung. Auch dieses Neuron „feuert“ (sagen wir, es nimmt den Wert 1 an), wenn die Summe der gewichteten Eingangssignale einen vorgegebenen Schwellwert S überschreitet. In Abb. 1.36 werden drei Eingangssignale jeweils mit Gewichten bewertet. Daraus wird ein Ausgangssignal. Der Programmierer sieht hier die einfache Formel $AUS1 := 0 + 1 \text{ WENN } (G1 * EIN1 + G2 * EIN2 + G3 * EIN3) > S$. Übrigens, die Gewichte können – wie im richtigen Gehirn – positiv oder negativ sein. Ein positives Gewicht bedeutet, dass ein Neuron auf ein anderes Neuron einen erregenden Einfluss ausübt, während ein negatives Gewicht eine hemmende Wirkung ausübt.

Ein einfaches (analoges) neuronales Netz

Der einsame Trapper streift durch die Wälder Kanadas. Er hat ein geschultes Gehör, um die Gefahren des Waldes richtig einzuschätzen. Er kann einen Grizzly, einen Braunbären und einen Wolf an ihrem Knurren unterscheiden. Das ist wichtig, da er jeweils andere Abwehrmaßnahmen braucht. Aber irgendwann muss er ja auch mal schlafen, und sein Schlaf ist tief. Zu tief. Also erfindet er ein einfaches neuronales Netz, das seinen Wahrnehmungsapparat ersetzen soll. Ein Gedankenexperiment, wie Sie richtig vermuten.

Der Trapper benutzte drei Kunstneuronen und verband jedes mit drei Eingängen. Er hatte also die Eingangsgrößen $EIN1$, $EIN2$, $EIN3$ und die Ausgangsgrößen $AUS1$, $AUS2$, $AUS3$ (Abb. 1.37, Gewichte G_i nur angedeutet). Nun knurrt aber ein Grizzly tiefer als ein Braunbär und ein Wolf höher. Also kaufte er sich im nächsten Baumarkt (zwei Tagesmärsche) 3 handelsübliche Tonhöhenfilter für die entsprechenden Knurrfrequenzen und schaltete

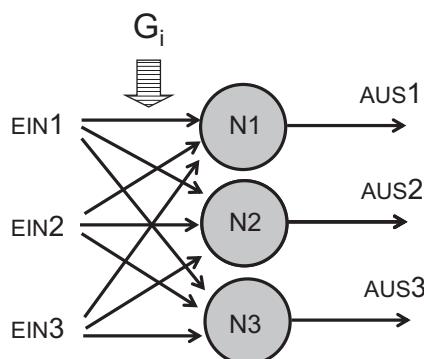


Abb. 1.37 Ein künstliches Nervennetz verarbeitet akustische Signale

sie vor die jeweiligen Eingänge („Frequenz“ ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Sie ist umso höher, je höher der Ton ist). Damit war Neuron N1 sein „Grizzly-Ohr“ und die anderen entsprechend. Auf der Ausgangsseite war Neuron N1 seine „Grizzly-Warnung“ und die anderen entsprechend. Wenn dort ein Neuron feuert, dann droht Gefahr. Jetzt brauchte er nur ein Steuerungsprinzip für die Verarbeitung, denn – wie gesagt – ein Neuron arbeitet nach dem „EVA-Prinzip“: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe. Jedes Neuron braucht aber Input von den jeweils 2 anderen Frequenzfiltern, um die jeweiligen Obertöne zu erfassen. Die Steuerung bestand aus einem ausgeklügelten Mechanismus (Geschäftsgeheimnis des Trappers), um die Gewichte G1, G2 und G3 so zu justieren, dass die Zahl der Fehlalarme minimiert wurde. Denn das Knurren eines Grizzlys hat ja manchmal Obertöne, die an einen Wolf erinnern, um nur eine der vielen Ähnlichkeiten zu erwähnen. Aber nach vielen Versuchen (unter Lebensgefahr) hatte das System mit seiner Hilfe „gelernt“, die drei Tierarten zu unterscheiden. Denn wenn beim Testen eine der Ausgangsgrößen falsch war, dann mussten die Gewichte entsprechend angepasst werden. Und inzwischen ist seine Firma *BearDetectionDevices Inc.* börsennotiert.

Statt dieser erfundenen Geschichte wurden solche Netze tatsächlich gebaut, um beispielsweise in U-Booten durch das Sonarecho Minen von Steinen und Fischschwärm zu unterscheiden.

Wie also arbeitet ein künstliches neuronales Netz im Prinzip? (Für diesen sperrigen Begriff brauchen wir natürlich erst einmal eine Abkürzung: KNN). Denken Sie sich Abb. 1.37 „aufgebohrt“ auf eine beliebige Anzahl von Eingängen, Neuronen, Ausgängen und Gewichten. Dann ergeben sich „Schichten“ (engl. *layers*), üblicherweise drei oder mehr: eine Eingangs-, eine Ausgangs- und eine (oder mehr) „verborgene“ Schicht (*input layer*, *output layer*, *hidden layer*). Die Eingabeschicht nimmt jetzt nur jeweils eine Eingangsgröße entgegen, denn die Verteilung erfolgt in der verborgenen Schicht. Die Funktionsweise ist aber immer dieselbe. Signale werden vom Eingang über die Neuronen zum Ausgang weitergeleitet, dazwischen aber durch die variablen Gewichte unterschiedlich verändert. Das System wird so lange trainiert (durch Abgleich des Ausgangs mit dem Eingang), bis es das „richtige Verhalten gelernt“ hat.¹¹¹ Die Philosophen bezeichnen übrigens solche Netze als „konnektionistisch“. Dem Konnektionismus zufolge ist der menschliche Geist ein konnektionistisches Netzwerk.¹¹² Das kann dann aussehen wie in Abb. 1.38.

¹¹¹Die Anführungsstriche sollen darauf hinweisen, dass die Verwendung von Ausdrücken, die *menschliche* Aktivitäten beschreiben, im Zusammenhang mit Maschinen problematisch sein kann.

¹¹²Ravenscroft I (2008) S. 177 (dort auch das U-Boot-Beispiel).

Etwas unübersichtlich, nicht wahr?! Wenn Sie 20 Neuronen in der Eingabeschicht, 10 in der Ausgabeschicht und 56 in zwei verborgenen Schichten miteinander verbinden wollen, gibt das einen ziemlichen Drahtverhau. Und wehe, Sie verlöten sich irgendwo! Über die technische Realisierung der dann insgesamt 86 Gewichte haben wir noch gar nicht nachgedacht.

Ein einfaches digitales neuronales Netz

Aber nun lötet natürlich niemand einen solchen Apparat aus Drähten und Transistoren zusammen. Wozu haben wir unsere Universalmaschine?!!? Denn künstliche neuronale Netze (KNN) sind Software.

Niemand baut also „künstliche Gehirne“, zumindest nicht für diesen Zweck. Auch das *Human Brain Project* der Europäischen Kommission, welches das gesamte Wissen über das menschliche Gehirn zusammenfassen soll, ist eine Simulation mittels computerbasierter Modelle. Noch einmal: KNNs sind Software!

Wir wollen nun die analogen Signale (in Form von elektrischen Spannungen unterschiedlicher Stärke) durch Rechenfelder ersetzen, die die Zahlenwerte dieser Spannungen enthalten. Und die gesamte Regel- und Gewichtsveränderungselektronik durch ein geeignetes Programm. Die Knurrlautstärke der drei Bedrohungen unseres kanadischen Trappers wären dann die Zahlenreihen, die sich aus der Umwandlung der analogen Spannungen in den jeweiligen Frequenzbereichen ergeben. Hardware wird Software, eine so oft in der Computergeschichte anzutreffende Entwicklung. Und das bringt richtigen Schub in die Sache, denn Software ist erheblich flexibler und komplexer als Hardware.

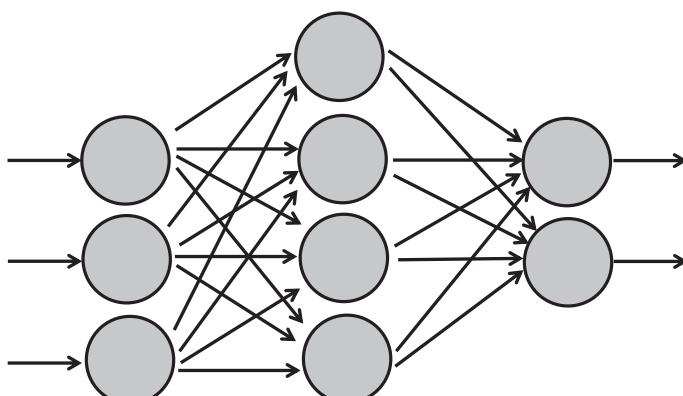


Abb. 1.38 Ein einfaches neuronales Netz mit einer Zwischenschicht

Ein Fachmann sagt: „Es handelt sich dabei um künstliche, neuronale Netzwerke. Diese sollen im Grunde das abbilden, was wir uns unter der Funktionsweise des menschlichen Gehirns vorstellen. Wahrscheinlich ist unsere Vorstellung falsch, aber dieses Modell ist sehr erfolgreich. Und das in den unterschiedlichsten Unternehmensparten, von sozialen Netzwerken bis zur Börse. Es ist die beste Form eines lernfähigen Algorithmus, die wir im Moment haben.“¹¹³

KNNs sind Software, sagten wir. Wie heißt die Software? *TensorFlow* ist eines der bekanntesten Systeme. Es ist – wie Sie zu Recht vermuten – eine Programmiersprache, freie Software (*open source*) im Bereich des maschinellen Lernens. Denn das ist der Endzweck der KNNs: Sie sollen „von selbst“ lernen.

Ein neuronales Netz lernt, indem es sich gemäß einer fest vorgegebenen Vorschrift, der Lernregel, selbst modifiziert. Ziel dabei ist, durch das Netz für eine vorgegebene Eingabe eine gewünschte Ausgabe zu produzieren. Dies geschieht durch die wiederholte Eingabe von Trainingsmustern. Dabei wird versucht, den Fehler zwischen erwarteter und tatsächlicher Ausgabe des Netzes zu minimieren. Der häufigste von mehreren möglichen Lernprozessen ist die Veränderung der Gewichte, aber es gibt auch Experimente, die Netzstruktur zu verändern (Sie erinnern sich an die „Neuroplastizität“ Ihres eigenen Gehirns).¹¹⁴

Eine Maschine lernt wie ein Kind

Ein Kind sieht ein Pferd – diese Situation haben wir ja oben schon beschrieben. Was ist, wenn ein KNN nun Tausende von Pferdebildern verarbeitet, die ja nur Pixelhaufen sind (Sie erinnern sich an Abschn. 1.5)?

Es lassen sich im Wesentlichen zwei Arten des Lernens unterscheiden:

- Überwachtes Lernen (*Supervised Learning*): Hier gibt ein externer „Lehrer“ dem Netz zu jeder Eingabe die Differenz der tatsächlichen zur korrekten Ausgabe an. Anhand dieser Differenz modifiziert dann die Lernregel das Netz. Diese Technik setzt Trainingsdaten voraus, bestehend aus Paaren von Ein- und Ausgabedaten. Der korrekte Output wird also vorgegeben und daran werden die Gewichte optimiert.

¹¹³Ed Newton-Rex in Martin Böttcher: „Es fällt den Leuten schwer, das auseinanderzuhalten“ in Deutschlandfunk vom 06.02.2018 (https://www.deutschlandfunkkultur.de/computergenerierte-musik-es-faellt-den-leuten-schwer-das.2177.de.html?dram:article_id=410097).

¹¹⁴Quelle: Oliver Fröhlich: „Einführung in Neuronale Netze“, Vorlesung der TU Wien im Wintersemester 2005/2006 (<http://www.dbai.tuwien.ac.at/education/AIKonzepte/Folien/NeuronaleNetze.pdf>).

- Unbeaufsichtigtes Lernen (*Unsupervised Learning*): Es wird kein Output vorgegeben. Die Gewichtsveränderungen erfolgen in Abhängigkeit der Ähnlichkeit der Gewichte mit den Inputreizen. Ohne externen Lehrer versucht das Netz sich selbst durch Kriterien zu optimieren, die das Netz selbst hat. Das ist der „kognitive Brandbeschleuniger“, denn nun muss kein Mensch mehr mühsam (oft viele) Trainingsdaten vorgeben. Die Maschine erzeugt sie *selbst*.

Das ist die Trainingsphase: In dieser Phase lernt das neuronale Netz anhand des vorgegebenen Lernmaterials. Dementsprechend werden in der Regel die Gewichte zwischen den einzelnen Neuronen modifiziert. Lernregeln geben dabei die Art und Weise an, wie das neuronale Netz diese Veränderungen vornimmt. Dann wird es spannend: die Testphase: In der Testphase werden hingegen keine Gewichte verändert. Stattdessen wird hier auf Grundlage der bereits modifizierten Gewichte aus der Trainingsphase untersucht, ob das Netz etwas gelernt hat. Dazu präsentiert man den Inputneuronen Reize und prüft, welchen Output das neuronale Netz berechnet. Zwei verschiedene Arten von Reizen können unterschieden werden: Erstens wird durch erneute Präsentation der zu lernenden Ausgangsreize (also des Inputs, der zu dem Output geführt hat) geprüft, ob das neuronale Netz das Trainingsmaterial erfasst hat. Zweitens – und das ist das Spannende – kann man durch Präsentation *neuer* Reize feststellen, ob das Netz über die zu lernenden Reize hinaus in der Lage ist, Aufgaben zu lösen. Anders formuliert: Findet eine Generalisierung auf neue Reize statt?¹¹⁵

Natürlich lernen KI-Systeme aus ihrer Umwelt, aus den ihnen beim überwachten Lernen vorgesetzten Daten. Ist diese Umwelt eine verzerrte Wirklichkeit (wie bei „Wolfskindern“), dann ist auch das „Weltbild“ verzerrt. So sollte Googles KI lernen, Objekte auf Bildern zu erkennen und zu unterscheiden: Männer, Frauen, Tiere, Dinge. Unter vielen anderen bekam es natürlich Männer auf Tausenden Fotos gezeigt, aber immer nur Bilder von weißen Männern, keine von Schwarzafricanern. So makabер es klingt: Die künstliche „Intelligenz“ klassifizierte danach schwarze Männer als Gorillas.¹¹⁶ Ähnlich erging es Microsoft. Ein Mensch, der in einem Umfeld von alten zornigen weißen Männern groß geworden ist, kann seine Weltsicht durch

¹¹⁵Quelle z. T. wörtlich: Günter Daniel Rey und Fabian Beck: „Neuronale Netze – Eine Einführung“, Lernhilfe für Studenten auf <http://www.neuronalesnetz.de/training.html> (mit einer zusammenfassenden grafischen Strukturdarstellung auf http://www.neuronalesnetz.de/zfs_grundlagen.html).

¹¹⁶Jaromir Konecny: „Das Meckern an der Zukunft“ in *Spektrum.de* vom 30.10.2018 (<https://scilogs.spektrum.de/gehirn-und-ki/das-meckern-an-der-zukunft/>).

Einsicht vielleicht ändern.¹¹⁷ Bei einem KNN ist das schon schwieriger. Das merkte das Unternehmen im Frühjahr 2016, als man mit einem *Chatbot* die Chancen und Möglichkeiten von künstlicher Intelligenz demonstrieren wollte. Der automatisierte Twitter-Account namens *Tay* sollte mit menschlichen Nutzern lockere Konversation betreiben, doch „innerhalb von nur 24 Stunden drehte das Programm durch. Es twitterte Nazi-Parolen und frauenfeindliche Sprüche und es glorifizierte Drogenkonsum.“¹¹⁸ „Trolle“, also Benutzer, die auf emotionale Provokation anderer Gesprächsteilnehmer zielen, hatten in der Unterhaltung mit *Tay* absichtlich sexistische und rassistische Stereotypen verwendet – „„Gehirnwäsche“ für ein künstliches Gehirn.

Jetzt treffen wir auch ein neues Schlagwort: *Deep Learning*, tiefes Lernen.¹¹⁹ Das „tief“ bezieht sich hier auf die Anzahl der „Schichten“ (der *layers*) und bedeutet, dass es *viele* „verborgene“ Schichten (*hidden layers*) gibt. Bis zu 100 Ebenen. Jürgen Schmidhuber ist wissenschaftlicher Direktor bei einem Schweizer Forschungsinstitut für künstliche Intelligenz und gilt als „sonniges Gemüt der KI“. Er gilt auch als einer der Väter des *Deep Learnings*, des „tiefen Lernens“. Er erfand eine besondere Eigenschaft der tiefen neuronalen Netze, auf die wir im Abschn. 3.2 noch zurückkommen werden.¹²⁰

Aber jetzt, wo es „nur noch“ Software ist, bauen wir ...

... ein richtig komplexes digitales neuronales Netz

Jetzt sind zwei Sprüche fällig: „Nicht kleckern, klotzen!“ und das schon zitierte „Mehr ist anders!“ Denn jetzt geben wir uns nicht mit ein paar wenigen künstlichen Neuronen zufrieden. Und Prof. Anderson hatte seinen knackigen Satz ja noch ergänzt: „Das ist es, was Emergenz bedeutet.“ Denn aus „viele Neuronen“ entsteht eine neue Qualität. Das ist nun nicht mehr so einfach zu verstehen, denn wir sind von den einfachen Grundprinzipien des Computers und der KNNs schon weit entfernt. Wissen wächst ja exponentiell und nicht linear (das wird in Abb. 3.15 am Ende von Abschn. 3.7 noch illustriert). Und in die KI haben schon viele Forscher sehr viele gute Ideen eingebracht.

¹¹⁷ Michael Kimmel: „Angry White Men: Die USA und ihre zornigen Männer“, Orell Füssli, Zürich 2015.

¹¹⁸ Michael Moorstedt: „So entsteht rassistische Software“ in *Süddeutsche Zeitung* vom 29.05.2016 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/internet-kolumne-netznachrichten-1.3010398>).

¹¹⁹ Umfangreiche Informationen dazu auf *Heise online* (<https://www.heise.de/thema/Deep-Learning>).

¹²⁰ Ulrich Schnabel: Was macht uns künftig noch einzigartig? *Die Zeit* Nr. 14, 28.03.2018 S. 37.

Richtig kompliziert wird es auch, wenn die Informationen nicht nur vorwärts durch das Netz laufen (von links nach rechts in Abb. 1.38), sondern per Rückkopplung auch rückwärts (von rechts nach links).

Nehmen wir als Beispiel ein KNN zur Schrifterkennung. Es müsste die Pixel als Input haben, also vielleicht ein Feld von 7×15 Pixeln (vergl. Abb. 1.25), also 105 Neuronen in der Input-Schicht und bei einem Zeichensatz mit Groß- und Kleinbuchstaben plus Ziffern plus Sonderzeichen etwa 70 Neuronen in der Output-Schicht. Wie schon gesagt löten wir natürlich keine 105 Neuronen zusammen. Das KNN ist ja Software. Wir programmieren aber auch keine 105 Neuronenbefehle der Art $\text{aus1} = \text{G1} * \text{ein1}$. Wir haben ja unsere eleganten Programmbausteine, in diesem Fall die DO-Schleife. Das Raster in Abb. 1.25 ist programmtechnisch eine „Matrix“, ein rechteckiges Zahlenfeld mit einem Namen, dessen einzelne Elemente über ihre Nummer angesprochen werden können. In der „Eingangsmatrix“ G wäre $G(5,3) = \text{FF}_{\text{hex}}$ (weiß) und rechts daneben $G(5,4) = 00_{\text{hex}}$ (schwarz), nämlich die Spitze des i-Punktes. Wenn das linke $G(5,3) = 6A_{\text{hex}}$ (grau) ist, wird mit Hilfe des Gewichtes $G(5,3)$ festgelegt, ob das Neuron $N(5,3)$ feuert. Dann reduziert sich die Programmierung der Eingangsneuronen auf etwas, das wie in Textkasten 1.23 aussieht ($N = 7$ und $M = 15$ werden natürlich irgendwo festgelegt, aber nicht *im* Programm, weil wir ja wartungsfreundlich programmieren wollen). Nur damit Sie mal einen Eindruck von den Feinheiten bekommen.

```
* Erfassen der Eingangsneuronen
* Eingangs- und Gewichtsmatrix mit N Spalten und M Zeilen
DO i = 1 TO M           * Je Zeile ...
  DO j = 1 TO N         * ... spaltenweise Abtastung
    aus(i,j) = G(i,j) * ein(i,j)
  ENDDO
ENDDO
```

Textkasten 1.23 Programmtechnische Realisierung der Eingangsneuronen in einer KNN-Sprache

Nun aber zurück zu den allgemeinen Aussagen: Neuronale Netze werden also nicht im eigentlichen Sinne programmiert wie ein „normaler“ (von Neumann’scher) Computer, sondern sie entwickeln ihren Algorithmus, ihr „Verhalten“, durch „Lernen“. Das führt sofort zu der Frage: Was *ist* Lernen? Es bedeutet, dass Erfahrungen aus der Vergangenheit das Verhalten in der Zukunft beeinflussen. Das setzt voraus, dass Vergangenheit und Zukunft einigermaßen ähnlich und kausal verknüpft sind. Denn aus den Lottozahlen

der Vergangenheit kann man nichts für die Zukunft lernen. Lernen bedeutet weiterhin, dass es eine Bewertungsfunktion gibt: Erfolg und Misserfolg. Und es bedeutet, dass es mehrere Versionen derselben Situationen geben muss. Aus *einem* Versuch lernt man nichts, aber wenn man mehrmals auf dünnem Eis eingebrochen ist und auf dickem Eis laufen konnte, dann hat man etwas gelernt. Und Lernen ist das Erkennen dieses Musters, dieser allgemeinen Regel, die sich aus den einzelnen Versuchen ableiten lässt.

„Natürliche Selektion“: Software, die sich selbst verbessert

Wir haben ja schon erwähnt, dass auch im IT-Bereich – wie in der gesamten Wissenschaft (und auch in vielen anderen Bereichen) – ein exponentielles Wachstum zu beobachten ist. Die Entwicklung wird nicht nur immer schneller, sie wird immer schneller schneller, d. h., die Beschleunigung nimmt zu. Der Computer ist ja nicht eine mit nervigem Maschinencode frei programmierbare Maschine (immerhin!) geblieben, sondern hat sich zu einer quasi intelligenten Maschine entwickelt. Genauer: *wir* haben ihn dorthin entwickelt, intelligente Menschen. Hätten wir das der Evolution überlassen, dann wäre es nie so weit gekommen – und wenn, dann hätte es Millionen von Jahren gedauert. Denn eine Maschine aus Silizium und Metall bleibt eine Maschine. Auch wenn einige behaupten, auch wir seien eine Maschine aus Kohlenstoff und anderen chemischen Elementen.

Lange Vorrede – worauf ich hinauswill, haben die Forscher Oscar Chang und Hod Lipson von der *Columbia University* entwickelt: „evolutionäre“ Software, die sich selbst verbessert. Das Tolle daran sei, schreiben die Wissenschaftler, dass damit jetzt „die Möglichkeit ständiger Verbesserung durch natürliche Selektion“ bestehe. Für Software!¹²¹

Sie beschreiben ihr System folgendermaßen:

„Die Selbstreplikation ist ein Schlüsselaspekt des biologischen Lebens, der in den Systemen der künstlichen Intelligenz weitgehend übersehen wurde. Hier wird beschrieben, wie man selbstreplizierende neuronale Netze aufbaut und trainiert. Das Netzwerk repliziert sich selbst, indem es lernt, seine eigenen Gewichte auszugeben. Das Netzwerk wird mit einer Verlustfunktion entworfen, die sowohl mit gradientenbasierten als auch mit nicht-gradientenbasierten

¹²¹Christian Stöcker: „Das Experiment sind wir“, *Spiegel online* vom 25.03.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/menschheitsgeschichte-das-experiment-sind-wir-a-1199596.html>).

Methoden optimiert werden kann. Wir beschreiben auch eine Methode, die wir Regeneration nennen, um das Netz ohne explizite Optimierung zu trainieren, indem wir das Netz mit Vorhersagen seiner eigenen Parameter versehen. Die beste Lösung für ein selbstreplizierendes Netzwerk wurde im Wechsel zwischen Regenerations- und Optimierungsschritten gefunden. Schließlich beschreiben wir ein Design für ein selbstreplizierendes neuronales Netzwerk, das eine Hilfsaufgabe wie die MNIST-Bildklassifikation lösen kann.¹²² Wir stellen fest, dass es einen Kompromiss zwischen der Fähigkeit des Netzwerks, Bilder zu klassifizieren, und seiner Fähigkeit, sie zu replizieren, gibt, aber die Ausbildung ist darauf ausgerichtet, seine Spezialisierung auf die Bildklassifikation auf Kosten der Replikation zu erhöhen. Dies entspricht dem Kompromiss zwischen Reproduktion und anderen in der Natur beobachteten Aufgaben. Wir unterstellen, dass ein Selbstreplikationsmechanismus für künstliche Intelligenz nützlich ist, weil er die Möglichkeit der kontinuierlichen Verbesserung durch natürliche Selektion einführt.“¹²³

Nicht sehr verständlich, aber beeindruckend! Man kann nur ahnen, welche innovativen Wege die KI-Experten noch gehen werden.

„Der Krieg ist der Vater aller Dinge“

Neben allen diesen begeisternden Entwicklungen gibt es aber noch eine andere Sicht auf exponentielles Wachstum und steigende Komplexität.

Jede Zeit hat ihre „Leuchttürme“, herausragende Persönlichkeiten, deren Werke und Weisheiten bis heute vielen bekannt und geläufig sind. Heraklit von Ephesos war ein vorsokratischer Philosoph aus dem ionischen Ephesos, um 500 vor unserer Zeitrechnung. Er prägte den Satz: „Der Krieg ist der Vater aller Dinge.“ Und in der Tat, militärische Anwendungen der Computertechnik hat es von Anfang an gegeben. Schon zu Heraklits Zeiten gab es Katapulte, Belagerungstürme und andere Kriegsmaschinen. Etwa 250 Jahre später entwickelte Archimedes, einer der bedeutendsten Mathematiker und Physiker der Antike, eine Vielzahl solcher Apparate.

¹²²Die MNIST-Datenbank ist eine große Datenbank mit handgeschriebenen Ziffern, die häufig für die Schulung verschiedener Bildverarbeitungssysteme verwendet wird. Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/MNIST_database.

¹²³Oscar Chang, Hod Lipson: „Neural Network Quine“, Abstract in der Cornell University Library vom 15.03.2018 (<https://arxiv.org/abs/1803.05859>), übersetzt mit www.DeepL.com/Translator (er wird in Abschn. 3.2 erwähnt).

Wer erinnert sich noch an SDI (*Strategic Defense Initiative*, deutsch Strategische Verteidigungsinitiative), den „Krieg der Sterne“, ein von US-Präsident Ronald Reagan angekündigtes weltraumgestütztes Raketenabwehrsystem aus dem Jahr 1983? Viele Wissenschaftler, unter ihnen der Nobelpreisträger für Physik Hans Albrecht Bethe äußerten begründete Zweifel an der Wirksamkeit, unter anderem wegen der Komplexität der dazu benötigten Computersysteme.¹²⁴ Zwei renommierte Computerwissenschaftler, Greg Nelson und David Redell, schrieben über *The Star Wars Computer System*: „Ein unbeherrschbares System.“ Die Steuerungssoftware wäre mindestens ebenso umfangreich wie die des damaligen WWMCCS (*World-Wide Military Command and Control System*, deutsch „Weltweites militärisches Kommando- und Steuerungssystem“) mit seinen ca. 10 Mio. Softwarebefehlen (in einer HLL, wahlgemerkt).¹²⁵ Die Autoren konstatieren: „Die hier herrschende grundsätzliche Haltung gegenüber dieser Aufgabe wurde als ‚technologische Hybris‘ bezeichnet – eine chronische Tendenz, unsere technischen Fähigkeiten zu überschätzen und die Schwierigkeiten des Problems zu unterschätzen. Das Ergebnis ist das wiederkehrende Phänomen extravaganter Bestrebungen, das so viele große Computerprojekte zum Scheitern bringt.“ Das war die gute alte Zeit in den 1980er Jahren. Seither haben sich Umfang und Komplexität von Softwareentwicklungen sicher erhöht. Man schätzt, dass *Windows 10* etwa 65 Mio. Codezeilen enthält. Andererseits sind die Qualität und Fehlerfreiheit der Software durch professionelle Entwicklung sicher angestiegen. Beurteilen Sie selbst (etwa mit der Zahl der „Abstürze“ von Programmen Ihres Rechners), welcher der beiden Faktoren der stärkere ist.

Inzwischen ist einige Zeit vergangen und wir sprechen vom *Cyber War*, dem Cyberkrieg (engl. *cyber*, gesprochen /saibər/, ist die Kurzform für „Kybernetik“, dem Oberbegriff für die Wissenschaft der Steuerung und Regelung). Mit diesem unerfreulichen Thema könnte man den Rest des Buches füllen, und es ist nicht beruhigend, dass manchen ihn den „Krieg der Zukunft“ nennen.¹²⁶

¹²⁴Hans A. Bethe et al.: „Space-based Ballistic-Missile Defense“, *Scientific American* Vol. 251 Nr. 4 S. 37, Oct. 1984.

¹²⁵Greg Nelson, David Redell: „The Star Wars Computer System“ in *Abacus* Vol. 3 No. 2 S. 8, Springer N.Y. und Philip M. Boffey: „Software Seen As Obstacle In Developing ‚Star Wars‘“ in *The New York Times* Archiv von 1986 (<https://www.nytimes.com/1986/09/16/science/software-seen-as-obstacle-in-developing-star-wars.html>).

¹²⁶Dirk Peitz: „Krieg im Jahr 2040: Wenn intelligente Maschinen Soldaten jagen“ in *Wired* vom 21.02.2018 (<https://www.wired.de/collection/science/krieg-im-jahr-2040/>).

Fassen wir zusammen

„Der Computer, für Laien eine magische Maschine“, schreibt *Der Spiegel*.¹²⁷ Ich habe versucht zu zeigen, dass er das nicht ist. Er ist dumm wie ein elektrischer Schalter – darauf beruht schließlich seine Technik. „Intelligenz“ bekommt er erst durch menschliche Kreativität, durch den menschlichen Geist. Und nicht als Leistung eines Einzelnen, sondern – „mehr ist anders“ – als Ergebnis der „Schwarmintelligenz“ vieler kluger Leute. Auf dem Weg vom Maschinencode über die Assemblersprache über die höheren Programmiersprachen (HLL) gelangte man zu Programmgeneratoren. Von da zu Expertensystemen und zu ersten Ansätzen von „künstlicher Intelligenz“ (KI). Dann schien die Von-Neumann-Architektur ausgereizt und man musste neue Wege gehen: neuronale Netze, angeblich eine Simulation des menschlichen Geistes. Immer weiter weg von der dummen Maschine, immer näher an die menschliche Sicht der Problemlösung. Letztlich fand man heraus, dass sich die „neue“ Architektur wieder auf „alten“ Rechnern simulieren ließ – durch Software.

Unser Geist hat sich evolutionär über Jahrtausende „aus dem Nichts“ (aus einfachsten Lebensformen, die noch nicht einmal Neuronen hatten) entwickelt. Ist schon das kaum vorstellbar, so ist es noch unwahrscheinlicher, dass eine „intelligente Maschine“ *von selbst* entstehen kann – sie brauchte einen intelligenten Konstrukteur.

Warum haben wir uns mit den „Innereien“ des Computers, den Niederrungen der Programmierung so ausführlich beschäftigt? Habe ich Ihnen vielleicht Dinge erklärt, die man in der heutigen IT-Landschaft gar nicht mehr braucht? Der *Professor of Neuroscience* Moran Cerf meint:

„dass Menschen jeden Alters mit der Programmierung und der Funktionsweise von Computern vertraut werden sollten, obwohl wir besorgt sind, dass zu viele Menschen die Programmierung als Eintrittskarte für einen lebenslangen Job ansehen. Es ist nicht annähernd genug. Computersprachen ändern sich schnell, so dass die Besonderheiten der Programmierwerkzeuge schnell überflüssig werden. Letztendlich werden Computer sich weitgehend selbst codieren (durch ‚Training‘ statt durch Algorithmen), aber das systematische Denken, das die Codierung erfordert, wird relevant bleiben. Die Art und Weise, wie wir kommunizieren und Rechensysteme manipulieren, wird zunehmend von den traditionellen Computersprachen abstrahiert, erst recht von den Einsen und Nullen des Binärcodes.“

¹²⁷Manfred Dworschak: „Diktatur der Turbodenker“, *Der Spiegel* 12/2018 S. 102.

Den Empfehlungen dieses Zitates bin ich gefolgt, und ich werde sie weiter beherzigen. Im ersten Kapitel habe ich deshalb bewusst auf Einzelheiten und Syntaxregeln von Computersprachen verzichtet (abgesehen von Einzelfällen) und Ihnen das Grundsätzliche zu zeigen versucht. Im dritten Kapitel werden Sie sehen, wie weit die „Selbstcodierung“ gehen kann. Cerf fährt fort:

„Später in diesem Jahrhundert werden echte Kodierkenntnisse so sein wie die Beherrschung des Altgriechischen für die Intellektuellen des letzten Jahrhunderts. Beginnend mit der Renaissance lernten selbstbewusste Intellektuelle diese archaische Sprache, um alte Weisheiten zu entschlüsseln. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts blieb die Kenntnis der Sprache ein Ehrenzeichen für Akademiker. Während das Verständnis, wie Computersysteme funktionieren, unerlässlich bleibt, werden Computersprachen kommen und gehen. Dieses Verständnis ist der Baustein für viele Dinge. Ich würde den Kindern immer noch beibringen, wie man kodiert, auch wenn sie es vielleicht nicht benutzen.“¹²⁸

Darüber kann man streiten. Ob man selbst programmieren können muss, möchte ich bezweifeln, wie bereits in meiner Einführung erwähnt. Das Verständnis des Phänomens „Digitalisierung“ ist aber unerlässlich. Zu diesem Verständnis gehört die Frage: Computer – was sind ihre wesentlichen Merkmale (wo sie doch in so verschiedenartigen Formen auftreten, dass wir sie oft gar nicht bemerken)?

- Computer können Daten speichern und verarbeiten. Daten werden strukturlos als Bitketten (Folgen von 0 und 1) dargestellt.
- Strukturen von Daten (Tabellen, Bäume, Netze usw.) werden nur durch die Interpretation durch die Software realisiert.
- Computer sind „Universalmaschinen“, die je nach der verwendeten Software (den Programmen oder Algorithmen) unterschiedliche Funktionen ausführen.
- Software besteht selbst aus „Daten“, also können Programme Programme erzeugen oder verändern, und daher
 - a) gibt es verschiedene Hierarchieebenen von Programmiersprachen: „höhere“ Sprachen erzeugen einfachere und sind weniger an die Hardware gebundene Programme und
 - b) können Programme *sich selbst* verändern, also „lernen“ und sich sogar „evolutionär entwickeln“.

¹²⁸Robert C. Wolcott: „Hackers, Empathy And Neuroscience: A Conversation With Moran Cerf“ in *Forbes Magazine* vom 09.05.2017 (<https://www.forbes.com/sites/robertwolcott/2017/05/09/hackers-empathy-and-neuroscience-a-conversation-with-moran-cerf>).

- Um den Computer als unglaublich primitive Hardware werden mehrere Schichten immer komplexer und leistungsfähigerer Software gelegt (z. B. in der Form von immer abstrakter und maschinenunabhängiger werdenden aufgabenorientierten Programmiersprachen).
- Im Zuge der exponentiell ansteigenden Komplexität werden Softwaresysteme entwickelt, die mit einer scheinbar erweiterten Architektur „künstliche Intelligenz“ und „lernende Systeme“ ermöglichen.

Die Taktfrequenz meiner Armbanduhr ist übrigens 1 Hz, 1 Tick pro Sekunde. Das sind moderne Computer mit einigen Gigahertz schon etwas schneller. „Giga“, diese Abkürzung kennen Sie vielleicht, sind 1000 „Mega“, und das bedeutet 1.000.000. Computer „ticken“ heute also über eine Milliarde Mal schneller als meine Uhr.

Innerhalb kurzer Zeit hat nicht nur die Hardware beeindruckende Entwicklungen in ihrer Effizienz gezeigt – von der klappernden Relais-Rechenmaschine zum Mikroprozessor. Auch die Software und mit ihr unser Blick auf den Computer haben sich radikal gewandelt – von sklavischer Orientierung an der Architektur der Maschine zu vollständiger Hinwendung auf menschliche Problemorientierung und Simulation von geistigen Prozessen, insbesondere des Lernens. Das Moore'sche Gesetz zeigt es in aller Deutlichkeit.

Wir beobachten hier einen Effekt, den wir im Leben häufig antreffen – in der Biologie, Gesellschaft, Politik, Wirtschaft. Um ein simples Prinzip (hier maschinelles Rechnen im Binärsystem) wird Schicht um Schicht mehr Komplexität gelegt. Der Assembler umhüllt den Maschinencode, der Compiler den Assembler, das Expertensystem den Compiler, die „künstliche Intelligenz“ das Expertensystem ... Das Ganze verpackt in ein Betriebssystem ungeheurer Größe. Aber quantitatives Wachstum führt zu qualitativer Veränderung („mehr ist anders“). Irgendwo auf der Strecke – der Punkt lässt sich oft nicht genau bestimmen – entsteht etwas Neues. „Emergenz“ nennt man das (lat. *emergere* „auftauchen“, „Herauskommen“, „Emporsteigen“), das Entstehen völlig neuer Eigenschaften.¹²⁹ Wie schon erwähnt: Ein Neuron kann nicht denken, Milliarden können es. Eine Zelle ist schon ein Wunderwerk, Milliarden formen einen Menschen. Ein Flipflop kann nicht rechnen, Milliarden zeigen eine Art künstlicher Intelligenz.

Damit war nun der Weg zur „künstlichen Intelligenz“ gefunden – eine weitere *Matroschka*-Puppe umhüllt den primitiven Computer. Welche Folgen das hat und was das bedeutet, das sehen wir in Abschn. 3.3. Zuvor

¹²⁹Näheres siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Emergenz>.

kehren wir im nächsten Kapitel in die „Niederungen“ der „normalen“ Computer zurück und schauen, wie die Algorithmen (also die Programme, die Software) in die Maschine hineinkommen.

Die oberste Regel beim Programmieren lautet: testen, testen!, testen!! Jetzt verstehen Sie auch, warum a) ständig Software-Updates auf Ihren Computer gespielt werden und b) Hacker immer Schwachstellen finden. Deswegen werden wir bei der professionellen Software-Entwicklung einen parallel laufenden Qualitätssicherungsprozess benötigen, wie Sie noch sehen werden.

Kap. 1 war auch ein kleiner Test: Wenn Ihnen die exakten technischen Beispiele Spaß gemacht haben, dann haben Sie vielleicht eine Neigung zum Programmieren. Wenn Sie es eher abschreckend fanden, dann lassen Sie die Finger davon! (Das gilt auch für Ihre eventuell vorhandenen Kinder, die angeblich alle das Programmieren lernen sollen.)

So, nun wissen Sie, wie der Datenverarbeitungsapparat funktioniert – aber wie kamen die Realität, unsere Organisationsabläufe, unsere Informationsverarbeitungsprozesse, unsere Datenstrukturen in die Maschine?



2

Das Abbild der Realität

Was wir mit der Digitalisierung bewirken: Wie bilden wir reale Organisationsprozesse und Informationen im Computer ab?

Über die Datenschatten der realen Dinge und ihre Strukturen und Zusammenhänge und über die Verarbeitungsprozesse der Daten, ihre Voraussetzungen und Ergebnisse. Also über die Herstellung nützlicher Software für die Hardware.

Nun wissen Sie, wie eine Maschine Daten verarbeitet. Wie aber kommen sie in die Maschine hinein? Nicht physisch, indem sie jemand eintippt, sondern strukturell. Denn Daten sind ja nicht zusammenhanglose Einzelwerte, sondern sie bilden komplexe Strukturen, hinter denen sich „Information“ verbirgt. So wie ein Architekt vor dem realen Bau ein Modell baut, so erstellen die IT-Experten ein „Datenmodell“. Und die Verarbeitungsprozesse, die wir Menschen mit diesen Daten durchführen, haben ja auch eine bestimmte Struktur. Die wird in einem „Prozessmodell“ abgebildet. Was ich damit meine – das hört sich hier ziemlich abstrakt an –, das wird im Folgenden klar werden.

Zuvor aber eine nur scheinbar triviale Klarstellung: Was sind eigentlich *Daten*? „Daten“ ist der Plural von Datum (lat. „das Gegebene“ bzw. „gegeben“), was ursprünglich und auch heute für das Tagesdatum verwendet wird (unter mittelalterlichen Schriftstücken: „gegeben am ...“). Deswegen nennen wir den Singular „Datenelement“ (siehe Abschn. 1.6), ein Datenteil, das nicht weiter zerlegt werden kann (im Gegensatz zu „Adresse“, die aus mehreren Datenelementen besteht). Ein Datenelement hat einen Namen und einen Inhalt (Abb. 2.1).

Weitere Angaben kommen ggf. hinzu, z. B. die Maßeinheit (in Abb. 2.1 möchte man schon wissen, ob es Euro oder Dollar sind).

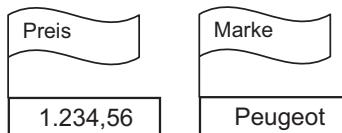


Abb. 2.1 Ein Datenelement hat einen Namen und einen Inhalt

2.1 Computer-Software und das wirkliche Leben

Lassen Sie uns kurz über etwas anderes sprechen, nicht nur als geistige Erholung von den Computerthemen. Eine Geschichte aus der Welt der „Häuslebauer“, die aber einen überraschenden Bezug dazu haben wird.

Der Architekt präsentiert sein Kongresszentrum

Stellen wir uns einen Architekten vor, wie er vor dem Stadtplanungsausschuss sein Vorhaben erläutert. Er präsentiert gerade ein dreidimensionales Modell seines Entwurfes, das sich aufklappen und in seine Teile zerlegen lässt.¹

„Als erstes, meine Damen und Herren, möchte ich Ihnen ein Modell des Kongresszentrums zeigen. Sie sehen hier drei Bereiche: den eigentlichen Veranstaltungsbereich, den Verkehrsbereich und den Supportbereich, zu dem zum Beispiel die Kantine, die Besprechungsräume, die Lager- und Technikräume gehören. Auch die erstgenannten Bereiche sind weiter untergliedert, wie Sie hier sehen.“

Das ist das Ergebnis unseres Entwurfs. Die Modelle, die als abstrakte Gedankenmodelle vorausgegangen sind – also Zeichnungen, Berechnungen, verbale Beschreibungen – haben zu diesem Gesamtmodell geführt. Wir haben jedoch zwei Arten von Entwurfsunterlagen, zum einen die Anordnung der Räume, zum anderen die Darstellung der erwarteten Verkehrsflüsse zwischen den Räumen. Sozusagen ein statischer und ein dynamischer Aspekt. So können wir Türen, Notausgänge und anderes planen.“

Halten wir in der Geschichte inne und fassen wir das bisher Gesagte zusammen:

- Es gibt ein Modell des fertigen Produktes, aber auch eines der Anforderungen an das Produkt.

¹Text leicht verändert aus Beetz J, Lambers H (1991) S. 1 f., S. 25.

- Ein Modell als Abbild des Produktes (oder der Anforderung) ist hierarchisch in mehrere Ebenen der Verfeinerung gegliedert.
- Es gibt verschiedene Sichten der Modelle, denn nicht alle Charakteristiken lassen sich in *einer* Modellsicht abbilden. In unserem Fall ist es eine statische und eine dynamische Sicht (auf das Modell wie auf das spätere fertige Produkt).

Bisher haben wir nur über grobe Modelle des Produktes gesprochen – sehen wir, wie es weitergeht.

„Nun, wie ich schon sagte, wir betrachten die einzelnen Einheiten, Räume zum Beispiel, in immer größerer Detaillierungstiefe, bis wir diese Einheiten nicht weiter zerlegen wollen. Wir betrachten immer Material *und* Funktion parallel zueinander. Materialien im weitesten Sinne, wie Räume, Wände und so weiter bestehen auch wieder aus Einzelteilen, den Mauern, den Türen, den Glasflächen und so weiter. Sie stehen mit anderen Materialien in einer räumlichen Beziehung. Und die erwähnten Funktionen sind etwa Schallschutz, Gebäudestatik, Besucherverkehr … um nur einige zu nennen.“

Unterbrechen wir noch einmal und halten wir fest: Diese parallele, teils isolierte, teils gemeinsame Betrachtung von Materialien und Funktionen finden wir in vielen Bereichen. Es ist die Unterscheidung der statischen und dynamischen Aspekte eines Systems. Denn darum handelt es sich ja bei unserem Projektgegenstand, dem Kongresszentrum: um ein System, das aus einzelnen Komponenten besteht und das in seinem Wirkungsgefüge betrachtet wird. Doch auch eine völlig andere Frage gehört zum Modell des Produktes. Diese Frage ist die Untersuchung des Vorgehensmodells der *Produktentwicklung*, der sich unsere Geschichte jetzt zuwendet.

„Gut, jetzt haben wir Ihre Modelle genügend betrachtet – wie aber wollen Sie beim Bau vorgehen?“, lautet die interessierte Frage aus der Zuhörerschaft.

„Als erstes möchte ich Ihnen den Ablauf der Bautätigkeit – im weitesten Sinne – schildern. Später werde ich Ihnen zeigen, dass weitere Aktivitäten parallel laufen. Wenn ich ‚Bautätigkeit im weitesten Sinne‘ sage, meine ich, dass natürlich nicht sofort mit Baumaßnahmen begonnen wird …“

„Sondern?“

„.... beziehungsweise wurde. Planung, meine Damen und Herren, Planung ist der erste Tätigkeitskomplex, deren Ergebnisse Sie in Form der Modelle ja teilweise gesehen und beurteilt haben. Wir haben die Anforderungen erfasst und präzisiert und modellmäßig in grafischer Form abgebildet. Und erst dann die Details analysiert und schließlich in ein technisches Design überführt. Mit der gründlichen Analyse der Anforderungen

erreichen wir ein bedarfsgerechtes Produkt, das von Benutzern akzeptiert wird. Und auch die Realisierung muss geplant werden, denn wir mauern ja nicht sofort los. Wann welche Geräte wo und wie platziert werden, das muss man sich vorher überlegen.“

„Es ist ja auch schon viel Zeit vergangen, und auf der geplanten Baustelle hat sich noch nichts getan“, kommt es ein wenig vorwurfsvoll aus dem Auditorium.

„Ja und nein“, entgegnete der Architekt, „wir haben immerhin zweierlei gemacht: Erstens haben wir Prototypen einiger Teile des Vorhabens gebaut und der Öffentlichkeit vorgestellt. Zweitens haben wir auch auf der Baustelle mit Tätigkeiten begonnen, für die die Planungsseite schon abgeschlossen war. Aber ja, Sie haben Recht, die Planungsphase dauert lange und wir arbeiten gründlich, denn wir wollen ja keine teuren Fehler machen, drauflos bauen und später wieder alles einreißen, oder? So haben wir zunächst den Entwurf komplettiert, und nun geht es – sofern Sie zustimmen – um die Realisierung, die Baumaßnahmen selbst. Für viele Dinge, nebenbei, benutzen wir natürlich Fertigteile. Das ist rationeller. Kreativität ist zwar eine notwendige Eigenschaft in unserem Beruf, aber 99 % ist nicht Inspiration, sondern Transpiration.“

Mit dieser (Edison zugeschrieben) Definition von „Genie“ lassen wir unseren Architekten abermals allein, um seine Ausführungen zusammenzufassen und zu analysieren.²

- Die Durchführung eines Bauprojektes kann grob in Entwurf und Realisierung gegliedert werden. Dies ist eine Gliederung nach Aufgabengruppen, aber auch eine zeitliche Gliederung (aber nicht streng: Teile der Realisierung können schon begonnen werden, während auf der Entwurfsseite noch geplant wird).
- Die Realisierung gliedert sich wieder in zwei Phasen: die technische Planung und die eigentliche Bautätigkeit.
- Das gesamte Projekt hat eine statische und eine dynamische Komponente: die Statik (im weitesten Sinne) und die Abläufe und Verkehrsströme.

Nun wollen wir in den letzten Teil der Geschichte einsteigen.

„Welches sind denn nun die zu der Bautätigkeit parallel laufenden Tätigkeiten, die Sie erwähnten?“

²Thomas Alva Edison: „Genie ist 1 % Inspiration und 99 % Transpiration.“ Quelle: <http://www.zitate-online.de/sprueche/historische-personen/18535/genie-ist-1-inspiration-und-99-transpiration.html>.

„Eine parallele Aktivität ist das Projektmanagement, nämlich die Planung, Steuerung und Kontrolle des gesamten Prozesses durch mich selbst – während viele andere Tätigkeiten durch mehr oder weniger erfahrene Kollegen erledigt werden können, sollten hier alle Fäden in einer Hand sein. Wir arbeiten mit einem Phasenkonzept, also der Einteilung des Projektes in einzelne in sich abgeschlossene Abschnitte. So genannte ‚Meilensteine‘, die überprüft werden können, kennzeichnen diese Abschnitte. Und bei der zweiten Aktivität, meine Damen und Herren, sind Sie selbst beteiligt: der ‚Qualitätssicherung‘, der Überprüfung und Abnahme aller wichtigen Teilergebnisse durch kompetente Fachleute.“

Zusammengefasst:

- Das Bauprojekt wird durch das Projektmanagement begleitet. Dafür gibt es ein Phasenkonzept und Meilensteine zur Beurteilung von Ergebnissen.
- Eine weitere begleitende Tätigkeit ist die Qualitätssicherung. Methodisches Vorgehen und Standards gehören zu einem professionellen Arbeiten, das „Künstlertum“ hat untergeordnete Bedeutung. Tätigkeiten und Ergebnisse werden überprüfbar.
- Prototypen sind dabei ein Beispiel für einen Vorgriff auf die Realisierung, aber auch ein Mittel zur Stabilisierung des Entwurfs.

Ein grobes Vorgehensmodell in der Bauwirtschaft

Anwendungsentwicklung hat viele Parallelen zum Planen und Errichten von anderen technischen Dingen, seien es Gebäude, Brücken, Weltraumraketen, Bohrinseln oder Autobahnen. Das Vorgehen kann man wie in Abb. 2.2 darstellen, in dem die drei wichtigsten Bestandteile, die eigentliche Produktion mit Entwurf und technischer Realisierung neben der Qualitätssicherung

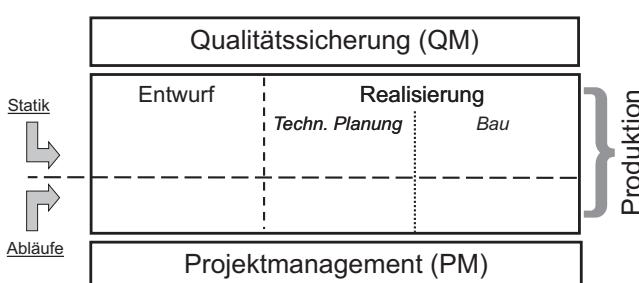


Abb. 2.2 Ein grobes Vorgehensmodell in der Bauwirtschaft

und dem Projektmanagement, sichtbar werden. Es ist ein grobes Vorgehensmodell in der Bauwirtschaft.

Beim anschließenden zwanglosen Empfang sprach einer der Teilnehmer den Architekten noch einmal an: „Das war ja nun alles sehr theoretisch. Können Sie die wesentlichen Punkte Ihres Vortrages noch einmal mit ganz einfachen Worten zusammenfassen?“

„Natürlich, gerne, wenn Sie simple Beispiele nicht stören. Die Entwurfs- und Planungsphase kann ich mit folgender Situation illustrieren: Sagt der Schiffbauingenieur zum Schweißer: ‚Wir brauchen noch ein Kreuzfahrtschiff. Dreihundert Meter lang, sieben Stockwerke hoch. Nehmt euch Eisenplatten und legt schon mal los. Vorne spitz, hinten rund.‘ Das wäre doch zu simpel, oder?“

„Klar – erst im Detail entwerfen und die Produktion planen, dann herstellen. Dabei schauen Sie nicht nur auf die Bestandteile, sondern auch darauf, wie sie dynamisch zusammenspielen.“

„Yep! Es gibt eine statische und eine dynamische Sicht auf das fertige Produkt – die statische betrachtet die Anordnung der Teile, die dynamische die Verkehrsströme zwischen den Teilen.“

„Also drei grobe Phasen und zwei unterschiedliche Sichten ...“

„Und wir stellen nicht einfach etwas her, wir begleiten die Herstellung mit zwei Aktivitäten. Der Ingenieur gibt dem Bauleiter nicht die Schiffspläne und sagt: ‚Ruft an, wenn ihr fertig seid!‘, denn ...“

„... er managt das Projekt und überwacht den Bau. Er koordiniert alle Tätigkeiten und schaut sich die Zwischenergebnisse an. Er stellt die Qualität sicher. Ja, so leuchtet es mir ein!“

2.2 Software-Herstellung als industrieller Produktionsprozess

In der Frühzeit der Computernutzung waren Programmierer „Künstler“ – und sie begriffen sich als solche. Noch heute gilt die Buchreihe des Informatikers und *Professor Emeritus at Stanford University*, Donald E. Knuth mit dem Titel *The Art of Computer Programming* (Die Kunst der Computer-Programmierung), begonnen 1997, als Standardwerk. Die *Kunst* der Programmierung! Doch bereits in den späten 1960er Jahren sprach man von einer „Software-Krise“, und schon 1968 verwendeten die Informatik-Pioniere Peter Naur und Brian Randell den Begriff „*Software Engineering*“ (ingenieurmäßige Herstellung von Software). Schon damals beschäftigte man sich mit

„den Problemen, eine ausreichende Zuverlässigkeit in den Datensystemen zu erreichen, die zunehmend in die zentralen Aktivitäten der modernen Gesellschaft integriert werden“ und „den Schwierigkeiten, Zeitpläne und Spezifikationen für große Softwareprojekte einzuhalten“.³ Also neigte sich die Zeit der Bastler, der kreativen Künstler, die undurchsichtigen und damit unerwartbaren Code produzieren, dem Ende zu.

Wir kennen ja den „Computerfreak“, den *Nerd* (engl. für „Sonderling“) aus verschiedenen Medien: intelligent, männlich, ungepflegt. Natürlich gibt es ihn, aber ebenso natürlich ist er auch eine Karikatur. Nicht nur, weil die Mitarbeiterin von Charles Babbage, Ada Lovelace, als die „erste Programmiererin der Geschichte“ gilt (intelligent, weiblich, gepflegt). Sondern weil der geniale Sonderling vielleicht noch irgendwo für Sonderaufgaben eingesetzt wird, aber ansonsten von Teams abgelöst wurde, die Software-Entwicklung als „normalen“ industriellen Produktionsprozess betreiben.⁴

Heute ist die Software-Entwicklung meist besagter industrieller Produktionsprozess, der einem klar definierten Vorgehensmodell folgt. Was ist ein „Vorgehensmodell“? Na, ein Modell des Vorgehens – eine Modellvorstellung, wie man bei der Software-Entwicklung vorgeht.⁵ Es ähnelt frappierend der Arbeitsweise (Abb. 2.2) des Architekten. Und seine ersten Tätigkeiten können – Überraschung! – unter dem Motto zusammengefasst werden: „Der Computer ist noch nicht erfunden“. Denn die Analyse der Datenverarbeitungsprozesse im Unternehmen (die Fachleute nennen es „Ist-Analyse“) sollte zuerst die Gegebenheiten erfassen. Dabei kann man natürlich überlegen, ob das, was heute *ist*, auch morgen so sein soll. Also die „Ist-Analyse“ mit Überlegungen zu einem „Soll-Konzept“ verbinden. Aber Finger weg von Überlegungen zur technischen Realisierung, denn die Technik ist wesentlich instabiler als Geschäftsprozesse. Die Grundregeln einer Lohnabrechnung oder Auftragsbearbeitung sind heute sehr ähnlich denen

³Zitat aus „Report on a conference sponsored by the NATO SCIENCE COMMITTEE“ Garmisch, Germany, 7th to 11th October 1968, Editors: Peter Naur and Brian Randell S. 3 (Übersetzung durch den Autor und *Google Translate*) (<http://homepages.cs.ncl.ac.uk/brian.randell/NATO/nato1968.PDF>). Anm.: Das Militär hat sehr viel zur Entwicklung von Computern beigetragen.

⁴Ich selbst war in einem Team mit einem solchen *Nerd*. Er war unglaublich effizient, produzierte genialen Code und schrieb viele kritische Programmteile. Dokumentation und Transparenz waren Fremdwörter für ihn. Selbst ein strenger Projektleiter konnte ihn nicht zügeln. Wir beteten nur, dass er nicht krank wurde.

⁵Vergleiche z. B. https://de.wikipedia.org/wiki/Vorgehensmodell_zur_Softwareentwicklung.

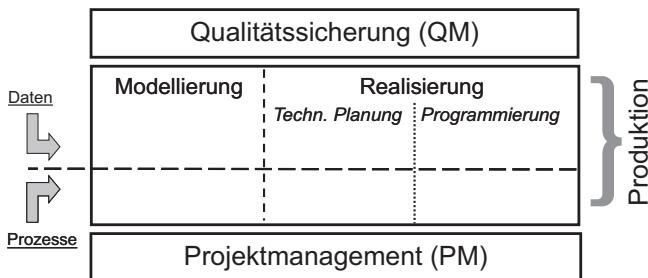


Abb. 2.3 Ein grobes Vorgehensmodell der Software-Entwicklung

von vor 50 Jahren, aber die Gerätschaften sind völlig unterschiedlich. Lassen Sie uns das genauer anschauen:

Ein Vorgehensmodell der Software-Entwicklung

Das Vorgehensmodell bei der Software-Entwicklung ist im Prinzip das gleiche wie in der Bauwirtschaft, mit kleinen spezifischen Abwandlungen. Auch hier wollen wir nicht in die Details einsteigen. Ein grobes Vorgehensmodell der Software-Entwicklung soll Ihnen nur eine Vorstellung davon geben, wie es aussehen kann (Abb. 2.3) und damit den Rahmen zu diesem Teil des Buches bilden, in dem wir die zwei wichtigsten Bestandteile, das Datenmodell und das Prozessmodell, kurz skizzieren wollen.

Die alten Bekannten, die „üblichen Verdächtigen“, tauchen hier wieder auf. Sie sind die wesentlichen Bestandteile eines methodischen Vorgehens:

- Es gibt zwei Sichten der Modelle: eine statische Sicht auf die Daten und eine dynamische auf die Prozesse.
- Das Projekt kann in Modellierung und Realisierung gegliedert werden. Dies ist eine Gliederung nach Aufgabengruppen, aber auch eine zeitliche Gliederung (aber nicht streng: Teile der Realisierung können schon begonnen werden, während auf der Modellierungsseite noch geplant wird).
- Die Realisierung gliedert sich wieder in zwei Phasen: technische Planung und die eigentliche Programmierung (der Datenbanken und der Algorithmen).
- Das Softwareprojekt (die Produktion der Software) wird durch das Projektmanagement begleitet. Dafür gibt es ein Phasenkonzept und Meilensteine zur Beurteilung von Ergebnissen.
- Eine weitere begleitende Tätigkeit ist die Qualitätssicherung. Tätigkeiten und Ergebnisse werden mindestens bei den Meilensteinen überprüft.

Methodisches Vorgehen und Standards gehören zu einem professionellen Arbeiten, das „Künstlertum“ hat untergeordnete Bedeutung. Deswegen haben wir bei der professionellen Software-Entwicklung solche rigiden Strukturen.

Wir haben ja gefordert: testen, testen!, testen!! (Zusammenfassung von Kap. 1). Das ist natürlich der letzte Abschnitt der Programmierung. Aber das ist zu kurz gedacht. Niemand wartet bis zum Ende eines Bauprojektes für eine Brücke und stellt dann 50 Lastwagen voller Sand darauf, um zu sehen, ob sie hält. Im Gegenteil: Schon in der Planungsphase muss eine rigorose Qualitätssicherung erfolgen, um Planungsfehler – die sich dann ja bis in die Realisierung wie Kaninchen fortpflanzen und *richtig* teuer werden – zu verhindern. Die tätigkeitsbegleitende Qualitätssicherung (auch vornehm „Qualitätsmanagement“ genannt) ist das A und O für fehlerfreie Software. Doch Fehlerfreiheit ist ein unerreichbares Ideal.

Die meisten Systementwickler (Programmierer und Designer) und ihre Führungskräfte leiden unter zwei Wahnvorstellungen (genauer gesagt: sie leiden nicht darunter, denn sie bemerken sie nicht). Die erste ist der Glaube: „Mein System ist fertig!“, die zweite: „Mein System ist fehlerfrei!“. Beides ist heilbar, aber unter großem Aufwand. Die erste wird durch *Change-Management* (Teil des Projektmanagement) kuriert, die zweite durch Qualitätsmanagement. Einige Unternehmen haben die Lektion gelernt und sind bereit, den Preis zu zahlen – sonst bliebe ein vollbesetzter Airbus über Grönland eine halbe Stunde in der Luft stehen, um sein Betriebssystem upzudaten. Wer aber es nur mit nörgelnden Endkunden zu tun hat, der verlagert seine Hotline (Kostenfaktor, kein Gewinn) nach Ungarn und legt Vivaldi in die Warteschleife.

Also ist das Heer der Software-Entwickler, die in ihren Großraumbüros sitzen, nicht einfach eine Ansammlung irgendwelcher Künstler, die sich unverständliche Codezeilen ausdenken. Nein, sie arbeiten in Teams nach wohldurchdachten Methoden, unter straffer Anleitung und permanenter Qualitätskontrolle. Sollten sie zumindest. Wie das im Einzelnen aussieht, das wollen wir hier beleuchten. Doch zuvor noch etwas aus dem richtigen Leben:

Migration ist ein riesiges Problem

Nehmen Sie das nicht politisch – „Migration“ ist der Übergang von einem Software-System auf ein anderes oder zumindest auf eine signifikant weiterentwickelte Version. Software-Katastrophen schaffen es ja manchmal in die

Tagespresse. So schreibt der *Daily Telegraph* über ein solches Ereignis bei der britischen TSB-Bank:⁶ „Die Kernschmelze der IT ist ein Albtraum für Bankchefs. Das verpfuschte Software-Upgrade bedeutete wochenlange Ausfälle für Millionen, führte dazu, dass 1300 Kunden durch Betrugsangriffe Geld verloren und 370 Menschen fälschlicherweise als tot ausgewiesen wurden.“ Sie diagnostiziert: „Heutzutage ist es schwierig, einen *Chief Operating Officer* für eine große Bank zu finden, der bereit ist, eine große Migration vorzunehmen, denn von dem Tag an, an dem man den Knopf drückt, um das alte System zu migrieren, fängt es an, sehr riskant zu werden.“ Speziell „Fusionen stellen ein Risiko dar, da sie Schwachstellen des IT-Systems aufdecken können, die von Hackern ausgenutzt werden können.“

Da macht einen diese Meldung nachdenklich: „Leider steht Ihnen das Online-Kartenkonto Ihrer Miles & More Kreditkarte vorübergehend nicht zur Verfügung.“ Vom 2. bis 11. Juli 2018 ist das System offline.⁷ Aber „Wir freuen uns, Ihnen in Kürze ein neues Online-Kartenkonto mit neuem Design und vielen zusätzlichen Funktionen präsentieren zu können und bitten daher, die temporäre Einschränkung zu entschuldigen.“ Diese „temporären“ Einschränkungen zogen sich Wochen hin und führten zu totaler Verwirrung, die sich bis in die Hotline des Unternehmens fortpflanzte. Es würde Sie langweilen und Sie würden es auch nicht glauben, wenn ich hier das gesamte Geschehen aufschreiben würde. Es zeigt aber, dass selbst nach einem halben Jahrhundert an Erfahrung solche komplexen Systeme nicht beherrscht werden. Die am Ende von Abschn. 1.7 erwähnte Warnung vor der „technologischen Hybris“ sollte uns bei dem Versuch bremsen, mehr und mehr Verantwortung an vollautomatisierte Systeme und „künstliche Intelligenz“ zu übergeben. Aber dazu kommen wir noch in Kap. 3.

Es ist Ihnen ja sicher schon aufgefallen, dass insbesondere Software oft von einer Versionsnummer begleitet wird. Denken Sie nur an das legende DOS 3.1. Die Hauptversionsnummer vor dem Punkt weist oft auf eine „Migration“ hin, die Nebenversionsnummer ist meistens nur eine funktionale Erweiterung des Programms. So gesehen sind wir vielleicht *Homo sapiens* 2.7, denn der Übergang vom Jäger und Sammler zum Viehzucht- und Ackerbau-Menschen war sicher eine gewaltige „Systemumstellung“ (die „7“ ist hier völlig aus der Luft gegriffen). Deswegen sprechen wir heute von „Industrie 4.0“, weil wir 3 industrielle Revolutionen schon hinter uns haben.

⁶L. Burton, I. Withers: „IT meltdowns raise doubts over switch to cashless society“ in *The Daily Telegraph* vom 03.06.2018 S. 5. Die TSB Bank ist eine Retail- und Geschäftsbank in Großbritannien und ist eine Tochtergesellschaft der Sabadell-Gruppe.

⁷Lufthansa (<https://www.miles-and-more.kartenabrechnung.de/>, abgerufen am 9. Juli 2018).

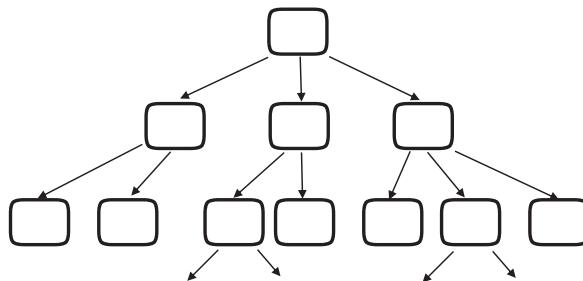


Abb. 2.4 Ein einfacher Prozessbaum

Im Übrigen gilt hier die alte Binsenweisheit: *Never touch a running system!* (dt. frei: Finger weg von einem System, das läuft!). Aber wenn es denn sein muss, müssen alle Beteiligten „wie Computer denken“. Was das heißt, will ich kurz illustrieren:

Nur wer nichts macht, kann nichts falsch machen

Ein Programmierer muss in vollständigen Prozessketten (besser: Prozessbäumen wie Abb. 2.4) denken können – ähnlich einem Juristen, der ein Gesetz formuliert. Was passiert, wenn das Konto überzogen wird? Dann gibt es automatisch einen Dispo-Kredit. Was, wenn das Limit des Dispos erschöpft ist? Dann wird die Zahlung zurückgewiesen. Was wenn nicht? Dann werden Dispozinsen berechnet. Und jetzt kommt's: Was, wenn das Dispolimit *nach* der Verbuchung der Zinsen überschritten wird? Gute Frage!

Über jeden noch so seltenen Fall muss er nachdenken (bei kritischen Systemen und oft Tausenden von Fällen wird dies automatisiert). Seine Devise ist: Es ist wahrscheinlich, dass das Unwahrscheinliche geschieht.⁸ Es gab allerdings schon Fälle, in denen er nicht daran gedacht hat – ja, nicht einmal an das Wahrscheinliche, denn sogar das Todsichere wurde übersehen.

Das berühmteste Beispiel für ein todsicheres Ereignis, an das niemand gedacht hat, war der Jahrtausendwechsel vom Jahr 1999 auf das Jahr 2000. Das waren Zeiten, in denen Speicher knapp und teuer waren, in denen Überflüssiges nicht gespeichert wurde. Deswegen ließ man in den 1900er Jahren die

⁸Aristoteles zugeschrieben, Zitat zum Thema: Erwartung (<https://www.aphorismen.de/zitat/68353>).

„19“ einfach weg. Der 12. Oktober 1988 wurde zu 121088. Und dass man sich bei Zeitangaben ein negatives Vorzeichen sparen kann, war sowieso klar.

Lassen Sie uns rechnen: $1999 - 1993 = 6$, also bekommt das jetzt schulpflichtige Kind (geboren 1993) eine Aufforderung zur Einschulung. $2000 - 1994$, aber im Computer $00 - 94 = 94$ (kein negatives Vorzeichen) – und die Aufforderung eines Bestattungsinstitutes, sich um die Vorsorge für den Ernstfall zu kümmern. Sie lachen an der falschen Stelle. Das war kein Kalauer, sondern bitterer Ernst. Der „Y2K-Bug“ („Y“ für *year*, „2K“ für 2000), das Jahr-2000-Problem.

Unternehmen haben Milliarden ausgegeben, um diesen *Bug* in ihrer Software zu bereinigen. Dazu kamen Millionen von industriellen Apparaten, Stromzählern, Kraftwerksteuerungen und allen anderen Apparaten, die mit dem Datum rechnen. Sie alle würden beim Jahreswechsel anfangen zu spinnen. Der kleine *Bug* war ein fetter Käfer. In der Europäischen Union kam die Euro-Umstellung gleich hinterher. Anstatt in einer Datenbank den Umrechnungsfaktor 1,95583 einzutragen, mussten wieder Tausende von Programmen durchforstet werden.

Doch damit war noch nicht Ruhe, denn beim Jahreswechsel 2009 auf 2010 gab es wieder Probleme. Und nun warten die Fachleute auf das Jahr-2027-Problem und das Jahr-2038-Problem. „Der Gesamtaufwand für die Y2K-Projekte wurde von Gartner auf weltweit bis zu 600 Mrd. US\$ geschätzt, in großen Unternehmen erreichten die Kosten für Maßnahmen zur Überprüfung und Umstellung der Anwendungen zwei- bis dreistellige Millionenbeträge (Euro).“⁹

Nun aber genug der Vorrede. Sie sind ja schon gespannt, wie man nun methodisch und exakt bei der Modellierung vorgeht. Wie geht der IT-Profi an das Problem heran, das Abbild der Realität verständlich und anschaulich zu erfassen?

Schauen wir uns zuerst einige Beispiele aus der Welt der Daten an:

2.3 Mr. Spock entdeckt die Erde

Mr. Spock bewegt sich in einem Abstand von ungefähr dem Dreifachen des mittleren Abstands zwischen Erde und Sonne in rund 5 Jahren um eben diese Sonne. Er heißt aber eigentlich „(2309) Mr. Spock“ und ist ein Asteroid. Der andere, der eigentliche *Commander Spock* ist bekanntlich „Erster und

⁹Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Jahr-2000-Problem>.

wissenschaftlicher Offizier“ an Bord des Raumschiffs *Enterprise*. Wie man weiß, ist er der Sohn des vulkanischen Botschafters Sarek. Als Halb-Vulkanier, deren Gesellschaft rein auf Logik beruht und ihre Gefühle unterdrückt, reagiert er – trotz seines gelegentlich durchschimmernden menschlichen Erbes – stets logisch und besonnen. Er hat die Aufgabe, das menschliche Verhalten zu hinterfragen.¹⁰

Er hatte den Antigravitationsgenerator auf weniger als halbe Kraft eingestellt, denn dies war ja nur ein kleiner Planet. Aber schön blau anzusehen. Meere und Wolken, wie zu Hause. Den Hitzeschild, den er beim Eintritt in die Atmosphäre gebraucht hatte, hatte er schon weggeklappt. Nun hing er bewegungslos etwa 15 km über der Oberfläche und wartete ungeduldig auf die Rückkehr seines Kundschafters. Seine Mutter, Amanda Grayson, die ja von der Erde stammte, hatte ihm schon einiges von ihr erzählt. Insofern war er nicht sonderlich überrascht, als sein Kundschafter berichtete:

„Also, dort gibt es Dinge, Gegenstände, Sachen, Individuen, einzelne klar voneinander unterscheidbare Einheiten, die sie ‚Entitäten‘ nennen. Menschen, Häuser, Fahrzeuge, Produkte … aber auch abstrakte, nicht materielle Dinge wie Bezirke, Gesetze, Konten, Gruppen und so weiter. Aber alle eindeutig voneinander unterscheidbar. Eindeutig identifizierbar, unverwechselbar. Meist über eine Nummer, oft ellenlang. Die IBAN zum Beispiel, 22 Stellen, grässlich!“

Fachjargon: Entitäten, Typen und Attribute

„Entitäten. Kenn’ ich. Eindeutig identifizierbare Dinge. Wie bei uns.“

„Soll ich es mal aufmalen?“, fragte der Kundschafter. „Ja, gerne!“, sagte Mr. Spock höflich, obwohl er schon wusste, was kommen würde. Ein einfaches Bild, vermutlich ein Mensch mit seinen Daten, die ihn als Individuum beschreiben. Ein Kästchenbild mit den darunter hängenden „Attributen“. So nannten die Fachleute die Daten. Im Computer werden daraus die einzelnen Datenelemente. Nicht zu vergessen das wichtigste Attribut, welches das Individuum – also die Entität – eindeutig identifiziert. Es kam wie er erwartet hatte (Abb. 2.5). Und er wusste auch schon, wie es weitergehen würde. Was aber der Kundschafter nicht wusste, deswegen fuhr dieser fort:

„Natürlich ist die einzelne Entität, das Individuum, nicht so interessant. Davon gibt es ja viele gleichartige. Menschen zum Beispiel, Milliarden von

¹⁰Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Figuren_im_Star-Trek-Universum#Commander_Spock.

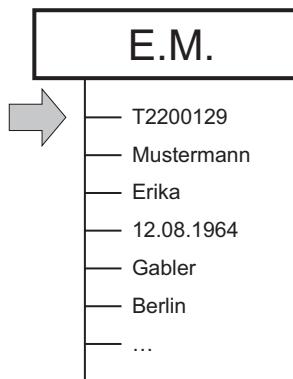


Abb. 2.5 Entität mit individuellen Attributen

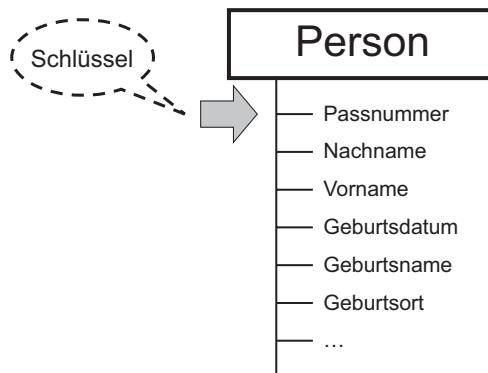


Abb. 2.6 Entitätstyp mit Attributsbezeichnungen

ihnen. In der Informationsverarbeitung wollen wir ja das Typische speichern, das, was alle gemeinsam haben.“

„Lassen Sie mich raten: den Entitätstyp“, unterbrach ihn Commander Spock.

„Genau!“ Der Kundschafter war erfreut, dass sein Chef offensichtlich mitdachte. So korrigierte er schnell das Bild auf dem Schirm, um es in einen Entitätstyp zu verwandeln (Abb. 2.6). „Die Frau Mustermann ist eine Entität vom Typ ‚Person‘. So nenne ich ihn mal. Entitätstyp ‚Person‘. Ob das so richtig ist, wird sich noch zeigen. Denn sie hat ein Attribut, das andere Personen nicht haben. Den Geburtsnamen ‚Gabler‘. Das wichtigste Attribut ist der so genannte ‚Schlüssel‘. Er dient zur eindeutigen Identifizierung aller Entitäten dieses Typs.“

„Es darf also niemals denselben Schlüssel zweimal geben.“

„Never ever! Todsünde auf der Erde ...“

„.... wie auch im Himmel. Das gilt auch auf unserem Planeten. Sonst werden Dinge ununterscheidbar. Die gibt es zwar, aber wir können oder wollen über die einzelnen Dinge keine individuellen Informationen speichern. Weil sie ja nicht unterscheidbar sind, exakte Kopien voneinander. Wie die Moleküle in meinem Wasserglas.“

„Wie viele das auch immer sind ...“

„Sehr viele!“

„Nur über das Wassermolekül an sich, als Typ, können wir Informationen speichern. Weil es eine Entität des Typs ‚Molekül‘ ist. Wir haben alle durchnummeriert, weil es so viele gibt, viele künstlich hergestellt. Soll ich mal ...?“

„Ja“, sagte Mr. Spock, „Malen Sie mal!“ (Abb. 2.7)

Dann aber runzelte er die Stirn: „Lassen Sie das mal nicht unseren Bordchemiker sehen. Der hätte sicher einiges daran auszusetzen. Aber Sie wollten ja sicher nur noch einmal den Unterschied zwischen Entität und Entitätstyp illustrieren.“

Beziehungen zwischen Entitäten heißen Relationen

Der *Information Technology Explorer* war noch nicht fertig mit seinem Bericht: „Das eigentlich Interessante sind Beziehungen zwischen den Entitätstypen, denn auch dort verbergen sich Daten. Die Fachwelt nennt sie ‚Relationen‘, ein etwas unglücklich übersetztes *relationship* (,Beziehung‘).“

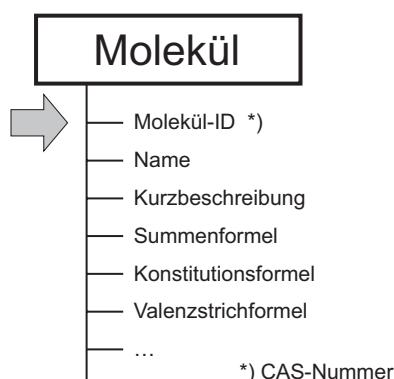


Abb. 2.7 Entitätstyp „Molekül“

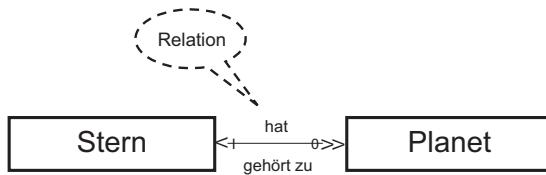


Abb. 2.8 Die „Relation“ beschreibt die Beziehung zwischen Entitätstypen

Zuerst fragen wir: Wer steht mit wem wie in Beziehung? Und wie im richtigen Leben verläuft die Beziehung in zwei Richtungen, von A nach B und von B nach A. Nehmen wir unsere Welt: Wie viele Planeten kreisen um einen Stern wie die irdische Sonne, maximal und minimal? Und zu wie vielen Sternen können einzelne Planeten gehören? Sie wissen, Sir, dass ein Stern mehrere Planeten hat, eventuell auch gar keinen. Umgekehrt gehört ein Planet zu genau einem Stern, mindestens und höchstens. Die Feinheiten bei Doppelsternsystemen lasse ich mal weg.¹¹ Und das habe ich Ihnen auch mal skizziert (Abb. 2.8). Die Datenmodellierer haben hierfür kleine Zeichen erfunden, einen Doppelpfeil für *beliebig viele* oder eine Null für *möglicherweise keinen*. Alles ganz einfach und anschaulich! Denn zur Sonne gehören und um sie kreisen Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.“

„.... und ich!“

„Mit Verlaub, Sir, ,(2309) Mr. Spock‘ gehört nicht dazu, denn er ist ein Asteroid. Kein Planet. Es gab ja schon Streit, ob Pluto überhaupt die Bezeichnung ‚Planet‘ verdient. Im Jahr 2006 wurde ihm der Planetenstatus aberkannt. Jetzt ist er nur noch ein Kleinplanet mit der Nummer 134340.“

„Immerhin eine Entität des offensichtlich gesonderten Typs ‚Kleinplanet‘. Da haben sich die Astronomen sicher etwas dabei gedacht.“

„Ja, und daran sieht man, dass Datenmodellierung nicht ausschließlich eine Abbildung einer festen und undiskutierbaren objektiven Realität ist, sondern auch ein Design- und Entscheidungsprozess.“

Was Mr. Spock dem IT-Explorer nicht sagte, um ihn nicht zu kränken: Er wusste das alles schon. Diese logischen Regeln gelten für das gesamte Universum – wie die physikalischen Naturgesetze. Auch in den fernsten Galaxien gibt es Entitäten (eine Galaxie ist selbst eine) und Relationen zwischen ihnen.

Hier verlassen wir Mr. Spock und kehren in unsere Welt zurück.

¹¹Für Interessierte siehe Dr. Roland Brodbeck: „Planeten in Doppelsternsystemen“ in Astroinfo-Lexikon (<https://lexikon.astronomie.info/sterne/binary/>). Auch eine weitere „Feinheit“ wurde vernachlässigt, denn Agenturen melden: „Junger Exoplanet ohne Sonne entdeckt“ in *Spiegel online* vom 10.10.2013 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/astronomie-sehr-junger-exoplanet-ohne-sonne-entdeckt-a-927097.html>).

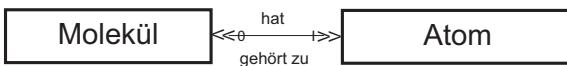


Abb. 2.9 Relation Molekül – Atom

Und jetzt können Sie aufhören, sich zu wundern, weil in Abb. 2.7 die Atome des Moleküls zu fehlen scheinen. Welche Atome zu einem Molekül gehören, muss getrennt gespeichert werden, denn es gilt ja das, was Abb. 2.9 zeigt.

Das liest sich wie folgt: Ein Molekül hat mehrere Atome, mindestens aber eins (sonst bestände es ja aus *nichts*). Ein Atom (nicht das physische, ununterscheidbare, sondern die Art, also z. B. H, O, Fe, Au)¹² gehört zu mehreren Molekülen, möglicherweise aber auch keinem (es gibt chemische Elemente, die in keinem Molekül vorkommen).

Die Zeichenregeln für diese Diagramme (Fachausdruck: *Entity-Relationship-Diagramm*) sind einfach, denn die Datenmodellierer zählen gewissermaßen nur bis drei: 0, 1, viele. Die „1“ bedeutet „mindestens 1“ und die „0“ bedeutet „evtl. keiner“. Der einfache „>“ bedeutet „höchstens 1“ und der doppelte „>>“ bedeutet „beliebig viele“. Geht's noch einfacher? Nein.

So kann man grafisch anschaulich und kompakt die Verhältnisse in der Wirklichkeit analysieren und darstellen – und fast wie ein Computer denken ... Die Fachleute sprechen dann zum Beispiel bei einem Bild wie in Abb. 2.8 von einer „1-zu-N-Beziehung“ (oder „1:N-Beziehung“) und bei Abb. 2.9 von einer „n-zu-n-Beziehung“ (oder „N:N-Beziehung“). Und die „zu-1“-Beziehungen spielen im Alltag eine wichtige Rolle, denn ein Auto hat *einen und nur einen* Halter, ein Schiff *einen und nur einen* Kapitän. So kann man Verantwortlichkeiten exakt festlegen. Eindeutigkeit, danach suchen die Datenmodellierer.

Bleibt noch anzumerken, dass manche Leute den Entitäts*typ* als Entität bezeichnen und folglich für das einzelne Individuum einen anderen Namen finden müssen, z. B. Entitätsausprägung. Also – wie immer im Leben – genau darauf achten, worüber man eigentlich spricht.

Aus dem Alltag eines Systemberaters

Der IT-Veteran erzählt: „Ich war ja einmal Systemberater und musste beim Kunden Anwendungen, die heute APPs heißen, entwickeln. In unterschiedlichen Branchen, zum Beispiel einem Walzwerk.“

¹²H = Wasserstoff, O = Sauerstoff, Fe = Eisen, Au = Gold.

„Aber – mit Verlaub – davon hatten Sie doch keine Ahnung!“

„Ja, das war mein Vorteil. Ich konnte ‚dumme Fragen‘ stellen, und bald merkten die Leute, dass es keine dummen Fragen waren. Zum Beispiel: ‚Mit welchen Dingen haben Sie es hier zu tun?‘ Ich habe natürlich nicht ‚Entitätstyp‘ gesagt ...“

„Hätten die ja gar nicht gekannt.“

„... sondern nach einzelnen identifizierbaren Dingen gefragt, oder Belege angeguckt, wo diverse Nummern draufstanden, und gefragt, was sich dahinter verbirgt. Denn die eindeutigen ‚Schlüssel‘ sind ja eine große Hilfe, Entitätstypen zu finden. So lernte ich, was eine ‚Bramme‘ ist: ein riesiger Eisenquader mit einer eingestanzten Nummer darauf.“¹³

„Dann Kästchen gemalt.“

„Ja, und gefragt, wie die miteinander in Beziehung stehen, hin und zurück.“

„Relationen gesucht.“

„Genau, und daraus entstand dann ein Datenmodell des Unternehmens. Das ERM ...“

„Entity-Relationship-Modell, das man im Entity-Relationship-Diagramm abbildet.“

„Das war die Grundlage für die Strukturen von Datenbanken und hatte den Vorteil, dass die Fachabteilungen sich darin wiederfanden. Sie bildeten das wirkliche Leben ab und nicht die Vorstellung, die sich irgendwelche Programmierer von ihm machten.“

Und genau das sind zwei der Vorteile des Datenmodells: Einerseits sind sie die Grundlage für das Design von Datenbanken, andererseits bilden sie die organisatorischen Gegebenheiten in einem Unternehmen exakt ab. Dazu kam der psychologische Vorteil, dass die Fachabteilung in den Entwicklungsprozess mit einbezogen wurde.

Ich könnte Ihnen noch seitenlang Einzelheiten der Datenmodellierung schildern, aber Sie wollen ja nicht zum Informatiker ausgebildet werden.¹⁴ Aber drei

¹³Ein schönes Foto auf <http://ilpiccolo.gelocal.it/trieste/cronaca/2017/05/24/news/primo-carico-di-bramme-solo-via-mare-1.15386335>.

¹⁴Es gibt Unmengen von Literatur zu diesem Thema, u. a. bei Springer Vieweg, (Wiesbaden), z. B. Eberhard Stickel: „Konzeptuelle Datenmodellierung“, 1997, Andreas Gadatsch: „Datenmodellierung für Einsteiger“, 2017, oder Josef L. Staud: „Datenmodellierung und Datenbankentwurf“, 2005, aber auch den Klassiker des „Erfinders“ des ERM Peter Pin-Shan Chen: „The Entity-Relationship Model: Toward an Unified View of Data“ (Reprint 2018), Forgotten Books (London).

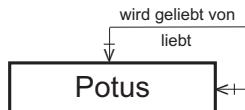


Abb. 2.10 Der römische Kaiser Potus liebt nur sich selbst

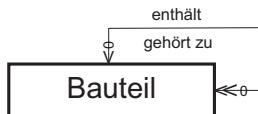


Abb. 2.11 Bauteile enthalten Bauteile und gehören zu Bauteilen

interessante Dinge möchte ich Ihnen noch zeigen, damit Sie die Bedeutung dieser Methodik für den Entwurf von Datenbanken beurteilen können:

1. aus einer N:N-Beziehung abgeleitete Entitätstypen,
2. das Konzept von „Generalisierung“ und „Spezialisierung“,
3. Entitätstypen mit einer Beziehung zu *sich selbst*.

Fangen wir mit dem letzten Punkt an, denn er ist am überraschendsten.

Die Münchhausen-Relation

Erwähnte ich es schon? Eines meiner Lieblingsthemen ist die Selbstbezüglichkeit. Wir haben sie ja schon in Abschn. 1.5 als „Münchhausen-Programm“ angetroffen.

Geht das auch mit Entitäten? (Abb. 2.10).

Nicht so richtig, denn das war ja wohl ein Scherz!¹⁵ Aber schauen Sie es sich an, wie es mit einem Entitätstyp statt mit einer Entität aussieht! Nehmen wir als Beispiel Abb. 2.11. Lesen wir zusammen laut vor: Ein Bauteil enthält mehrere Bauteile, möglicherweise aber gar keins (die letzte Schraube). Umgekehrt gehören Bauteile zu genau einem Bauteil, am Anfang der Kette aber zu gar keinem (das oberste Bauteil).¹⁶

Daraus entsteht die Hierarchie der Bauteile, die so genannte Stückliste. Konkret könnte sie so aussehen wie in Abb. 2.12. Denken Sie sie sich weiter nach

¹⁵Falls er nicht sofort zündet: Siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/POTUS>.

¹⁶Das ist jetzt etwas vereinfacht, denn bei Mehrfachverwendung derselben Bauteile (z. B. Schrauben) gibt es auch nach oben eine „zu-N“-Beziehung.

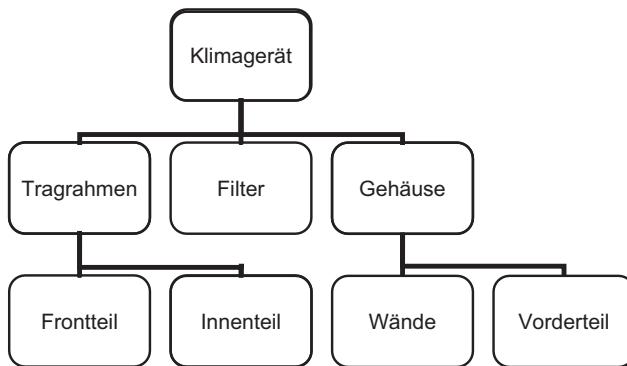


Abb. 2.12 Die Stückliste als Hierarchie

unten verästelt, bis zur letzten Schraube. Das Datenmodell und die darauf aufbauende Datenbank bilden dies kompakt und exakt ab. In gleicher Weise würde das Modell laut Abb. 2.11 auch die Hierarchie in einem Unternehmen oder einem Ministerium abbilden – vom Minister über die Staatssekretäre bis hinunter zum letzten Büroboten.

Eine N:N-Beziehung erschafft einen abgeleiteten Entitätstyp

Interessant ist eine genauere Betrachtung der N:N-Beziehung. Nehmen wir als Beispiel die Abb. 2.13: Ein Mitarbeiter arbeitet in mehreren Projekten mit, aber auch möglicherweise in gar keinem. Umgekehrt hat ein Projekt mehrere Mitarbeiter, aber vielleicht noch gar keinen (wenn es neu gegründet wurde). Daraus ergibt sich ein „abgeleiteter Entitätstyp“ mit einem „Kombinationsschlüssel“. Ein Kombinationsschlüssel besteht aus der Verbindung von zwei (oder noch mehr) einzelnen Schlüsseln, die nur in Kombination miteinander eindeutig sind. Allein nicht, wie man an „K-UZ007“ in Abb. 2.13 sieht: Der Schlüssel kommt ja mehrmals vor. Ebenso kann ja eine „PersNr“ mehrfach auftauchen, da ja ein Mitarbeiter in mehreren Projekten arbeiten kann.

Der „abgeleitete Entitätstyp“ könnte „Projekteinsatz“ heißen und den Kombinationsschlüssel aus „PersNr“ und „ProjektID“ haben. Hier gibt es jetzt interessante Möglichkeiten, Fehler zu machen, also eine inkonsistente Datenbank aufzubauen. Und clever durchdachte Regeln, dies zu vermeiden. Ohne im Detail alle diese Regeln zu erwähnen (man findet sie unter dem Stichwort „Normalisierung“ in der Fachliteratur), will ich nur einen Fehlritt

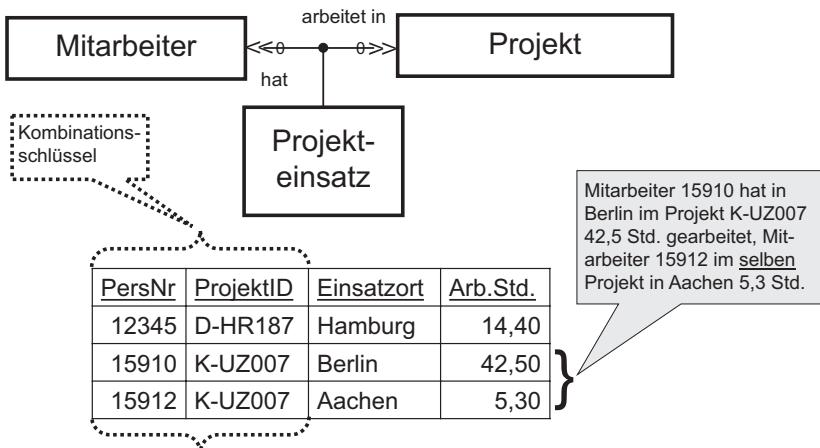


Abb. 2.13 Ein aus einer N:N-Beziehung abgeleiteter Entitätstyp und seine Tabelle

PersNr	ProjektID	Einsatzort	Arb.Std.	Name	Projekthez.
12345	D-HR187	Hamburg	14,40	Maier	Spreebrücke
15910	K-UZ007	Berlin	42,50	Müller	Mozarthalle
15912	K-UZ007	Aachen	5,30	Schulze	Konzerthalle

Abb. 2.14 „Verbotene“ Erweiterung der N:N-Tabelle

zeigen: Jemand könnte auf die Idee kommen, den Namen des Mitarbeiters und die Projektbezeichnung mit in die Tabelle aufzunehmen (man soll ja nie etwas Falsches illustrieren, aber schauen Sie sich Abb. 2.14 an).

Warum ist das falsch? Es ist doch nützlich, diese Informationen gleich zur Hand zu haben! Ja, aber es ist eine erhebliche Gefahr für die Konsistenz der Datenbank. Inkonsistente Datenbanken können zu schweren Fehlern führen, denn es erhebt sich die Frage: „Was ist denn nun richtig?“ In unserem (vergleichsweise harmlosen) Fall: „Wie heißt denn nun das Projekt ‚K-UZ007‘, ‚Mozarthalle‘ oder ‚Konzerthalle‘?“ Hätte man dort auch noch das Projektbudget gespeichert (1,25 M€ bzw. 1,60 M€), wäre die Verwirrung der Finanzabteilung groß gewesen. Deswegen schreiben sich die Datenmodellierer als eine von mehreren „Normalisierungsregeln“ hinter die Ohren: Ein Attribut in einer N:N-Tabelle darf nie (*never ever!*) von nur einem Teil des Kombinationssschlüssels abhängen!

Sie sehen, Datenmodellierung ist keine Spielerei, sondern eine strenge Disziplin mit gravierenden Auswirkungen.

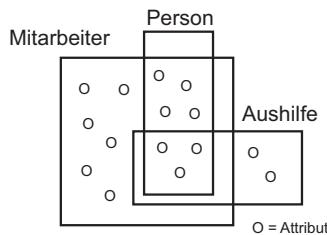


Abb. 2.15 Zusammenfassung von Entitätstypen zu Klassen

Informationsreduktion durch Klassenbildung

Das ist das Konzept von „Generalisierung“ und „Spezialisierung“, entstanden aus dem Problem, dass es Entitätstypen gibt, die mehrere – aber nicht alle – gemeinsame Attribute haben.¹⁷ Illustrieren wir es an einem Beispiel (Abb. 2.15). Ein fester Mitarbeiter des Unternehmens habe einige Attribute, die eine Aushilfe *auch* hat und einige, die eine Aushilfe *nicht* hat. Einige Attribute (z. B. der Name) gehören auch zu anderen Personen (weder Mitarbeiter noch Aushilfen), über die Informationen gespeichert werden.

Daraus kann man eine „Klassenhierarchie“ ableiten und auf mehrere verschiedene Arten grafisch dokumentieren, wie in Abb. 2.16 zu sehen ist.

Diese Entitätsklassen bilden natürlich die „*ist_ein*“-Relation ab (Abb. 2.17): Ein Mitarbeiter *ist eine* Person und eine Aushilfe *ist eine* Person (nur eine). Umgekehrt *kann* eine Person ein Mitarbeiter *sein* (aber auch nicht) oder eine Aushilfe.¹⁸

Jetzt kommen die Datenbankdesigner und sagen: „Prima, das ergibt eine verknüpfte Datenbank, die aus drei Dateien besteht!“ Diese Tabellen sind mit ihren Schlüsseln untereinander verknüpft. Das sieht dann wie in Tab. 2.1 aus, wobei der Name der Datei/Tabelle im Kasten oben links steht.¹⁹ Jetzt sieht man sofort: Der Azubi bekommt 1000 € und (über die Verknüpfung) er ist am 06.06.2001 geboren und heißt „Schulze“. Die den beiden Unterklassen *gemeinsamen* Attribute sind bei der Oberklasse

¹⁷Aus Beetz J, Lambers H (1991) S. 91.

¹⁸Wenn man den übergeordneten Entitätstyp „Entitätsklasse“ nennt, ist das natürlich nur ein Name, der seine Höhe in der Hierarchie andeutet. Entitätstypen sind sie alle. Anmerkung zur Abb. 2.17: Die grauen Pfeile sind nicht Bestandteil der Darstellungstechnik, sondern nur Hilfen zum Erkennen der Leserichtung.

¹⁹Nur zur Erinnerung: Er wird in der Regel ebenso wenig wie die Namen der Spalten *in* der Datei mit abgespeichert (obwohl es Datenbanksysteme gibt, die genau das tun).

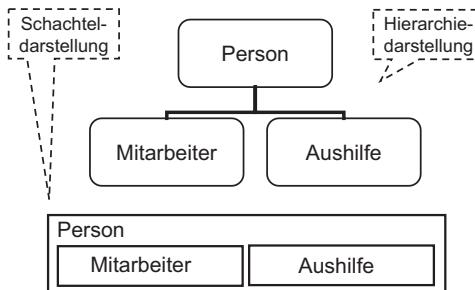


Abb. 2.16 Darstellung von Entitätsklassen

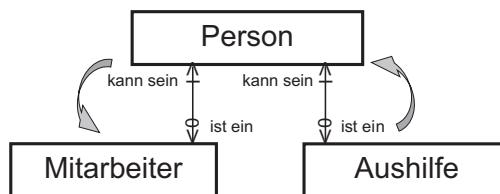


Abb. 2.17 Die „ist_ein“-Relation illustriert die Klassenbildung im ERM

Tab. 2.1 Eine Datenbank aus drei Tabellen (Dateien)

<u>Person</u>				
Pers.-Nr.	Name	Geb.-Dat.	Fam.-St.	...
12345	Maier	21.01.1969	Verh.	...
12346	Müller-Lüdenscheid	01.21.1992	Verh.	...
12348	Schulze	06.06.2001	Ledig	...
<u>Mitarbeiter</u>				
Pers.-Nr.	Titel	Tät.-Gr.	Gehalt	...
12345	Systemanalytiker	A 5	5500	...
12348	Auszubildender	C 1	1000	...
<u>Aushilfe</u>				
Pers.-Nr.	Agentur-Nr.	Häufigk.
12346	07	12

gespeichert, sie werden von dort nach unten „vererbt“. Ja, so nennt man das, man spricht von der „Vererbung von Attributten“.

In der dritten Datei in Tab. 2.1 sehen Sie übrigens einen „Fremdschlüssel“, die „Agentur-Nr.“. Das ist ein Datenelement, das in einer anderen (eigentlich ja nicht fremden, sondern „befreundeten“) Tabelle Schlüssel ist. Die nächste *Never-ever!*-Normalisierungsregel lautet nämlich: Packe *nie* Attribute in eine Tabelle (außer besagtem Fremdschlüssel), die nicht zum eigentlichen Schlüssel (d. h. Entitätstyp) dieser Tabelle gehören. Statt der

Agentur-Nr. in der Aushilfe-Tabelle vielleicht den Agentur-Namen einzutragen, wäre wieder eine Todsünde. Das würde wieder Tür und Tor für Inkonsistenzen öffnen.

Interessant sind zwei Feststellungen:

1. Die Hierarchie kann beliebig tief sein, also mehrere Ebenen umfassen (z. B. über der „Person“ eine Ebene „Partner“, wo die Adressen von Personen, aber auch von Kunden und Lieferanten gespeichert sind).
2. Richtig Kraft entfaltet dieses Konzept, wenn – allgemein gesprochen – Entitäten in *mehreren* Unterklassen vorkommen. In unserem vereinfachten Beispiel wäre das sachlich unmöglich, denn ein festangestellter Mitarbeiter wird wohl schwerlich in seiner Freizeit auch noch als Aushilfe im Unternehmen arbeiten. Sehr plausibel dagegen wäre es, wenn (1 Ebene höher) eine Person gleichzeitig Kunde *und* Lieferant ist. Könnte man z. B. seine Adresse nicht bei der übergeordneten Klasse speichern, könnte die Datenbank inkonsistent werden: Die bei den jeweiligen Unterklassen gespeicherten Adressen z. B. sind *verschieden*. Da kriegt der Datenbankadministrator eine Krise! (Das kennen Sie doch, oder? Sie sind umgezogen, die Auszüge Ihres Girokontos kommen an die neue Adresse, die des Festgeldkontos aber monatelang noch an die alte). Die ordentliche Feststellung und Realisierung von Klassenhierarchien sorgt für Redundanzfreiheit in der Datenbank und damit die Abwesenheit von Fehlermöglichkeiten.

Sie sehen also, eine wissenschaftliche Beschäftigung mit den Kunstgriffen in der IT ist kein akademischer Zeitvertreib, sondern hat enorme praktische Auswirkungen.

Und das Beste kommt ja noch:

Die „*ist_ein*“-Relation wird zum Programmierkonzept

Das haben Sie ja vielleicht schon einmal kopfschüttelnd gelesen: „C++ ist eine OOP-Sprache“. Das erste Rätsel beantwortet sich von selbst, denn das sagt ja der Satz aus: Es gibt eine HLL mit dem seltsamen Namen „C++“ („C plus plus“, Liebhaber von Anglizismen sagen *Bieh plass plass*). Sie ist eine Weiterentwicklung der HLL namens „C“. Ein Fachmann beurteilt sie so: „Wenn es einen Bereich der Informatik gibt, in dem eine fortgesetzte, wahnsinnige, quasi-obsessive Liebe zum Detail erforderlich ist, dann ist das die C++-Programmierung. Ein Kandidat, der nicht einmal die Aufmerksamkeit für

Details in dem Umfang zeigt, der notwendig ist, um den Namen der Sprache korrekt zu benennen, scheint sie mir sehr unwahrscheinlich in der Höhe zu besitzen, die notwendig ist, um ein guter C++-Programmierer zu sein.“²⁰

Aber was ist Objektorientierung? Einfach ausgedrückt: „Objekte“ haben „Eigenschaften“, und sie sind nichts anderes als Entitätstypen, die Attribute haben. Sie sind Repräsentationen der ETs (so nenne ich die Entitätstypen gerne) im Computer. Das ist ja klar, dass die ETs der Datenmodellierung in der Phase der Realisierung (siehe Abb. 2.3) im Computer abgebildet werden. Dazu haben wir die Übung ja veranstaltet. Und nun kommt die geniale Idee: „Warum packen wir die Unterprogramme und Funktionen, die die Verarbeitungsprozesse dafür abbilden, nicht gleich mit dazu?!“ (wie man die herausfindet, das sehen Sie im nächsten Kapitel – aber nehmen wir mal an, man würde sie schon kennen). Unglücklicherweise nennt man die Gesamtheit dieser Programme „Methoden“ (engl. *method*) – ein m. E. unnötiger neuer Begriff. Ein Objekt ist also ein Verbund aus Datenelementen und zugehörigen Methoden. Ein kurzes Beispiel soll das erhellen (Abb. 2.18 in Anlehnung an Tab. 2.1).

Dort sehen Sie 3 Objekte, und in ihnen jeweils exemplarisch 2 Datenelemente (*aka* Eigenschaften, Attribute).²¹ Darunter einige Methoden (*aka* Unterprogramme, Funktionen), die die Verarbeitungsprozesse dafür abbilden – erkennbar an den „()“, die andeuten sollen, dass ihnen Daten als Parameter mitgegeben werden. Das Bild passt sehr schön zu Abb. 2.17. Bei „Person“ sind alle Methoden, die sowohl für Mitarbeiter als auch für Aushilfen gelten: Neuaufnahme, Löschung, Umzug, Altersberechnung. Bei „Mitarbeiter“ sind alle Methoden, die für ihn spezifisch sind (vergl. seine Attribute in Tab. 2.1), z. B. Gehaltserhöhung. Und er „erbt“ (über einen entsprechenden Befehl in der OOP-Sprache, hier mit „Erbe()“ angedeutet) sowohl Daten als auch Methoden der übergeordneten Klasse. Dasselbe gilt für die Aushilfe.

So, und nun denken Sie sich das über viele und komplizierte Ebenen und Zusammenhänge ausgedehnt. Dann erkennen Sie, dass das OOP-Konzept ein gewaltiger Innovationsschub in der Programmierung war, denn es „vererbiert“ die Daten- und die Prozess-Sicht (die wir gleich behandeln werden). Alles ist beisammen, man muss nicht in Programmen die Daten (die ganz woanders sind) noch mit im Auge behalten.

²⁰Daniele Paolo Scarpazza: „Does the C+ programming language exist?“ in Quora vom 09.09.2015 (<https://www.quora.com/Does-the-C+-programming-language-exist>). Zitat von dort.

²¹Aka ist eine in der Netzgemeinschaft beliebte Abkürzung: *also known as* = „auch bekannt als“.

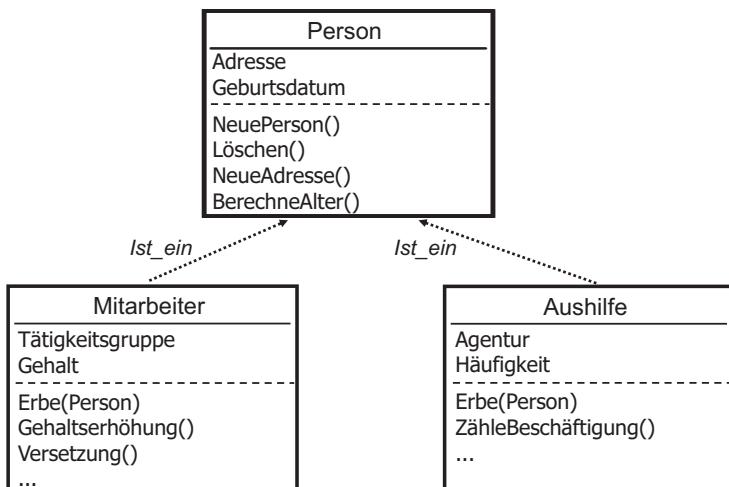


Abb. 2.18 Beispiel für Objekte der OOP

Datenmodellierung und Philosophie

Auch hier finden wir wieder eine Hilfe für das tägliche Leben – nicht „wie Computer zu denken“, sondern wie Datenmodellierer zu denken. Also zu überlegen, was wie zu wem gehört. Das vermeidet den so genannte „Kategorienfehler“, den man so oft unabsichtlich begeht. „Ich habe so viele Leichen seziert und nie eine Seele gefunden“, das sagte der berühmte Arzt Rudolf Virchow.²² Ebenso könnten Sie Ihre Festplatte mit dem Mikroskop untersuchen und nie Software finden, denn Konkretes oder Physikalisches (Körper, Festplatte, Magnetfeld) ist eine andere Kategorie – man könnte auch „Entitätsklasse“ dazu sagen – als Abstraktes (Seele, Information, Software). Da vergleicht man also Äpfel mit Birnen – und das ist *wieder* ein falsches Bild. Hier irrt die Volksweisheit. Denn man *kann* Äpfel mit Birnen vergleichen. Beide sind biologische Gattungen und gehören zu einer Klasse, die man „Obst“ nennt. Diese Klasse hat Eigenschaften wie „Farbe“, „Reifezeit“, „Vitamin-C-Gehalt“, „Form“. Man kann aber nicht Äpfel mit Boskoop vergleichen, der ja ein Mitglied der Gattung der Äpfel ist. Hier gibt es eine „ist_ein“-Beziehung: ein Boskoop *ist ein* Apfel. Das wäre ein Kategorienfehler. Um Unterschiede festzustellen, muss es Gleiches geben – deswegen heißt es „vergleichen“. Gibt es *nur* Unterschiede, kann man Dinge

²²Quelle: <https://www.aphorismen.de/zitat/23310>.

nicht vergleichen – Arithmetik mit Kabeljau zum Beispiel. Denn das sind verschiedene Kategorien. Wenn man es tut, führt es oft zu einem Witz, der eine überraschende Gleichheit zu Tage fördert. Was ist der Unterschied zwischen einem Beamten und einem Stück Holz? ... Holz arbeitet. Ha ha.

Münchhausen, Version 2

Eine letzte Anmerkung, nur kurz, obwohl das ein spannendes Thema ist: Ich erwähnte es schon, mein Lieblingsthema, die Selbstbezüglichkeit. Auch hier kommt wieder der Freiherr von Münchhausen zum Einsatz. Wir wenden die Regeln der Datenmodellierung auf das Datenmodell *selbst* an. Das nennt man dann ein „Meta-Modell“. Denn auch ein Entitätstyp ist wieder ein „Ding“, über das wir Informationen sammeln, das also Attribute hat. Nehmen wir die *Person* aus Abb. 2.6 (oder auch die großen und kleinen Dinge aus den folgenden Abbildungen: *Sonne, Planet, Molekül, Atom*). Sie haben Attribute, von denen wir hier nur eins kennen: den *Namen* des Entitätstyps. Das reicht schon. Wenn er eindeutig ist (wie hier im Buch), dann kann er sogar als Schlüssel dienen. Innerhalb eines Unternehmens gibt es ja nur ein paar Hundert Entitätstypen. Auch das *Attribut* selbst ist wieder ein Entitätstyp mit Attributen. Da es davon in einem Unternehmen einige Tausend gibt, wird sich schon anstelle des Namens eine eindeutige Nummer empfehlen. Zu den Attributen eines *Attributs* (Achtung, 2 Ebenen!) gehören z. B. sein Typ (Zahl oder Text), seine Maßeinheit (wenn es eine Zahl ist, z. B. kg, m, €, km/h usw.). Oder seine maximale Länge (deswegen würde „Hieronymus Carl Friedrich von Münchhausen“ als Name einer Person vermutlich etwas gekürzt).

Dann kann man einen kleinen Ausschnitt aus dem Meta-Modell zeichnen (Abb. 2.19).

Hierzu gäbe es für IT-Studenten noch einiges zu erklären, aber dazu gehören Sie ja nicht. Ich habe es nur erwähnt, weil es mein Lieblingsthema berührt und weil es im nächsten Kapitel überraschend wieder auftauchen wird.

Das also war das Datenmodell, die statische Sicht auf die Anwendung. Ich habe es etwas ausführlicher (aber noch lange nicht erschöpfend) beschrieben, um Ihnen zu zeigen, wie man durch klug durchdachte Methoden zu exakten und konsistenten Vorgaben für das Datenbankdesign gelangt.



Abb. 2.19 Ausschnitt aus dem Meta-Datenmodell

Nun zu den Prozessen, der dynamischen Sicht – dort aber kürzer, denn es gilt im Prinzip dasselbe: Methodisch sauberes Vorgehen bei der Planung erspart kostspielige Korrekturen in der Realisierung.

2.4 Eigentlich fängt alles mit EVA an

Anwendungen in der Informatik sind mehrere Programme, die zusammen einen kompletten Geschäftsprozess automatisieren, z. B. eine komplette Lohnabrechnung. Wir ermitteln sie über das „Prozessmodell“. Das Prozessmodell, das wir hier kurz skizzieren wollen, ist hierarchisch in mehrere Ebenen der Verfeinerung gegliedert. Wie kommen wir zu der Struktur – nur durch „intelligentes Raten“ oder methodisch? Wir werden sehen, dass uns bestimmte Strukturierungskriterien dabei helfen. „Prozesse“, damit sind hier Datenverarbeitungsprozesse gemeint, wie gesagt. Sie haben aussagekräftige Bezeichnungen wie Auftragsbearbeitung, Flugbuchung, Rechnungsschreibung, Versand und so weiter. Sie bilden eine hierarchische Gliederung oder „Prozesshierarchie“.

Die Aufgabe des Systemanalytikers besteht darin, sich in einem ihm unbekannten Unternehmen (oder Regierungs- oder anderen Organisation) zu orientieren, um die Datenverarbeitungsprozesse zu lokalisieren. Sozusagen zu „Adam und Eva“ zurückzugehen. Bezuglich der Datensicht ist das einfach: Es gibt wenige Entitätstypen (ein paar Hundert) und sie sind relativ leicht zu finden, denn man muss nur nach den Schlüsseln suchen – irgendwelche kryptischen Ziffern und Zeichenkombination sind die üblichen Verdächtigen. Die Eingangsfrage bei der Datenmodellierung auf der Suche nach Entitätstypen war ja: „Mit welchen Dingen haben sie es hier zu tun?“ Die analoge Frage auf der Suche nach Prozessen würde lauten: „Was machen Sie hier eigentlich den ganzen Tag?“ Sie verbietet sich aus Gründen der Höflichkeit. Das ist die Alternative: „Welcher Arbeitsablauf entsteht dann, wenn zwei Entitätstypen zusammentreffen?“ Denn Sie sind ja hoffentlich in der Fachabteilung, die den Begriff „Entitätstyp“ schon kennt. Beim Prozessmodell ist es also etwas schwieriger – und wir fangen nicht mit Adam, sondern mit EVA an, also der Untersuchung von Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe. Die Suche nach Prozessen ähnelt dem Landeanflug eines Piloten. Man verfeinert eine relativ grobe Sicht so lange, bis man die Details kennt. Also (EVA) die Datenelemente, die erzeugt werden, ihre Erzeugungsprozesse und die Datenelemente, die dazu benötigt werden. So einfach – im Prinzip.

In der Praxis kann der Landeanflug aber durchaus durch schlechte Sicht oder unklare Angaben des Towers (also der beteiligten Fachabteilung) beeinträchtigt werden. Hilfreich ist ein kleiner Trick, wie gesagt: Man sucht

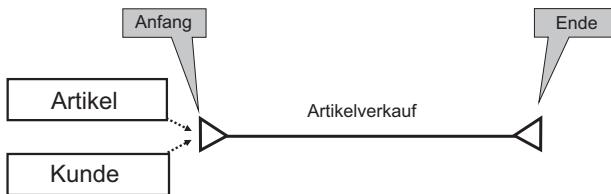


Abb. 2.20 Der Prozess „Artikelverkauf“ aus „Kunde“/„Artikel“ ist ein Arbeitsablauf

nach Prozessen, die sich aus dem Zusammentreffen von Entitätstypen (die man ja schon kennt) ergeben. Ein Beispiel soll das illustrieren: Ein Kunde bestellt einen Artikel (Abb. 2.20). Prozesse auf höherer Ebene haben einen Lebenslauf (einen „*Lifecycle*“), einen Anfang und ein Ende.²³ Hilfreich zur Abgrenzung ist es, auch danach zu fragen: „Wie heißt die erste Begegnung eines Kunden mit einem Artikel? Und wie nennen Sie es, wenn diese Verbindung wieder gelöst wird?“

Der „Landeanflug“: schrittweise Verfeinerung

Die „Ehe“ zweier Entitätstypen hat einen Anfang und ein Ende. Nehmen wir das Zusammentreffen von Kunden und Unternehmen. Der Prozess heißt „Kundenverwaltung“. Schon ist die Frage „Welcher Arbeitsablauf entsteht dann, wenn zwei Entitätstypen zusammentreffen?“ beantwortet. Das Ergebnis ist natürlich noch viel zu allgemein, also folgt sofort die nächste Frage: „In welche zeitlichen Zwischenzustände kann man die Kundenverwaltung denn unterteilen?“ Schon antwortet der Fachmann aus der entsprechenden Unternehmensabteilung: „Sie besteht aus Aufnahme, Änderungsdienst und Archivierung, also der Löschung“ (Abb. 2.21). Schon ist man eine Ebene tiefer.

Nun stellen Sie keine Fragen mehr, sondern gehen an die Arbeit: „So, dann wollen wir die Prozesse der Zwischenzustände mal Stück für Stück genauer untersuchen. Dafür sortieren wir sie – damit es übersichtlicher wird – einfach nach den Entitätstypen auseinander.“ Ein wunderbarer Trick, denn die kennen Sie ja schon aus dem Datenmodell, und zwar einschließlich der „abgeleiteten“ Entitätstypen – die mit dem „Kombinationsschlüssel“. Ein Blick in das ERM, das *Entity-Relationship*-Diagramm, zeigt Ihnen ja alle möglichen Beteiligten und nicht nur die zwei Haupttäter „Kunde“ und „Unternehmen“ aus Abb. 2.21 oben.

²³Vielleicht spricht man deswegen von „Karteileichen“.

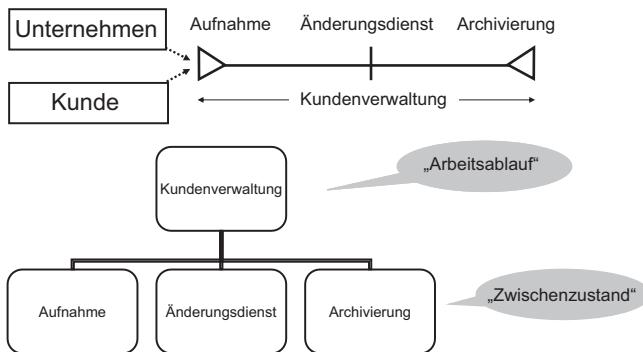


Abb. 2.21 Der Prozess „Kundenverwaltung“ zerfällt in mehrere *Zwischenzustände*

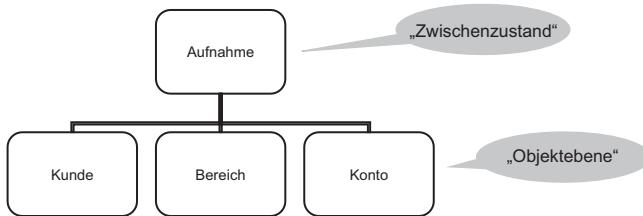


Abb. 2.22 Die „Objektebene“ zeigt die Entitätstypen, auf die sich die Daten beziehen

Nehmen wir an, das Unternehmen sei eine Bank. Dann wird ein neuer Kunde sicher einem Bereich (Privatkunde, Geschäftskunde) zugeordnet. Und er bekommt gleich ein Konto.²⁴ Schon haben wir die Untergliederung der nächsten Ebene (Abb. 2.22). Wir nennen Sie kurz die „Objektebene“, denn „Entitätstypenebene“ wäre zu sperrig (Sie erinnern sich ja: „Objekt“ und „Entitätstyp“ sind mehr oder weniger dasselbe).

Noch ein Trick: Ein Prozess ist – anders als vor Gericht – eine Beschreibung der Erzeugung von Daten. Der *Erzeugung* von Daten. Der Rest interessiert nicht, also die Daten, die nur eingegeben und irgendwie aufpoliert (Farbe, Schriftart, Garnierung mit „€“ oder „\$“ usw.) wieder ausgegeben werden. Also fallen mehr als 60 % der Daten weg, die nur in irgendwelchen Anwendungen aus den Datenbanken gelesen oder vom Benutzer eingetippt und irgendwo angezeigt oder ausgedruckt werden. Das spart Arbeit.

²⁴Bänker mögen mir meine simple Sicht auf ihren Job verzeihen!

Und noch ein Trick (aber verborgen): „Objektebene“ – haben Sie da an etwas gedacht? An die „OOP-Sprachen“? Und die „Objektorientierung“ aus dem vorigen Kapitel? Die Kollegen Programmierer aus der Realisierungsphase werden es Ihnen danken, wenn Sie die Geschäftsprozesse hier schon so klar auseinandersortiert haben!

Nun kann und wird man, abhängig von dem Umfang der Erzeugungsprozesse, die Strukturierung des Prozessmodells noch weitertreiben – so weit, bis eine Ebene erreicht ist, auf der die „Detailprozesse“ übersichtlich werden.

Unser kleines BASIC-Programm des Autohändlers aus Textkasten 1.8 wäre demnach aus der „Hochzeit“ des Entitätstyps „Auto“ mit dem Händler entstanden – ein Arbeitsablauf. Neben Ankauf und Verkauf eines Autos gäbe es vermutlich einen Zwischenzustand namens „Autobestandsbewertung“. Und in der nächsttieferen Ebene würden Daten erzeugt, die sich auf die Objekte „Auto“, „Händler“ und „Verkäufer“ beziehen.

Der Teufel steckt im Detail – und wir zerren ihn ans Tageslicht

Am Ende steht ein Detailprozess, z. B. (sehr vereinfacht) die Bonitätsprüfung (Abb. 2.23). Er ist die Illustration des „EVA-Prinzips“: Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe. Dabei ist „{***}“ vermutlich der streng geheime firmeneigene Algorithmus zum Aussieben der kreditunwürdigen Kunden. Denn – wie wir in Abschn. 3.5 sehen werden – der Kreditsachbearbeiter ist wahrscheinlich ein aussterbender Beruf. Künstliche Intelligenz (KI) wird ihn ersetzen.

Detailprozess: Bonitätsprüfung		
Eingabe	Verarbeitung	Ausgabe
Kunde.Einkommen Einkommensgrenze Kunde.Güterstand Person.Geburtsdatum Person.PLZ Kunde.Kinderzahl ...	WENN Einkommen > Einkommensgrenze UND ... {***} DANN Kunde.Bonität := ...	Kunde.Bonität

Abb. 2.23 Detailprozess „Bonitätsprüfung“ mit Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe

Werfen wir noch einmal einen Blick auf Abb. 2.23. Also, das ist schon ziemlich präzise, finden Sie nicht?! Mit dem Datenmodell durchaus vergleichbar. Und hier stehen ja die Datenelemente, zur besseren Orientierung mit ihrem „Eigentümer“ ergänzt (die Bonität gehört dem Kunden, die PLZ aber der Person, der übergeordneten Entitätsklasse). Und „Der Computer ist noch nicht erfunden“ – also gibt es noch die vollkommene Freiheit, wie das bei der Realisierung in der Phase „technische Planung“ (vergl. Abb. 2.3) umgesetzt wird. Modelle sind die Beschreibung von Geschäftsvorgängen *ohne* Vorgriff auf und Festlegung hinsichtlich späterer Realisierungsmöglichkeiten. Sozusagen „EDV-freie Zone“.

Das Detaildiagramm in Abb. 2.23 steckt noch voller interessanter Feinheiten, die ich Ihnen aber ersparen möchte. Wichtig ist, dass es eng mit dem Datenmodell verknüpft ist und dass es bis auf wenige Formalien kein IT-Kauderwelsch enthält.

Um es noch einmal zu betonen. Ich will Sie nicht zum Systemanalytiker oder Programmierer ausbilden. Ich will Ihnen nur zeigen, dass hier Fachleute mit wirkungsvollen Methoden und Werkzeugen an der Arbeit sind und präzise Ergebnisse liefern. Wenn auch ein kreativer Künstler dabei ist, ist das in Ordnung – aber *nur* kreative Künstler bringen keine vernünftige Software zu Stande.

Die Strukturierungskriterien für das Prozessmodell waren also: 1) der „Arbeitsablauf“, 2) der „Zwischenzustand“, 3) die „Objektebene“, 4) ggf. weitere, nicht mehr durch vorgegebene Kriterien bestimmmbare weitere Ebenen und 5) der Detailprozess. Das Prozessmodell besteht insgesamt aus der Prozesshierarchie und den Prozessbeschreibungen in „EVA-Darstellung“ (engl. *Input-Process-Output*, mit *Hierarchy* zusammen abgekürzt *HIPO*). Ein Datenverarbeitungsprozess ist Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe. Das „Prozessmodell“ beschreibt diese Vorgänge exakt und im Detail – allerdings mit einem Trick, der jede Menge Arbeit spart. Denn 60 % bis 80 % aller dieser Prozesse sind reine Übertragungen: Etwas (z. B. eine Reihe von Datenelementen) wird aus einer Datenbank gekramt und am Bildschirm angezeigt. Verarbeitung: keine. Dafür malen wir keine Diagramme.

Das also war das Prozessmodell, die dynamische Sicht auf die Anwendung.

Ein neues Berufsbild: „Modellzeichner“?

Sowohl das Daten- wie auch das Prozessmodell sind bei der Erstellung stark grafisch orientiert. Denken Sie an das ERM aus dem vorigen Kapitel oder die Prozesshierarchie und die EVA-Diagramme hier. Sie haben den Vorteil,

anschaulich zu sein. Aber nun holen wir nicht Dutzende „Modellzeichner“ in unser Entwicklungsteam. Wozu haben wir denn unseren Computer?! Er produziert auf Knopfdruck die schönsten Grafiken – falls wir sie brauchen. Denn es geht natürlich auch anders. Man könnte die Prozesshierarchie dieses Kapitels auch wie in Textkasten 2.1 darstellen.

Kundenverwaltung

- ▶ Aufnahme
 - Kunde
 - Bonitätsprüfung
 - Bereich
 - Konto
- ▶ Änderungsdienst
 - ...
- ▶ Archivierung
 - ...

Textkasten 2.1 Alternative Darstellung einer Prozesshierarchie

Und nun erinnern wir uns an das „Meta-Modell“ (siehe „[Münchhausen, Version 2](#)“ in Abschn. 2.3). Danach ist auch ein Prozess ein (Meta-)Entitäts-typ, der *zu sich selbst* eine Beziehung hat (Abb. 2.24). In Worten noch mal laut vorgelesen: Ein Prozess besteht aus mehreren oder (am unteren Ende) gar keinen Prozessen und ein Prozess gehört zu genau einem oder (am oberen Ende) gar keinem Prozess. Aber das sind nun wirklich intellektuelle Sahnehäubchen.

Aber sie eröffnen die Möglichkeit, das Prozessmodell (und auch das Datenmodell) in einer Datenbank zu speichern, zum Beispiel in einer einfachen Tabelle (Tab. 2.2).

Wenn dieses Kapitel kürzer ist als das vorangegangene über Datenmodellierung, dann heißt das nicht, dass die Prozessmodellierung weniger umfangreich oder schwierig ist. Ist sie nicht. Nur gab es bei der Datenmodellierung mehr neuartige und spannende Konzepte, die ich Ihnen zeigen wollte. Allerdings hat sie in der Praxis auch oft ein größeres Gewicht,

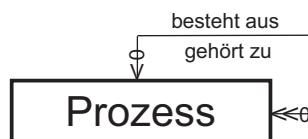


Abb. 2.24 Ein „Prozess“ hat eine Beziehung zu sich selbst

Tab. 2.2 Die Prozesshierarchie als Tabelle

Ebene	Prozess	Unterprozess	...
Arbeitsablauf	Kundenverwaltung	Aufnahme	...
Zwischenzustand	Aufnahme	Kunde	...
Zwischenzustand	Aufnahme	Bereich	...
Zwischenzustand	Aufnahme	Konto	...
Objektebene	Kunde	Bonitätsprüfung	...
Arbeitsablauf	Änderungsdienst
Arbeitsablauf	Archivierung

da sie ja einen wichtigen und methodisch sauberen Einstieg in unbekannte Arbeitsgebiete liefert. Wie gesagt, die Kernfrage: „Mit welchen Dingen haben Sie es hier zu tun?“

Nebenbei: Es gibt eine lange Liste von Datenmodellierungswerkzeugen und eine nicht so umfangreiche von Prozessmodellierungswerkzeugen.²⁵ Auch hier treffen wir wieder auf das *Matryoschka*-Phänomen: Algorithmen (also Software), die bei der Herstellung von Software helfen.

2.5 Modelle der Wirklichkeit wandern in die Software

Hier ein kurzer Blick auf die Realisierung der Modelle im Computer, speziell den Aufbau der Datenbanken, die aus dem Modell abgeleitet werden. Auch das wieder nur kurz und exemplarisch (die Fachleute mögen mir verzeihen!).

In der Planungsphase gab es eine rigorose Qualitätssicherung, um Planungsfehler mit ihrer gefährlichen Fortpflanzung bis in die Realisierung zu vermeiden. Daher die Aufteilung des Projektes in Modellierung und Realisierung. Das bedeutet aber auch, dass zu Beginn der Realisierung schon viel Vorarbeit geleistet und (soweit möglich) als „korrekt“ abgesegnet wurde. Kommen Sie mir jetzt nicht mit dem Kalauer bzw. der Lebensweisheit: „Je genauer man plant, desto härter trifft einen der Zufall!“ Die nun folgenden Tätigkeiten können also relativ kurz umrissen werden.

²⁵Siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Datenmodellierungswerkzeugen und den Marktüberblick BUSINESS PROCESS MANAGEMENT TOOLS 2014 des Fraunhofer IAO auf <https://www.swm.iao.fraunhofer.de/content/dam/swm/de/documents/publikationen/BPMT2014.pdf>.

Datenbank-Design, das kann (fast) jeder

Den Job der Datenbankdesigner hatten wir ja schon angesprochen, als wir die Tabellen in Abb. 2.14 diskutierten. Sie sind letztlich für die Konsistenz bzw. Inkonsistenz der Datenbank verantwortlich. Sie müssen die *Never-ever!*-Normalisierungsregeln beachten und auf die korrekte Verbindung von Datenbanken über Fremdschlüssel. Also Datenelemente in einer Tabelle, die in einer anderen („fremden“) Tabelle Schlüssel sind. Das sehen Sie in Abb. 2.25: oben die korrekte Datenbank mit allen Attributen, die vom *vollständigen „Kombischlüssel“* abhängig sind (und der kann in der Praxis drei, vier, fünf und mehr Datenelemente umfassen!). Möglicherweise ist in der Spalte „...“ gespeichert, was Maier in Hamburg im Spreebrückenprojekt getrieben hat. Wäre vielleicht interessant, wo man die Spreebrücke doch in Berlin vermutet! Aber es scheint möglich, denn über die Schlüssel/Fremdschlüssel-Verbindung sehen wir, dass er in Abteilung 07 arbeitet, offenbar ein Planungsbüro.

Alle Projektdaten finden sich in der Projektdatenbank (unten in Abb. 2.25). Wenn die Datenbankdesigner nun noch dafür sorgen, dass in den unterschiedlichen Tabellen die Namen der Schlüssel übereinstimmen, dann freuen sich die Programmierer. Sonst müssten sie vielleicht mit der „PersNr.“ aus dem „Kombischlüssel“ auf einen Schlüssel namens „Mitarbeiternummer“ in der Personaldatenbank zugreifen – was natürlich geht, aber etwas verwirrend sein kann.

Nun noch ein heißes Thema: „sprechende Schlüssel“. Sprechende Schlüssel sind beliebt, aber Kandidaten für den Beichtstuhl. Weil Sünde. Nicht die

PersNr	ProjektID	Einsatzort	Arb.Std.	...
12345	D-HR187	Hamburg	14,40	...
15910	K-UZ007	Berlin	42,50	...
15912	K-UZ007	Aachen	5,30	...

PersNr	Name	Geb.Dat.	Abt.	...
12345	Maier	21.03.1983	07	...
15910	Müller	12.12.2000	07	...
15912	Schulze	05.08.1988	12	...

Abtlg	Bezeichnung	...	
07	Planung	...	
12	Hochbau	...	

ProjektID	Projektbezeichnung	Kosten PLAN	Kosten IST
D-HR187	Spreebrücke	5.776.000,00 €	15.400,00 €
K-UZ007	Mozarthalle	9.143.520,00 €	87.328,35 €

Abb. 2.25 Die Verbindung von Datenbanken geschieht über Fremdschlüssel

aus dem Chinaladen, die piepen, wenn man einen Knopf drückt, um die verlegten Hausschlüssel wiederzufinden. Nein, ein „sprechender Schlüssel“ enthält Informationen über die Entität, die aus ihren Attributen abgeleitet ist – und keine „aussagelose“ Nummer (Abb. 2.26). Einzelne Teile des Schlüssels haben eine bestimmte Bedeutung, z. B. das Geschlecht oder das Geburtsdatum. Doch was passiert bei einer Geschlechtsumwandlung oder wenn das Geburtsdatum korrigiert werden muss (was oft genug vorkommt!)? Alle Fremdschlüssel in allen „befreundeten“ Tabellen müssen geändert werden. Das kann Inkonsistenzen in den Datenbanken zur Folge haben. Deswegen Sünde.

Zur Illustration: Paradebeispiel eines sprechenden Schlüssels ist die alte Schweizer Nummer der Alters- und Hinterlassenenversicherung. Der Beginn des Nachnamens, vollständiger Geburtstag und Geschlecht, Nationalität und eine Ordnungsnummer sind darin versteckt. Unsere alte Bankleitzahl enthielt eine Ortsnummer, einen Bankplatz, den zugehörigen Bankbezirk und die Bankengruppe (was immer das ist). Die IBAN (Internationale Bankkontonummer, engl. *International Bank Account Number*) setzt noch einen drauf: Sie enthält die BLZ, die (evtl. auch sprechende) Kontonummer und vorne ein Länderkennzeichen. Prima, so kann man sich die 22 Stellen leicht merken: DE19123443211234432112. Damit könnte man die Menschen auf Milliarden Erden durchnummerieren. Dem Datenbankadministrator fallen die Haare aus, dem Kunden auch.

„Wo ist das Problem?“, fragen die Erfinder sprechender Schlüssel verwundert. Es steht schon oben: Es kann Inkonsistenzen in den Datenbanken zur Folge haben, denn die IBAN ist Fremdschlüssel in vielen anderen Tabellen. Wenn ein Land sich aufgrund von Separationsbestrebungen in zwei zerlegt, sind alle Kontonummern ungültig. Ein Alptraum!

Aber „Lasst sie man machen!“, sagt der Datenbankdesigner. Er verwendet seinen eigenen kurzen internen Schlüssel und degradiert die IBAN zu einem

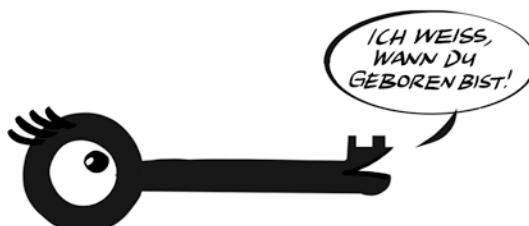


Abb. 2.26 Ein „sprechender Schlüssel“ enthält Informationen

„normalen“ Attribut. Das Einzige, was zu einem ordentlichen Schlüssel gehört, ist eine Prüfsumme.

Aber im Prinzip haben Datenbankdesigner keinen schweren Job, zumindest nicht in unseren Zeiten, wo komplizierte Datenbankstrukturen durch „relationale Datenbanken“ abgelöst wurden. Also Datenbanken, die – wie in Abb. 2.25 – das Datenmodell exakt abbilden.

Programmstruktur- und Benutzerschnittstellen-Design

Nun planen die IT-Fachleute auch die Programmstrukturen, auf die ich nicht im Detail eingehen möchte. Das Programmdesign berücksichtigt natürlich die Gegebenheiten der Computer, insbesondere bei verteilter Verarbeitung, also den heute üblichen *Client/Server*-Systemen. In der Welt der „klassischen“ Programme könnten sie ungefähr aussehen wie in Abb. 2.28. In der modernen verteilten Verarbeitung mit objektorientierter Programmierung (OOP) kommt das nicht mehr zum Einsatz. Wichtig in Abb. 2.28 ist aber, dass Programme nicht nur mehrere Programme aufrufen können, sondern umgekehrt auch von mehreren Programmen aufgerufen werden – anders als Prozesse. Im Meta-Modell in Abb. 2.27 sieht man den kleinen, aber wichtigen Unterschied (vergleichen Sie Abb. 2.24!).

Aber das wird natürlich sehr schnell sehr unübersichtlich. Anstatt zur Programmplanung und -dokumentation aufwendige Zeichnungen wie in Abb. 2.28 oder in Abb. 1.10 zu benutzen, verwenden viele den „Pseudocode“,

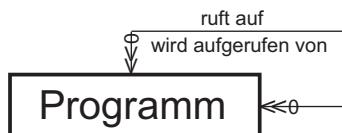


Abb. 2.27 Ein „Programm“ im Meta-Modell hat eine N:N-Beziehung zu sich selbst

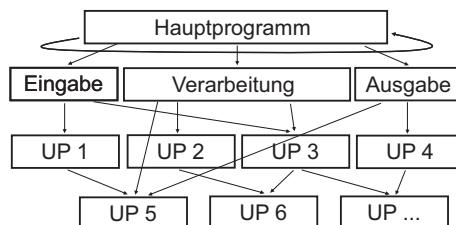


Abb. 2.28 Eine „klassische“ Programmstruktur

also eine dem Menschen verständliche Pseudo-Programmiersprache. Für unser kleines BASIC-Programm des Autohändlers aus Textkasten 1.8 sähe das aus wie in Textkasten 2.2.

```
ÖFFNE Auto-Datei
WIEDERHOLE SOLANGE NICHT EOF
    LIES Auto-Datensatz
    Errechne Jahresleistung
    WENN Festpreis
        DANN Provision mit Satz 1
        SONST Provision mit Satz 2
    ENDE WENN
    DRUCKE Autodata + Rechenergebnisse
ENDDO
```

Textkasten 2.2 Der „Pseudocode“ der „Autobestandsbewertung“

Der Rest ist Schweigen

Mit diesem Dichterspruch können wir den Kap. 2 (fast) beenden.²⁶ Denn wir haben ja das Pferd vom Schwanz her aufgezäumt: ausgehend von der „nackten Maschine“ deren Programmierung und das dazu passende Datenbankdesign schon in aller Breite in Kap. 1 beschrieben. Denn in den letzten Teilen unseres groben Vorgehensmodells der Software-Entwicklung (Abb. 2.3) steckt zwar noch viel Detailarbeit, aber spannende neue Erkenntnisse für unser Thema ergeben sich daraus kaum noch. Deswegen reicht eine Übersichtsskizze (Abb. 2.29).

Neben der Daten- und Prozess-Sicht kommen noch weitere Aspekte hinzu, hier unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Aus deren Vielzahl habe ich nur die „GUI“ herausgegriffen. GUI (*Graphical User Interface*) kennen Sie ja schon, die „grafische Benutzeroberfläche“. Sie ist ja nicht die Oberfläche des Benutzers, sondern die dem Benutzer zugewandte Oberfläche der Anwendung, also im Wesentlichen das Aussehen des Bildschirms mit seinen grafischen Komponenten (z. B. den Schaltflächen, modern *Button*, also „Knopf“ genannt). Der Designer überlegt, wo welche Ausgabe- und Eingabemöglichkeiten wie realisiert werden. Sie wissen sicher aus eigener Erfahrung, dass hier Könner und Stümper am Werk sind. Ein schlechtes *User Interface* ist generell, wenn man sich am Topfgriff die Finger verbrennt, wenn der Ausschalter des Fernsehgerätes hinten versteckt ist und wenn der

²⁶Zitat aus William Shakespeares Tragödie „Hamlet, Prinz von Dänemark“, 5. Aufzug, 2. Szene.

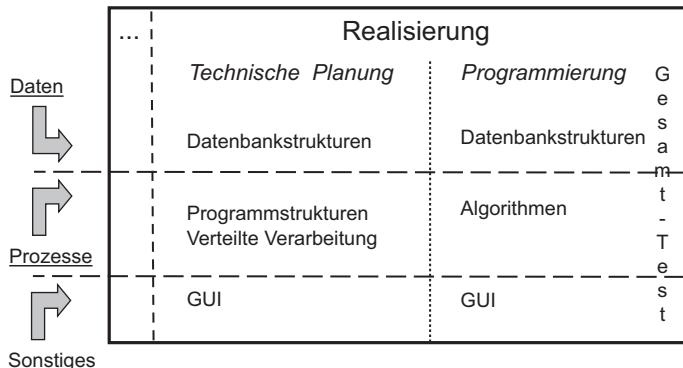


Abb. 2.29 Die letzten 4 Quadranten des groben Vorgehensmodells der Software-Entwicklung

„Nicht-kaufen“-Button halb so deutlich zu sehen ist wie der „Kaufen“-Button. Es ist eine Mischung aus Gedankenlosigkeit und Boshaftigkeit (bzw. Geschäftsinteresse).

Java ist keine Insel und kein Kaffee

Java, so verrät uns ein Lexikon, ist eine Insel im Indischen Ozean, eine Kaffeebohne, ein Frühmensch, ein Modetanz, aber auch ein mittelschweres Haushuhn. Es ist aber auch eine Programmiersprache, und sein Symbol ist sinnvollerweise eine Kaffeetasse (so wie ein Apfel das Symbol für Apple ist, aber auch – ohne Bissspuren – für die Programmiersprache APL). Und natürlich ist das kein Zufall: Der Name Java bezieht sich auf die Espresso-Sorte, die das Entwicklerteam am liebsten konsumierte.

Die erste Version von Java wurde 1995 der Öffentlichkeit vorgestellt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Sie ist – wie die meisten „modernen“ Sprachen – objektorientiert und eignet sich besonders für die Entwicklung von plattformunabhängigen Anwendungen (also Anwendungen, die auf verschiedenen Betriebssystemen laufen). Außerdem enthält sie eine Art „Baukasten“ mit vorgefertigten Objekten (im Sinne der OOP), besonders für die Benutzerschnittstelle und die Entwicklung von Webanwendungen, z. B. Schaltflächen oder Menüleisten der Benutzeroberfläche.

Aber das wollte ich gar nicht erzählen. Ich wollte Ihnen die Sprache JavaScript vorstellen, für die ich Ihnen gleich ein Beispiel zeigen möchte. Sie ist eine „Skriptsprache“ und darf nicht mit der Sprache Java verwechselt werden, obwohl sie auch objektorientiert ist. Eine „Skriptsprache“ ist eine

Sprache, die in einen Text eingebettet ist, in ein „Script“. Sie wird meist in HTML-Seiten verwendet, um interaktive Webapplikationen zu ermöglichen. Sie erinnern sich doch noch an „[Zur Textgestaltung erfinden wir neue Sprachen](#)“ in Abschn. 1.5?

In den Zeiten der interaktiven Anwendungen haben wir die Welt der „klassischen“ Programme mit Programmstrukturen wie in Abb. 2.28 ja längst verlassen.

Auf der Mauer, auf der Lauer sitzt 'ne kleine Wanze

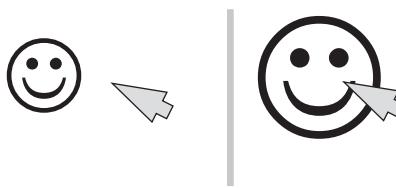
Ein Kinderlieder-Klassiker aus der guten alten Zeit ... was hat das mit Programmierung zu tun? Sie erinnern sich an Abschn. 1.3 ff.: Die „prozedurale Programmierung“ arbeitet ein Programm von oben nach unten ab, evtl. nicht streng linear (wegen der Sprungbefehle). Aber es gibt Ereignisse, deren Eintreten man zeitlich nicht kennt, insbesondere bei der Programmierung von Dialogen mit dem Benutzer. Seine Handlungen bestimmen das Geschehen. Man hilft sich hier sehr unelegant mit einem „Lauerprogramm“: eine DO-Schleife, in deren Inneren ein „WENN der Benutzer etwas gemacht hat DANN ...“ sitzt. So kann man abfangen, ob er ein Feld angeklickt hat oder den Mauszeiger irgendwohin bewegt hat. Aber das ist die alte Welt.

Die neue Welt ist die „Ereignisgesteuerte Programmierung“. Sie arbeitet mit „*on condition*“ („unter der Bedingung, dass ...“). Die Hardware erkennt die Bedingung (z. B. ein Feld wurde mit der Maus angeklickt), das Betriebssystem registriert das Ereignis, und die Programmiersprache enthält Konstrukte („Bei Ereignis X“), an die die notwendigen Aktionen angeflanscht werden können (in diesem Fall eine Funktion „*onclick*“).

Auch hier illustriert wieder ein Beispiel, was damit gemeint ist (Textkasten 2.3 und Abb. 2.30).²⁷ „Ereignis X“ ist einfach: „Mauszeiger ist hier“, in der Programmiersprache: *onmouseover* X (wenn die Maus über der Stelle X ist). Also konkret in Abb. 2.30 links: So sieht der Smiley aus, wenn der Mauszeiger außerhalb ist, und rechts, wenn er über ihm ist (das ist das Ereignis, der *Event*).

Zur Erklärung der wichtigsten Teile des Codes habe ich links Zeilennummern angefügt.

²⁷Quelle: W3Schools, eine Web-Entwickler-Seite (*The World's Largest Web Developer Site*), hier https://www.w3schools.com/jsref/tryit.asp?filename=tryjsref_onmouseover.



Die Funktion *bigImg()* wird ausgelöst, wenn der Benutzer den Mauszeiger über das Bild bewegt, andernfalls die Funktion *normalImg()*.

Abb. 2.30 Die Wirkung eines „Event“-Befehls

- 01–03 Ein Formalismus, der das Folgende als HTML-Script definiert.
- 05 Das ist das Ereignis: Das Bild „smiley.gif“ wird mit der Funktion „bigImg“ angezeigt, wenn die Maus (*on mouse*) darüber (*over*) ist, und mit „normalImg“, wenn sie außerhalb (*out*) ist.
- 07 Das ist der Erklärungstext unten auf Abb. 2.30.
- 09–11 Die Funktion „bigImg“ zeigt den Smiley mit 64×64 Pixeln an.
- 13–15 Die Funktion „normalImg“ zeigt den Smiley mit 32×32 Pixeln an.
- 17 ff. Das sind die schließenden *Tags* der HTML-Sprache

```
01 <!DOCTYPE html>
02 <html>
03 <body>
04
05 
06
07 <p> Die Funktion bigImg() wird ausgelöst, wenn der Benutzer den
Mauszeiger über das Bild bewegt, andernfalls die Funktion normalImg().</p>
08 <script>
09 function bigImg(x) {
10     x.style.height = "64px";
11     x.style.width = "64px";
12 }
13 function normalImg(x) {
14     x.style.height = "32px";
15     x.style.width = "32px";
16 }
17 </script>
18 </body>
19 </html>
```

Textkasten 2.3 Ein „Event“-Befehl in der JavaScript-Programmierung

Die IT-Spezialisten hatten eine IDE

Und eine Idee: die Softwareentwicklung mit einer IDE (engl. *integrated development environment*, „integrierte Entwicklungsumgebung“) zu unterstützen. Hierzulande kennt man sie auch unter „Software-Entwicklungs-umgebung“ (SEU). Das bedeutet nichts anderes, als dass der Entwickler nicht mit Bleistift und Papier arbeitet (es sei denn, im Gespräch mit der Fachabteilung), sondern dass alle Entwicklungsergebnisse im Computer abgespeichert werden und damit natürlich allen im Team zur Verfügung stehen. Viele IDEs beginnen aber leider erst in der dritten, der Programmierungsphase, stellen zwar Compiler und Editoren zur Verfügung, unterstützen aber weder die zweite, noch gar die erste Phase unseres Vorgehensmodells.

Ein Editor ist eine Software, die schon beim Eintippen von HLL-Befehlen den Kontext erkennt. Er bietet Funktionen zur automatischen Vervollständigung des Programmcodes an – wenn er ein „DO“ erkennt, zeigt er sofort die Alternativen „UNTIL“, „WHILE“ und „FOR i TO n“ zur Auswahl an. Programmierer müssen deshalb nicht mehr die komplette Syntax aller Befehle, Felder oder Variablen exakt kennen, sondern können diese direkt beim Tippen passend auswählen. Editoren verbessern überdies die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit des Codes, indem sie ihn strukturieren und Befehle oder Variablen eindeutig kennzeichnen. Im Bereich der App-Entwicklung für mobile Betriebssysteme wie iOS oder *Android* stehen IDEs wie *Xcode* von Apple oder Googles *Android Studio* zur Verfügung.

Ein Auto besteht aus Tausenden von Teilen, und in jeder industriellen Produktion sind sie alle mit allen Details in einer Datenbank erfasst. Software arbeitet mit Tausenden von Datenelementen, und in jeder industriellen Produktion sind auch sie alle mit allen Details in einer Datenbank erfasst, dem „Datenkatalog“. Jedes Attribut mit allen seinen Metadaten. Wie schön wäre es, wenn auch in der Modellierungsphase die Entwickler-tätigkeit unterstützt würde. Entsprechende Versuche gab es. Sie haben z. B. (vergl. Abb. 2.23) bei der Erfassung eines Detailprozesses überprüft, ob die Entitätstypen „Kunde“ und „Person“ sowie ihre Attribute „Bonität“ und „Geburtsdatum“ im „Datenkatalog“ existieren.

Disclaimer

Es muss hier ganz deutlich gesagt werden, dass dieses theoretische Vorgehensmodell nur eins von vielen Modellen ist und dass sich keins am Markt als „Industriestandard“ durchgesetzt hat. Darüber hinaus haben modernere

Methoden der Anwendungsentwicklung zusammen mit moderneren Programmiersprachen (z. B. den „objektorientierten“ Sprachen) inzwischen eine weite Verbreitung gefunden. Dazu gehören „agile Vorgehensmodelle“, die schnelle flexible Projekte ermöglichen, die mit hoher Qualität besser als klassische Vorgehensmodelle den Bedürfnissen der Kunden entsprechen. „Agil“ heißt beweglich und wendig und bedeutet, dass eine breite Palette von Techniken für eine höhere Flexibilität sorgen soll. Eines dieser Modelle hat den Namen *Scrum* (engl. *scrum* „Gedränge“) nach einem max. 15-minütigen *Daily Scrum*, einem Kurzmeeting zur Information aktuellen Stand der Arbeit. Das Modell berücksichtigt, dass viele Projekte komplex und somit nicht von Anfang an detailliert planbar sind. Daher wird für das Projekt ein grober Rahmen vereinbart, in dem sich das Team selbstorganisierend bewegen kann.²⁸

Die hier vorgestellte Vorgehensweise verfolgte einzig und allein den Zweck, zu zeigen, wie die Organisationsabläufe und Daten aus der „realen“ Welt in einem Computer sauber abgebildet werden könnten. Die heute gebräuchlichen Vorgehensmodelle sind weitaus komplexer und nicht so einfach darzustellen. Zudem wollte ich keinem der z. T. proprietären Modelle den Vorzug geben. Die vorstehenden Ausführungen sollen nur illustrieren, was die „Software-Industrie“ macht und wie sie arbeitet.

„Mein Programm ist fertig!“

Die Sicherung der Qualität – das habe ich schon in Abschn. 2.1 erwähnt, aber man kann es nicht oft genug wiederholen. Doch Fehlerfreiheit ist ein unerreichbares Ideal.

Zum Schluss der langen Ausführungen über Programmierung und ihre Sprachen noch eine Anmerkung über einen der am weitesten verbreiteten Irrtümer: „Mein Programm ist fertig!“ Aber inzwischen setzte sich bei den Programmierern die Erkenntnis durch, die fast zu einem geflügelten Wort geworden ist: „Wer glaubt, sein Programm sei fertig, hat nur noch nicht lange genug getestet.“ „Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser!“ ist ein oft zitiertter Satz, Wladimir Iljitsch Lenin zugeschrieben. Na gut, er hat es so nie gesagt. Es war angeblich nur eine alte russische Redewendung, die zu Lenins Lieblingssätzen gezählt haben soll: „Vertraue, aber prüfe nach.“ Aber erneut lernen wir, wie ein Computer (bzw. ein Programmierer) zu denken.

²⁸Siehe u. a. Marco Kuhrmann: „Agile Vorgehensmodelle“ in *Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik* vom 21.02.2013 (<http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/is-management/Systementwicklung/Vorgehensmodell/Agile-Vorgehensmodelle/index.html>).

„Zur Wahrscheinlichkeit gehört auch, dass das Unwahrscheinliche eintreten kann!“, soll schon der antike Philosoph Aristoteles gesagt haben. Und der Historiker Andreas Rödder setzt noch einen drauf: Sein Leitsatz lautet: „Es ist wahrscheinlich, dass das Unwahrscheinliche passiert.“²⁹ Das bedeutet für uns: „Denken ist gut, Testen ist besser!“ Nehmen wir als Beispiel unser Wurzelziehprogramm aus Textkasten 1.13. Schauen Sie genau hin! Denken Sie an das Unwahrscheinliche! Ein Aufruf z. B. als `sqrt_h(Wurzel, Meine_Zahl, Toleranz)`. Und irgendwo (irgendwo weit vorher, aber wo?) stand die Anweisung `Toleranz := 0` oder noch schlimmer: `Toleranz := Eine_andere_Variable`, und in der war der Wert 0. Die Iteration läuft, bis der Unterschied von altem und neuem Wert ($b-a$) kleiner als oder gleich 0 wird?!

Was passiert? Aus dem do while wird ein do forever. Das Unterprogramm endet nie, weil die Differenz $b-a$ immer größer als fehler ist.³⁰ Also a) testen b) testen! c) testen!! Und im Unterprogramm diesen Sonderfall dann mit einem IF-THEN-ELSE abfangen!

Und die Liste der läppischen Software-Fehler ist lang. Den echten *Bug*, die verschmorte Motte, haben Sie ja schon kennengelernt, ebenso den „Y2K-Bug“. Es gibt hier viele gruselige Beispiele: Amazon traf „der vermutlich teuerste Tippfehler in der Geschichte des Internets“. 54 der 100 größten Online-Shops waren über Stunden nicht erreichbar, die Umsatzeinbußen der betroffenen Seiten sollen sich auf mehr als 150 Mio. US\$ belaufen. In der Presse wurde berichtet: „Im Rahmen einer Routineüberprüfung sollten bestimmte Server vom Netz genommen werden. Doch ein Techniker vertippte sich: Statt wie geplant nur wenige Server abzuschalten, ging ein Großteil der Amazon-Cloud offline. Das löste eine Kettenreaktion aus, die einen kompletten Neustart erforderlich machte.“ Für mich als Selbstbezüglichkeitsgourmet besonders pikant: „Amazons eigene Fehlerseite zeigte während des Ausfalls an, dass alles in Ordnung sei. Sogar Dienste, die sich darauf spezialisiert haben, den Offline-Status von anderen Webseiten zu überwachen, wurden lahmgelagert: Isitdownrightnow.com lieferte keine Informationen zu der Störung – weil es selbst *down* war.“³¹

²⁹Quellen: <https://gutezitate.com/zitat/279060> und <https://www.tagesspiegel.de/politik/andreas-roeder-historiker-der-stunde/19446688.html>.

³⁰Ja, zugegeben, das würde ich selbst einmal testen! Denn es hängt evtl. von der Genauigkeit der Zahlendarstellung in der Maschine ab, ob die Differenz $b-a$ nicht irgendwann in der x-ten Dezimalstelle der 0 gleich wird.

³¹„Der vermutlich teuerste Tippfehler in der Geschichte des Internets“ in *SZ.de* vom 03.03.2017 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/internet-der-vermutlich-teuerste-tippfehler-in-der-geschichte-des-internets-1.3403460>). „*Isitdownrightnow*“ (*Is it down right now*, „ist es jetzt gerade kaputt“) ist der hübsche Name für die Webseite zur Fehlermeldung von Webseiten.

Weiter geht es mit der Explosion der Ariane 5. Der Bordcomputer stürzte 36,7 s nach dem Start ab und mit ihm die Rakete. Verlust: ca. 500 Mio. US\$. Der *Mars Climate Orbiter* der NASA erreichte seine Umlaufbahn am 23. September 1999, aber 170 km tiefer als geplant. Absturz. Grund: Zwei Gruppen der NASA waren am Projekt beteiligt. Eine rechnete in Meter, die andere in Inch. Bleiben wir da oben: Der *Mars-Auto Pathfinder* arbeitete 1997 erfolgreich, bis auf einen kleinen Fehler. Aus unerfindlichen Gründen führte der Bordcomputer manchmal einen System-Neustart durch. Das führte zum Verlust der schon gesammelten, aber noch nicht gespeicherten Daten. Ursache war die Organisation der Datenkommunikation. Auf dem Boden ist es nicht besser: Das „Denver-Koffer-Debakel“ – bei der Neueröffnung des Flughafens in Denver sollte ein voll automatisches Gepäcksystem verwendet werden, mit 300 Computern, Laserscannern, Fotozellen und einem riesigen Netzwerk. Wegen der Fehler im Gepäcksystem fand die Eröffnung des Flughafens 16 Monate verspätet statt. Verlust: ca. 3,2 Mrd. US\$.³² Und kein Ende. Man könnte ein eigenes Buch darüber schreiben. „Hamset nich ne Numma kleena?“, fragt der Berliner. Bitteschön: In *Excel 2007* ergab die Multiplikation $77,1 \times 850$ statt der korrekten 65.535 glatte 100.000.³³

Wenn Sie sich noch nicht genug gegruselt haben, dann warten Sie auf den „gefährlichsten Softwarefehler in der Geschichte“ der Menschheit, der diese fast ausgelöscht hätte (siehe S. 236 unten).

Und wir reden hier nicht über ein Progrämmle wie im Textkasten 1.8 oder 1.12 mit 10 Zeilen. Wir reden über Millionen Codezeilen. 500-mal größere Programme, und davon 1000 Stück. Von irgendwem geschrieben, Ihrem nicht so cleveren Kollegen oder dem Genie im dritten Büro vorne links. Und Sie sollen nur die Zahl der Dezimalstellen im Umrechnungsfaktor von 2 auf 4 erhöhen. Daraus ergibt sich sofort die nächste Forderung, denn es reicht nicht, ein Programm bis zur (vermuteten, aber nie erreichten) Perfektion zu testen. Menschen müssen es warten und modifizieren, oft nach Jahren. Und dann müssen sie verstehen, was der Programmierer sich damals gedacht hat. Und davon haben sie nicht den blassesten Schimmer, auch wenn sie es selbst waren, der es geschrieben hat.

³²Thomas Huckle: „Kleine BUGs, große GAUs“, Vortrag am Institut für Informatik der TU München am 02.12.1999 (<https://www5.in.tum.de/~huckle/bugs.html>) und „Collection of Software Bugs“ vom 04.04.2105 (<https://www5.in.tum.de/persons/huckle/bugse.html>).

³³Dan Goodin: „What's 77.1×850 ? Don't ask Excel 2007“ in *The Register* vom 26.09.2007 (https://www.theregister.co.uk/2007/09/26/excel_2007_bug/).



Abb. 2.31 Einer der vielen Cartoons über Programmdokumentationen

Und was hat man nicht alles versucht, um eine vernünftige Programm-dokumentation zu erstellen! (Abb. 2.31) „Flussdiagramme“ wie in Abb. 1.10 und 1.11, „Struktogramme“ wie in Abb. 1.19, „Pseudocode“ wie in Text-kasten 2.2 oben. Es hat alles nichts genützt. Die grafischen Dokumentationen waren zu aufwendig und wurden nicht mit verändert, wenn das Programm verändert wurde. Der Pseudocode war wenigstens *im Programm* verankert, wurde dort aber auch oft nicht gepflegt.

Schon 1967 versuchte der Computerwissenschaftler Robert Floyd verzweifelt, Programmen „Bedeutung hinzuzufügen“: „Dieses Papier versucht, eine angemessene Grundlage für formale Definitionen der Bedeutung von Programmen in entsprechend definierten Programmiersprachen zu schaffen, so dass ein strenger Standard für die Dokumentation von Computerprogrammen, einschließlich des Nachweises der Korrektheit, Äquivalenz und Beendigung, festgelegt wird.“³⁴ Aber auch er dachte in die falsche

³⁴Robert W. Floyd: „Assigning meaning to programs“ (Programme mit Bedeutung versehen), Paper vom Januar 1967, Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/242502673_Assigning_Meanings_to_Programs (Original in <http://web.eecs.umich.edu/~weimerw/2007-615/reading/FloydMeaning.pdf>, siehe auch https://en.wikiquote.org/wiki/Robert_Floyd). „Äquivalenz“ bedeutet Übereinstimmung mit der abgebildeten Realität und „Beendigung“ verweist auf das Problem, dass damalige Programme oft in einem „do forever“ landeten, also nie zum Stehen kamen.

Richtung, denn ein Programm war für ihn ein kleines Gebilde von einigen 100 Zeilen. Heutige Software-Systeme erreichen – wie schon am Ende von Abschn. 1.7 erwähnt – leicht 10 Mio. Codezeilen. Jetzt verstehen Sie, warum ein Software-Update genau dann Ihren Rechner für längere Zeit lahmlegt, wenn Sie „mal eben schnell“ etwas erledigen wollen.

Was hilft uns weiter? Natürlich: unsere Universalmaschine und wieder ein riesiges Stück Software. Der IT-Veteran würde sich hier an IBMs SCLM (*Software Configuration and Library Manager*) erinnern, der alles miteinander in einer riesigen hierarchisch organisierten Datenbank verband: Quellcode, Maschinencode, Dokumentation, ... Während des gesamten Entwicklungszyklus steuerte, wartete und verfolgte SCLM automatisch alle Softwarekomponenten der Anwendung. In großen Projekten waren mehrere Mitarbeiter ausschließlich damit beschäftigt, die Ergebnisse der Entwickler in diese Datenbank aufzunehmen.

Testen, testen!, testen!!, haben wir gesagt. Das ist richtig und falsch zugleich. Denn am Ende eines Produktionsprozesses ist es reichlich spät. Niemand wird beim Bau einer Brücke warten, bis sie fertig ist, und dann 50 Lkw mit Sand darüberfahren lassen, um zu sehen, ob sie hält. Nein, es findet eine Qualitätssicherung in *allen* Phasen der Softwareentwicklung statt. Denn eine Untersuchung von über 40.000 Einzelprojekten zwischen 1994 und 2015 (mit dem unheilvollen Namen „CHAOS-Studie“) ergab, dass nur etwa 16 % der Projekte erfolgreich abgeschlossen wurden – ein Ergebnis, das allerdings von vielen Fachleuten angezweifelt wird.³⁵

Erinnern Sie sich noch an den Architekten am Anfang? Er hatte alles im Detail geplant und dokumentiert. Mit einer dieser Zeichnungen läuft gerade der Bauleiter herum und sagt dem Klimabauer: „Nee, die Rauchklappe einen Meter weiter nach rechts!“ Dumm nur, dass er nicht den neuesten Stand der Pläne in der Hand hält, sondern Version 3.17. Die Klappe ist inzwischen (aktuelle Version 3.19) 1,85 m weiter rechts. Deswegen ist eine weitere wichtige Tätigkeit im gesamten Projekt die Änderungskontrolle (*Change-Management*), meist in das Projektmanagement eingebettet.

Fassen wir zusammen

In Kap. 2 haben wir uns mit der Frage beschäftigt, wie die „Realität“ in den Computer kommt. Antwort: in Modellen. Das Datenmodell wird von Menschen für Menschen erstellt – ohne erst einmal an den Computer zu denken.

³⁵Daniel Liebhart: „Das Märchen von den gescheiterten IT-Projekten“ in *netzwoche*, 06/2009 S. 41 (https://www.trivadis.com/sites/default/files/downloads/pr/Netzwoche_Carte-Blanche_DAL_090402.pdf).

Es zeigt, wie „die Welt“ (der abgebildete Ausschnitt, etwa die Himmelskörper im Sonnensystem) gesehen wird. Mit allen Entitätstypen, in allen Beziehungen zwischen ihnen, redundanzfrei und konsistent. Man kann – muss aber nicht – die Strukturen für Datenbanken auf dem Computer daraus ableiten.

Entitäten – Sie erinnern sich – waren die einzelnen Individuen eines bestimmten Typs, des Entitätstyps. Die *Erde* (Entität) zum Beispiel ist ein Planet (Entitätstyp). Oder der *Mars*, auch ein Planet. Entitätstypen haben alle (mehr oder weniger) dieselben Attribute, zum Beispiel Größe, Masse, Entfernung zur Sonne, Rotationsperiode usw. Oder denken Sie an die Attribute einer Person (Entitätstyp) wie in Abb. 2.6.

Datenmodellierung kann süchtig machen – plötzlich sehen Sie überall nur noch ETs. Nicht Steven Spielbergs Außerirdische, sondern Entitätstypen. Genauer: Entitäten, hinter denen sich ETs verbergen. Alles, was eine Art Nummer hat, ist schon verdächtig. Das Auto B-JB 123, der Eisenbahnwagen UIC-Nr. 21 80 990 3 914-9, eine Knödelpackung EAN 4007801121114, das Haus Nr. 17 (durch Angabe von Land, Ort, Bezirk und Straße wird die Identifizierung eindeutig) – alles Entitäten eines bestimmten Typs. Aber auch Abstraktes: Versicherungsfälle, Konten, Vorgänge, Rentenbescheide (alle eindeutig identifiziert) – sie sind nicht physisch lokalisierbar, man kann sie nicht anfassen, aber sie sind Entitätstypen.

Was wir als Attribut, als Eigenschaft einer Person ansehen – Schönheit, Charme, Klugheit, Vertrauenswürdigkeit – muss, wenn wir es im Computer speichern wollen, quantifiziert werden, zum Beispiel auf einer Skala von 1 bis 10. Vielleicht aber auch nur mit 1 oder 0 – „vorhanden“ oder „nicht vorhanden“. Digitalisiert im wahrsten Sinn des Wortes, in eine Zahl verwandelt. Es sind nicht „echte“ Eigenschaften, die die IT-Leute interessieren, sondern ihre „Datenschatten“.³⁶ Schönheit wird digitalisiert: Kim Jong-un bekommt den Wert 3, Marylin Monroe 9. Oder auch nur ein Bit, 0=„unschön“ und 1=„schön“. Die *Schufa* stuft Ihre Kreditwürdigkeit auf miese 85,78 % ein, aber Ihr Freund hält Sie für 100 % verlässlich und würde Ihnen bedenkenlos größere Summen leihen. So können Algorithmen (aber auch menschliche Fehler bei der Eingabe) die im Computer abgebildete Wirklichkeit verändern. Und die Bilder der Eigenschaften, die

³⁶Philosophisch Interessierte denken hier sofort an Platons Höhlengleichnis (<https://de.wikipedia.org/wiki/Höhlengleichnis>), Literaturfreunde an die ebenso zauberhafte wie tiefgründige Geschichte von 1883: Edwin A. Abbott: „Flatland – A romance of many dimensions“ (With Illustrations by the Author, A SQUARE) in <http://www.geom.uiuc.edu/~banchoff/Flatland/>.

sich in den Köpfen der Menschen unterschiedlich gebildet haben, sind zu reinen Zahlen ver dorrt.

Das Prozessmodell beinhaltet – im Gegensatz zum statischen Datenmodell – den dynamischen Aspekt der Gegebenheiten in der abzubildenden Realität. Was wird wie woraus hergestellt? Also Ausgabe, Verarbeitung und Eingabe – das EVA-Prinzip. Es hilft uns, wenn wir das Datenmodell schon so weit fertig haben, dass wir Ausgabe und Eingabe kennen.

Diese Modellierung – Stichwort „Der Computer ist noch nicht erfunden“ – findet mit den Fachabteilungen der Unternehmen zusammen statt. Sie war die erste von drei großen Abschnitten in einem „Vorgehensmodell“. Der nächste ist die technische Planung, denn jetzt müssen das Datenmodell in ein Datenbankdesign und das Prozessmodell in ein Programmdesign umgesetzt werden. Keine einfache Aufgabe bei den heute üblichen *Client/Server*-Systemen. Ebenso wenig wie das Design der Benutzeroberfläche, des GUI (*Graphical User Interface*). Dann erst – dritter Teil – wird programmiert, also mit Hilfe von höheren Programmiersprachen (HLL, *High Level Language*) sowohl die Verarbeitungsprozesse wie die Datenbankdefinitionen in maschinenlesbaren Code verwandelt.

Diese Tätigkeiten werden durch das Projektmanagement und die Qualitätssicherung begleitet. Dafür gibt es ein Phasenkonzept und Meilensteine zur Beurteilung von Ergebnissen. Auch das sind nur die zwei wichtigsten parallel laufenden Tätigkeiten, die zur professionellen Anwendungsentwicklung dazugehören. Denn bei riesigen Systemen mit Millionen von Codezeilen gehören methodisches Vorgehen und Standards zu den unverzichtbaren Voraussetzungen.



3

Die Rückwirkung auf die Realität

Was die Digitalisierung mit uns macht: Die Daten und Verarbeitungsprozesse werden im Computer abgebildet, und die daraus resultierenden Systeme beeinflussen unser Leben.

Über die Wirkung von Algorithmen und die Frage, ob Lebewesen „biologische Maschinen“ sind. Über künstliche Intelligenz und lernende neuronale Netze. Über Auswirkungen der Digitalisierung auf unsere Gesellschaft. Über Komplexität, Emergenz und exponentielles Wachstum.

Wenn Sie bis hier gekommen sind, haben Sie den „technischen Teil“ weitgehend hinter sich. Im Kap. 1 und 2 habe ich gewissermaßen umrissen, wie ein Auto funktioniert und wie es gebaut wird (um ein analoges Bild zu verwenden). Doch das war nicht die Antwort auf die Frage, die sich uns stellt. Dieser Frage versuche ich Kap. 3 zu widmen: Was bedeutet es für uns, wenn Milliarden von Autos funktionieren müssen, gebaut werden müssen (wobei die meisten das Ende des Lebenszyklus, die „Entsorgung“ vergessen) und vor allem unser tägliches Leben bestimmen?¹ Denn die ersten zwei Kapitel waren sozusagen für „IT-Archäologen“, die wissen wollen, wie es dazu gekommen ist. *Wozu* es gekommen ist und wie es vermutlich weitergehen wird, das soll Gegenstand dieses Kapitels sein.

Jede Technik wächst in ihrem Umfeld, und jede Technik wirkt auf ihr Umfeld zurück (heute würde man *Technologie* und *Umwelt* sagen). Deswegen hat die Informationstechn... (was auch immer) Auswirkungen auf unser Leben. Und so ist programmieren lernen etwas anderes als rechnen

¹Im Jahr 2015 gab es rund 1,3 Mrd. Kraftfahrzeuge weltweit. Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/244999/umfrage/weltweiter-pkw-und-nutzfahrzeugbestand/>.

lernen oder mauern lernen. Letztere schaffen Fähigkeiten, ersteres eine Geisteshaltung. Deswegen fragen Programmierer hartnäckig bis zur Penetranz nach Zusammenhängen und Einzelheiten (Sie erinnern sich an das Arztgespräch in Textkasten 1.11). Deswegen denken Datenmodellierer auf der Suche nach Entitäten bzw. Entitätstypen wie Philosophen an das „Identitätsproblem“, nämlich die Frage: „Sind zwei absolut gleiche Dinge auch identisch?“² Deswegen sind Daten und Algorithmen Realitätsbeschreibungen und können so komplex und undurchschaubar werden wie die Wirklichkeit. Und diese Komplexität kann Neues hervorbringen – das ist das Prinzip der Emergenz. Verläuft die Rückwirkung langsam und linear, können wir uns darauf einstellen. Bei exponentiellen Entwicklungen können sehr plötzliche und sogar chaotische Effekte auftreten.

Ideologien sind wie Religionen, sie verbreiten sich viral, um ein modernes Wort zu benutzen, durch Ansteckung wie ein Virus. Im Zeitalter der Globalisierung, also des weltweiten Austausches von Waren und Informationen, geschieht das – im Vergleich z. B. zur Ausbreitung des Christentums – blitzschnell. Kapitalismus ist eine Ideologie: das Prinzip, alles sei Ware oder ließe sich als Ware definieren. Digitalisierung ist auch eine Art Ideologie, deswegen nennt Schirrmacher es „Informationskapitalismus“, denn das Prinzip ist: Alles besteht aus Daten oder lässt sich in Daten verwandeln. Digitalisierung heißt auch Mechanisierung und Industrialisierung menschlicher Eigenschaften: der Mensch als Werkstück in einem industriellen Prozess. Begonnen hat es im „analogen“ Zeitalter, aber perfektioniert wird es in der digitalen Welt. Kein Kranker in der Notaufnahme, kein Tourist auf seiner Reise, kein Kunde in einem beliebigen Laden existiert ohne seinen Datenschatten. Ausbruchsversuche sind selten und oft zum Scheitern verurteilt.³ Digitalisierung heißt die menschliche Gesellschaft nur noch durch nackte Zahlen zu beschreiben – wie wenn wir eine Mozart-Oper durch die Noten beschreiben würden anstatt sie zu hören.

Brauchen wir einen „Beipackzettel“ für die „4. industrielle Revolution“, die uns auf die vielfachen Risiken und Nebenwirkungen hinweist? Denn wir genießen ihre Vorteile ja oft, meist mehrmals täglich, ohne uns dessen bewusst zu werden. Es sieht so aus, denn in meinen Recherchen im Internet

² „Die Philosophen waren über Jahrtausende von dieser Logik so überzeugt, dass sie diesem Prinzip einen eigenen Namen gaben, ‚principium identitatis indiscernibilium‘, der Satz der ‚Identität des Ununterscheidbaren‘“ in Ulrich Walter: „Eine andere Sicht auf die Welt“, Komplett Media GmbH 2018, Kindle-Edition Pos. 2057 von 2338.

³ Die Romanfigur *Mercer*, der Freund der Protagonistin *Mae* in *The Circle*, bezahlt es mit seinem Leben, siehe Eggers D (2015) oder [https://de.wikipedia.org/wiki/The_Circle_\(2017\)](https://de.wikipedia.org/wiki/The_Circle_(2017)).

habe ich viele Beiträge gefunden – z. T. von sehr prominenten Fachleuten –, die vor unüberlegtem Gebrauch dieses „Heilmittels“ (für manche ist das Netz sogar ein „Heilsbringer“) warnen und sogar auf das Suchtpotenzial dieser „Droge“ hinweisen. Urteilen Sie selbst!

3.1 Algorithmen steuern uns unbemerkt

Nur als „Gruß aus der Algo-Küche“ einige nette Geschichten, die Ihnen zeigen, wie stark wir schon von Algorithmen beeinflusst werden. Selbst wenn wir selten oder gar nie (gibt es das?) mit „echten“ Computern zu tun haben, benutzen wir ein Smartphone. Acht von zehn Menschen in Deutschland nutzen es. Es ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Für 88 % der Nutzer ist es eine große Erleichterung im Alltag.⁴ „Smarte Lautsprecher“ (engl. *Smart Speaker*, auch „digitaler Sprachassistent“ genannt) halten Einzug in unseren Haushalt. Es sieht so aus, als ob Sprache zum wichtigsten Steuer-element der digitalen Welt wird. Die weltweiten Lieferungen von *Smart Speakers* erreichten im zweiten Quartal 2018 über 11 Mio. Einheiten, gegenüber nur 3,9 Mio. im zweiten Quartal 2017. *Smart Speakers* haben jetzt ein globales Publikum und Geräte mit lokaler Sprachunterstützung sind in 18 Ländern weltweit erhältlich, weitere werden bis Ende des Jahres folgen.⁵

Smarte Assistenten beraten unsere Kinder

Kinder sind – im Gegensatz zu manchen älteren Semestern – so genannte *digital natives*, digitale Eingeborene. Sie sind mit der Digitalisierung aufgewachsen. Sie kennen die „digitalen Assistenten“ wie Amazons *Alexa*, und sie sprechen mit ihnen: „Hey Alexa, wie alt bist du?“ oder „Was ist deine Lieblingsfarbe?“. Ranga Yogeshwar berichtet:⁶

„Bei einer Studie zeigte sich, dass die Mehrheit der Kinder den Maschinen glauben, sie als freundlich und sogar als intelligenter als sie selbst einstufen.

⁴Markus Haas: „Smartphone-Markt: Konjunktur und Trends“, Bitkom-Research vom 22.02.2018 (<https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2018/Bitkom-Pressekonferenz-Smartphone-Markt-22-02-2018-Praesentation-final.pdf>).

⁵David Watkins: „Smart Speaker Vendor & OS Shipments and Installed Base Share for 12 Countries Q2 2018“ in *StrategyAnalytics* vom 10.08.2018 (<https://www.strategyanalytics.com/access-services/devices/connected-home/smart-speakers/market-data/report-detail/smart-speaker-vendor-os-shipments-and-installed-base-share-for-12-countries-q2-2018>).

⁶Zitat mit freundlicher Genehmigung von Ranga Yogeshwar: „Nächste Ausfahrt Zukunft ...“, Rede vor der Leibniz-Gemeinschaft Berlin am 28.11.2017 (<https://yogeshwar.de/?p=2177>).

Kinder [...] tauchen immer tiefer ein, in eine neue Welt sprechender, interaktiver Apparate. [...] Sie beginnen, zu den sprechenden Assistenten eine Beziehung aufzubauen. Die intelligenten Begleiter lesen ihnen Geschichten vor, spielen Musik, erzählen Witze und verführen zum Einkaufen. *Amazon* hat inzwischen sein Echo-System mit einer Kamera erweitert. „Alexa, was soll ich heute tragen: das pinke oder das gelbe Kleid?“ Amazons *Echo Look*, so der Hersteller, nutzt bei der Beantwortung derartiger Fragen angeblich intelligente *Style-Check* Algorithmen, die von Mode-Spezialisten eintrainiert wurden. Vorbei also die langen Spiegel-Sessions unserer Töchter mit der unlösbarsten morgendlichen Frage: „Was soll ich anziehen?“ Der Apparat kennt den Inhalt ihres Kleiderschranks, kombiniert und beurteilt und gibt ganz nebenbei Tipps zu aktuellen Sonderangeboten. Der nette Babysitter ist ein getarnter Verkäufer, der uns Tag und Nacht im eigenen Heim „berät“. Amazon hat inzwischen sieben eigene Modelabels gegründet und will künftig Kinder und Erwachsene einkleiden.

Hinter der Hilfsbereitschaft des Roboters versteckt sich also, wer hätte es gedacht, ein latent kommerzielles Interesse. Unsere Kinder vertrauen den Apparaten, deren Algorithmen sich nicht der Wahrheit verschreiben, sondern lediglich unser Konsumverhalten weiter anheizen wollen. Wie aber vermitteln Eltern ihren Kindern das Hinterfragen dieser Marketing-Roboter, wenn diese einen immer größeren Stellenwert in unserem Leben einnehmen? Wie lernen wir die Botschaften von Alexa & Co kritisch zu überprüfen, wenn bereits unsere Kinder dem Roboter blind vertrauen? Wir werden Zeugen eines Konditionierungseffektes, der, in vielen Bereichen unseres Lebens, Wissen und Verständnis durch ein blindes Vertrauen in die Maschine oder in einen Algorithmus ersetzt. Vertrauen statt Verstehen.“

Yogeshwar gilt im Gegensatz zu vielen etwas schrill auftretenden Warnern vor der „künstlichen Intelligenz“ als nüchtern abwägender Wissenschaftler. Wir werden uns mit diesem Thema ja in Abschn. 3.3 noch ausführlich beschäftigen. Deswegen geben seine Vorbehalte zu denken, denn „tiefe neuronale Netzwerke“ (auch das wird erklärt) sind „digitale Alchemie“: „Wir vertrauen Apparaten, die wir in der Tiefe nicht mehr verstehen“, sagt er. Wir werden uns mit seinen Argumenten im Folgenden auseinandersetzen. Damit hoffe ich, mit diesem Buch das Verstehen etwas zu fördern.

Bald ist *Alexa* überall und steuert Steckdosen, Heizungen, Mikrowellen und Überwachungskameras.⁷ Übrigens: Alle Sprachaufnahmen, die *Alexa*

⁷Ole Reißmann: „Amazon bringt Alexa ins Auto, in die Küche, ins Kinderzimmer“ in *Spiegel online* vom 21.09.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/amazon-stellt-neue-echo-geraete-vor-alex-a-fuer-auto-kueche-kinderzimmer-a-1229252.html>).

aufnimmt, werden auf den Servern von Amazon gespeichert. Und es kommt vor, dass auch Gespräche ohne das Schlüsselwort „Alexa!“ aufgezeichnet werden, wenn jemand ein sehr ähnliches Wort ausspricht. Oder leichthin zu seinem Partner sagt: „Das weiß ich auch nicht, da musst du Alexa fragen!“ Und taufen Sie Ihre Tochter bitte nicht „Alexa“!⁸

Puppen, Kinderuhren und andere Spielzeuge sind oft mit dem Internet verbunden, und ein Stofftier hat eine Überwachungskamera in der Nase. Die Bundesnetzagentur hat sogar eine sprechende Puppe wegen Überwachungsgefahr aus dem Handel genommen und den Eltern empfohlen, sie „eigenhändig unschädlich zu machen“.⁹

Fünf schwarze Löcher beherrschen unsere Welt

Im Weltall kennen wir „schwarze Löcher“ – sie sitzen meist im Zentrum einer Galaxie wie in unserer Milchstraße. Sie enthalten so viel Masse auf so dichtem Raum, dass ihre Gravitation alles verschluckt, selbst das Licht (deshalb sind sie schwarz). Und durch jeden Himmelskörper, der von ihnen hineingezogen wird, werden sie noch schwerer und noch „gefährlicher“. Das ist der „Matthäus-Effekt“ nach dem Satz aus dem Matthäusevangelium: „Denn wer da hat, dem wird gegeben, dass er die Fülle habe; wer aber nicht hat, dem wird auch das genommen, was er hat.“

Erinnern wir uns an die „Big Five“: Apple, Amazon, Google, Facebook und Microsoft. Manche zählen auch nur vier zu den Großen und nennen sie „GAFA“ als Abkürzung für die „Internetgiganten“ Google, Apple, Facebook und Amazon. Sie sind diese schwarzen Löcher. Apple, nebenbei, ist inzwischen an der Börse 1 Billion (1000 Mrd.!) Dollar wert.¹⁰ Die *New York Times* schreibt über die „Herrscher der Welt“:

„Da diese Unternehmen die wichtigsten Technologieplattformen der Welt kontrollieren, von Smartphones über App Stores bis hin zur Landkarte unserer

⁸ „Alexa zeichnet unbemerkt Gespräch auf – und verschickt es“ in *Spiegel online* vom 25.05.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/amazon-echo-alexzeichnet-gespraech-auf-und-verschickt-es-a-1209462.html>).

⁹ „Netzagentur warnt vor vernetztem Spielzeug“ in *Spiegel online* vom 07.12.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/smart-toys-bundesnetzagentur-warnt-vor-vernetztem-spielzeug-a-1242525.html>) und „Behörde nimmt Spielzeugpuppe vom Markt“ ebd. vom 17.02.2017 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/my-friend-cayla-bundesnetzagentur-nimmt-sprechende-puppe-vom-markt-a-1135159.html>).

¹⁰ Alexander Armbruster, Roland Lindner: „Neuer Börsenrekord: Apple ist jetzt eine Billion Dollar wert“ auf *FAZ.net* vom 02.08.2018 (<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/das-unternehmen-apple-ist-jetzt-eine-billion-dollar-wert-15719772.html>).

sozialen Beziehungen, gleicht ihre Macht immer mehr der von Regierungen als der von Unternehmen. [...] Die größten menschlichen Erfindungen neigen dazu, die Gesellschaft (einschließlich der Menschen, die sie geschaffen haben) auf eine Weise zu verändern, die tiefgreifender ist, als man es sich je vorstellen kann. Das gilt ganz klar für die Technologien, die wir heute einsetzen, und noch mehr für die Dinge, die wir morgen bekommen werden. Das Internet, Mobiltelefone, soziale Netzwerke und künstliche Intelligenz werden den Status quo durcheinanderbringen – und es wird unsere Aufgabe als Gesellschaft sein, zu entscheiden, wie wir ihre Nachteile abmildern können.“¹¹

Das heißt für uns, die Beherrschten, dass wir – in bester demokratischer Tradition – die Herrscher kontrollieren müssen. Aber Achtung: Nicht nur die Großen verwenden unsere Daten und steuern uns unbemerkt mit Algorithmen, auch viele kleinere Unternehmen setzen „smarte“ Werkzeuge ein, um unser Konsumverhalten im Internet in die (von ihnen) gewünschte Richtung zu lenken. Oder was glauben Sie, warum Ihr Flugpreis umso höher wird, je häufiger Sie danach suchen?¹²

Platz 1 und 2 der Liste der Reichsten im US-Magazin *Forbes* halten Amazon-Erfinder Jeff Bezos mit 112 Mrd. US\$ und Microsoft-Gründer Bill Gates mit 90 Mrd. US\$.¹³ Gates hat mit dem Betriebssystem Microsoft *Windows* die Welt der Computer verändert und Bezos revolutionierte das Einkaufen. Apple ist als erstes amerikanisches Unternehmen an der Börse mehr als eine Billion Dollar wert. Das sind tausend Milliarden und damit mehr als der Wert der zehn größten deutschen Dax-Unternehmen zusammen. Amazon hat ca. 300 Mio. Kundenkonten weltweit. Sein Ziel ist „Kundenzufriedenheit“ um jeden Preis. Mit einem Forschungsbudget von 16 Mrd. US\$ erweitert Bezos sein Angebot und seine Geschäftsfelder, steigert seinen Umsatz und Gewinn und reinvestiert ihn in ... Kundenzufriedenheit. Forscher entdeckten, dass in den USA die Marktkonzentration in allen großen Wirtschaftszweigen deutlich zugenommen hat. Die größten Firmen einer Branche dehnen ihren Marktanteil aus, und sie wachsen schneller. US-Unternehmen verkaufen oft ihre Waren und

¹¹Farhad Manjoo: „The Upside of Being Ruled by the Five Tech Giants“ in *The New York Times* vom 01.11.2017 (<https://www.nytimes.com/2017/11/01/technology/five-tech-giants-upside.html>), bei Übersetzung stilistisch leicht geändert.

¹²„Darum sollten Sie Ihren Browser wechseln, bevor Sie einen Flug buchen“ in *Focus online* vom 23.12.2016 (https://www.focus.de/reisen/videos/geld-sparen-darum-sollten-sie-ihrn-browser-wechseln-bevor-sie-einen-flug-buchen_id_6398962.html).

¹³Forbes: „The World's Billionaires 2018“ auf <https://www.forbes.com/billionaires/list/>.

Dienstleistungen zu Preisen, die weit über den Herstellungskosten liegen. Sie kassieren einen Preisaufschlag, der seit 1980 von 18 % auf zuletzt 67 % angestiegen ist.¹⁴ Amazon hat sich vom Online-Buchhändler zum zweitwertvollsten Internetkonzern weltweit entwickelt. Ob Zahnpasta, Schulbücher, Sexspielzeuge oder Möbel, ob Waren in 40 Kategorien von „Baby“ bis „Zeitschriften“ – fast alles bestellen die so genannten „Heavy User“ bei Amazon. Auch das abendliche Fernsehprogramm kommt vom Internetgiganten. Im Jahr 2016 setzte Amazon gut 14 Mrd. US\$ in Deutschland um – damit sind wir der wichtigste Markt außerhalb von Nordamerika. Und das Unternehmen ist weiterhin auf Wachstumskurs, hat neue Geschäftsfelder im Blick. Denn die Digitalwirtschaft funktioniert nach dem Prinzip: *The winner takes it all* (der Sieger bekommt alles).

Und die Unternehmen handeln nicht nur mit Produkten, sondern auch mit dem Öl des 21. Jahrhunderts: mit Daten. Andreas Weigend, der ehemalige Chefwissenschaftler von Amazon, erklärt bereitwillig die Mechanismen und Strategien, mit denen das Unternehmen seine Kunden erfasst. Dass die „expliziten“ Daten gespeichert werden, ist klar: die, die der Kunde selbst angibt. „Implizite“ Daten, das vermuten wir zu Recht, werden auch erfasst – wann, wie lange, bei welchen Produkten usw. der Kunde verweilt hat: „Kunden, die dieses Buch bestellt haben, bestellten auch ...“. Oder Ihre gesamte „Klick-Historie“. Wussten Sie, dass in Amazons „Clickstream“-Tabelle jeder Klick mit 50 Daten registriert wird? Wie fänden Sie es, wenn Ihr Buchhändler an der Ecke nicht nur protokolierte, welche Bücher Sie sich in seinem Laden angesehen haben, sondern auch ob es Sommer oder Winter war, sonnig oder regnerisch, und wo Sie vorher und nachher waren? „Marcaurel1957“ allerdings kommentiert: „Ich bin ja sehr für Datenschutz, aber mir ist nicht klar, was an den im Artikel erwähnten Daten kritisch sein sollte.“¹⁵ Noch trickreicher und hinter unserem Rücken werden aber an die hundert „Kontext-Daten“ ausgewertet und zu Benutzerprofilen zusammengestellt: Stehen Sie früh auf oder bestellen Sie abends? Schenken Sie zum Muttertag oder zu Ostern? Haben Sie noch Sex oder spielen Sie schon Golf

¹⁴Catherine Hoffmann: „Super-Firmen greifen an“ in Süddeutsche Zeitung vom 02.09.2017 (<https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/ungleichheit-super-firmen-greifen-an-1.3649240>) und „Apple, Amazon, Google, Facebook, Microsoft: Freunde? Oder Feinde?“ ebd. am 03.08.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/internet-konzerne-freunde-oder-feinde-1.4080496>).

¹⁵Katharina Nocun: „So viel weiß Amazon nach jedem meiner Klicks“ in *Spiegel online* vom 28.04.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/amazon-experiment-was-der-konzern-mit-jedem-klick-erfahrt-a-1205079.html>).

(alter Kalauer!)? Mögen Sie Jazz oder Klassik (oder beides)? Kochen Sie gerne oder lesen Sie viel (oder beides)?

Weigend möchte „lieber Regeln für die Realität der Gegenwart und die Möglichkeiten der Zukunft entwickeln, als die Privatsphäre zu romantisieren“. Er möchte „von den datenverarbeitenden Unternehmen [...] weitgehende Kontroll-, Zugriffs- und Administrationsrechte einfordern, um wenigstens selbst den maximalen Nutzen aus den Daten ziehen zu können“ und „dass die Unternehmen uns Tools zur Verfügung stellen“, denn „Werkzeuge, die mir Einsichten in die Interpretation meiner Daten liefern, sind viel interessanter für mich als irgendwelche juristischen Datenschutzerklärungen“. Von Anonymisierungswerkzeugen, von Tarn- und Verschleierungstools oder sogar WLAN- und Mobilfunk-Störsendern hält er nichts, denn „keine Daten zu erzeugen ist so unmöglich, wie kein Wasser zu nutzen.“¹⁶

Der gemeinsame Marktwert einer anderen Gruppierung von „Big Five“ hatte im Jahr 2018 stolze 3,6 Billionen (3600 Mrd.) US\$ erreicht. Aber im November haben Investoren Aktien von Facebook, Amazon, Apple, Netflix und der Google-Mutter Alphabet abgestoßen und damit zwischen Ende August und Ende November 2018 etwa 822 Mrd. US\$ an gemeinsamen Marktwert vernichtet. Die Technologieaktien erfuhren diesen Einbruch, da die Sorge um Wachstums- und Datenschutzprobleme zunehmend an Bedeutung gewann.¹⁷ Vorher war schon am 25. Juli 2018 Facebooks Aktienkurs in den Keller gerascht, und das Unternehmen verlor an der Börse mal eben 151 Mrd. US\$ an Wert.¹⁸ Denn viele realisierten inzwischen, dass Facebook „das größte unkontrollierte soziotechnische Experiment der Weltgeschichte“ ist und dass es zwischen 2005 und 2010 fast alle Benutzerdaten öffentlich zugänglich gemacht hatte.¹⁹ Twitter gehört zwar nicht zu der erlesenen Gruppe, ist

¹⁶Patrick Beuth: „Keine Daten zu erzeugen ist so unmöglich, wie kein Wasser zu nutzen“ in *Zeit online* vom 09.05.2017 (<https://www.zeit.de/digital/datenschutz/2017-05/privatsphaere-amazon-andreas-weigend-data-for-the-people>). Siehe auch Andreas Weigend: „Data for the People: Wie wir die Macht über unsere Daten zurückerobern“, Murmann, Hamburg 2017, Kindle Edition.

¹⁷Stephen Grocer: „The Tech Stock Fall Lost These 5 Companies \$800 Billion in Market Value“ in *The New York Times* vom 20.11.2018 (<https://www.nytimes.com/2018/11/20/business/dealbook/5-tech-stocks-combined-lost-800-billion.html>).

¹⁸Stefan Schultz: „Facebooks Börsencrash – Doch verwundbar“ in *Spiegel online* vom 26.07.2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/facebook-ist-doch-verwundbar-die-hauptgruende-fuer-den-kursturz-a-1220261.html>).

¹⁹Christian Stöcker: „Zuckerbergs Theorem“ in *Spiegel online* vom 10.03.2019 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/facebook-warum-kehrt-mark-zuckerberg-von-seinem-theorem-ab-a-1256929.html>) und Matt McKeon „The Evolution of Privacy on Facebook“ (Blog ohne Datum) auf <http://mattmckeon.com/facebook-privacy/>.

aber mit einem Umsatz von 711 Mio. US\$ schon interessant. Seit es aber gegen Hetze und *Fake News* vorgeht, sank die Zahl der monatlich aktiven Nutzer weltweit um eine Million auf 335 Millionen. Investoren mögen das nicht – die Aktie fiel an einem einzigen Tag um 17 %.²⁰

Suchen, aber was? Wie finden wir, was wir suchen wollen?

Die schlechte Nachricht: Im August 2018 betrug der Anteil von Google an Suchmaschinen-Aufrufen weltweit 86,67 %. Die gute Nachricht: Er war schon mal höher (90,05 % im Nov. 2016). Pro Tag verarbeitet Google weltweit mehr als 3 Mrd. Suchanfragen.²¹ Es ist einfach der „Goldstandard“ der Branche. Einer der Vorteile ist, dass die Suchmaschine bei der Eingabe automatisch mit Hilfe eines Algorithmus Vorschläge für passende Suchbegriffe macht. Denn auch für mich hat oft der Spruch Gültigkeit: „Ich kann nicht beschreiben, wonach ich suche, aber ich erkenne es, wenn ich es finde.“ Zu diesem Algorithmus gehört auch ein Verfahren mit der grässlichen Wortschöpfung „Autovervollständigen“ (engl. *autocomplete*).

Gab man bei Google den Namen der Gattin eines früheren Bundespräsidenten ein, wurde er automatisch mit Begriffen wie „Rotlicht“, „Escort“ und „Prostituierte“ verknüpft. Sie verklagte das Unternehmen, weil aus ihrer Sicht die vorgeschlagenen Wörter Angriffe auf ihr Ansehen darstellten. Der Konzern argumentierte damals (wie heute), die Suchmaschine orientiere sich nur an den Nutzerinteressen.²² Die Vorschläge des Algorithmus hängen davon ab, was man selbst bisher gesucht hat, und von dem, was andere Nutzer häufig suchen. So tauchen Gerüchte, Verleumdungen und Hasskommentare plötzlich als Suchvorschlag auf, wenn sie nur von genügend vielen anderen Benutzern verwendet worden sind.²³ Der gemeinnützige

²⁰ „Twitter verliert Nutzer – Aktie stürzt ab“ auf *Börse online* vom 27.07.2018 (<https://www.boerse-online.de/nachrichten/aktien/twitter-verliert-nutzer-aktie-stuerzt-ab-1027406840>).

²¹ Quelle: „Marktanteile der meistgenutzten Suchmaschinen auf dem Desktop nach Page Views weltweit in ausgewählten Monaten von August 2015 bis August 2018“ in *Statista* (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/225953/umfrage/die-weltweit-meistgenutzten-suchmaschinen/>).

²² „Im Netz der Gerüchte“ in *Der Tagesspiegel* vom 10.09.2012 (<https://www.tagesspiegel.de/politik/bettina-wulff-im-netz-der-geruechte/7113244.html>).

²³ Judith Horchert: „Düstere Suchvorschläge“ in *Spiegel online* vom 03.09.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/google-autovervollstaendigung-aktivisten-schen-hatesearch-und-diskriminierung-a-1226237.html>).

Verein *Goliathwatch* hat in einer Studie solche Vorschläge dokumentiert.²⁴ Google selbst nennt die Vorschläge aber „Vorhersagen, keine Vorschläge“ (*predictions, not suggestions*).²⁵ Ein eigener kleiner Test führt mit der Eingabe „völkermord ist“ u. a. zu den Vorschlägen „rassenmischung ist völkermord“ und „migration ist völkermord“. Oder die Eingabe „der islam“ führt zu „der islam braucht eine sexuelle revolution“.²⁶ Na, wenn das kein *Vorschlag* ist!

Die „New York Times“ hat dies schon im Jahr 2015 als „*Hatesearch*“ (Hass-Suche) bezeichnet. Sie untersuchte wöchentliche Daten von 2004 bis 2013 und fand einen direkten Zusammenhang zwischen antimuslimischen Suchanfragen und antimuslimischen Hassdelikten. Aber wer tippt „Ich hasse Muslime“ in die Suchmaske? Wir betrachten Google als eine Maschine, an die wir *Fragen* stellen: „Wie wird das Wetter?“, „Wo ist das nächste Pizza-Restaurant?“ oder „Wie macht man Apfelkuchen?“. Aber manchmal schreiben Leute ihre unzensierten Gedanken in Google, ohne viel Hoffnung, dass Google ihnen helfen kann. Das Suchfenster wird zu einer Art Beichtstuhl. Angeblich werden in den USA jeden Monat etwa 1600 „Suchen“ nach „*I hate my boss*“ (Ich hasse meinen Chef) durchgeführt.²⁷ Kann Google bald „Hass-Verbrechen“ genauso präzise vorhersagen wie Grippewellen (Eingabe: „Ich habe Schnupfen und Fieber“ oder „Grippemittel“)?

Damit sind wir bei der Frage, wie Googles Suchalgorithmus funktioniert. Und aus Abschn. 1.5 steht ja noch die Frage im Raum, wie das Durchsuchen der Billionen von Internet-Seiten so schnell sein kann. Ein Fall für Selbstbezüglichkeit: Geben Sie „google suchalgorithmus“ in die Google-Suchzeile ein, und Sie bekommen viele Treffer, aber keine wirklichen Antworten. Denn das ist ein sorgfältig gehütetes Geheimnis, was die „Innenreien“ des Verfahrens anbetrifft. Google verrät nur, dass es eine Wortanalyse betreibt. Es erstellt Sprachmodelle, um zu entschlüsseln, welche Wörter es suchen soll, wobei Rechtschreibfehler erkannt und ausgebügelt werden. Im nächsten Schritt durchsuchen die Algorithmen den Suchindex nach Webseiten, die zur Frage passen. Sie beurteilen, wie häufig und wo die Begriffe auf einer Seite vorkommen (im Titel, in Überschriften oder im Haupttext).

²⁴Thomas Dürmeier: „Die Gefahren mit der Autovervollständigung von Google oder die #Autodiskriminierung in der Suchmaschine“ auf *Goliathwatch* vom 03.09.2018 (https://goliathwatch.de/wp-content/uploads/2018/09/GoliathWatch_180903_Google-Studie-StopHateSearch.pdf).

²⁵„How Google autocomplete works in Search“ (<https://www.blog.google/products/search/how-google-autocomplete-works-search/>).

²⁶Auf Google.de abgerufen am 17. September 2018.

²⁷Evan Soltas, Seth Stephens-Davidowitz: „The Rise of Hate Search“ in *The New York Times* vom 12.12.2015 (<https://www.nytimes.com/2015/12/13/opinion/sunday/the-rise-of-hate-search.html>).

Dann folgt der *PageRank*, die Festlegung der Rangfolge der angezeigten Seiten.²⁸ Die Gründer von Google, Larry Page (daher der Name *PageRank*) und Sergei Brin haben ihn an der *Stanford University* entwickelt und zum Patent angemeldet. Hier trifft der Google-Igel auf die SEO-Hasen, die schneller und besser zu sein versuchen.²⁹ Das sind die Suchmaschinenoptimierer (engl. *search engine optimization*, SEO), die erreichen wollen, dass die Webseite des lokalen Schrebergartenvereins bei der Suche nach „Unkraut“ eine Chance hat, vor Monsanto auf den vorderen Positionen zu landen. Doch das Verfahren ist streng geheim und komplex: Schon 2007 benutzte Google mehr als 200 verschiedene Variablen zur Bestimmung der Reihenfolge auf der Anzeige. Land- und Standort-Informationen werden ebenso benutzt wie personalisierte Daten und die Suchhistorie. Suchen Sie „Hamburg“ und haben vorher „Hamburg gegen Wolfsburg“ eingegeben und auf die Fußballergebnisse geklickt, dann werden Ihnen zuoberst erst einmal keine Städtereisen nach Hamburg angeboten.

Nun könnte man auch in dieses Thema beliebig tief einsteigen. Zum Schluss nur noch einige interessante Häppchen:³⁰ Seit 2013 hat der allgemeine Algorithmus von Google den Namen *Hummingbird* (englischer Name für Kolibri). Der Algorithmus wird rund 500-mal pro Jahr geändert (mit Gruß an die SEOs!). Und er wird auch bei der Bildersuche immer intelligenter, um die Inhalte von Bildern zu analysieren und zu bestimmen. Er „weiß“, ob es sich bei einem Foto um eine schwarze Katze handelt oder um fünf Personen auf einer Geburtstagsfeier (und um wen).

PS: Ein ähnlicher Algorithmus zum „Auto vervollständigen“ bearbeitet auch Ihre SMS bei der Eingabe: das „T9“-Verfahren (für engl. *Text on 9 keys*, „Text auf 9 Tasten“). Nicht immer auf die gewünschte Weise, deshalb empfiehlt es sich dringend, ihn noch einmal zu lesen, bevor man auf „Senden“ drückt! Und Google geht noch weiter: Nicht nur Wörter werden vervollständigt, sondern ganze Sätze: *Smart Compose* ergänzt ein „Ich hab dich l“ mit „ange nicht gesehen“ zu einem ganzen Satz.³¹ Google hat ja Recht: Inhaltsleere Formelsätze produzieren kann auch eine Maschine.

²⁸Quelle: „Funktionsweise der Suchalgorithmen“ in <https://www.google.com/intl/de/search/howsearch-works/algorithms/>.

²⁹Nach dem Märchen „Der Hase und der Igel“ der Brüder Grimm, das einen seltsamen Wettlauf beschreibt: „Ick bün all dor“ („ich bin schon da“) sagt der Igel.

³⁰Amanda Zantal-Wiener: „8 weniger bekannte Fakten zum Google-Algorithmus“ auf HubSpot (Agentur für Inbound-Marketing) vom 22.02.2017 (<https://blog.hubspot.de/marketing/google-algorithmus>).

³¹Google-Blog „Write emails faster with Smart Compose in Gmail“ auf <https://www.blog.google/products/gmail/subject-write-emails-faster-smart-compose-gmail/>.

Datenschürfen oder die Nadeln im Heuhaufen

Nadeln, Plural, wohlgemerkt. Es geht hier meist nicht darum, ein einzelnes Datenelement zu finden. Datenschürfen (engl. *Data Mining*) ist die Suche nach mehreren Nadeln auf einem Haufen: Wo in zehn Millionen Nadeln mit Hunderttausenden verschiedener Farben ist ein auffälliger Haufen – und welche Farbe hat er (vielleicht karminrot?) und was bedeutet das? Also eine *Big-Data-Analyse* („viele Daten“). Denn „Daten sind das Öl des 21. Jahrhunderts“ stand oben. „Daten sind die Kohle des 21. Jahrhunderts“ würde besser passen, besonders mit der umgangssprachlichen Bedeutung des Wortes „Kohle“. Der Berufsverband der Ingenieure der Elektrotechnik und Elektronik namens IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, meist als „*i triple e*“ [ai trippel i] bezeichnet) veranstaltet schon seit Jahren eine *International Conference on Data Mining* (ICDM), die letzte im Juli 2018 in New York.³² Aber wie macht man damit Kohle?

Die Minenarbeiter des *Data Mining* versuchen, Muster in großen Mengen von Datensätzen zu entdecken. Sie verwenden die Methoden der künstlichen Intelligenz, des maschinellen Lernens und der Statistik. Das übergeordnete Ziel des *Data-Mining*-Prozesses ist es, Informationen aus einem Datensatz zu extrahieren und in eine verständliche Struktur für die spätere Verwendung zu transformieren. Das Ziel ist „die Erkennung von etwas Neuem“, von Zusammenhängen, die sich eben nur aus der Analyse großer Datenmengen ergeben. Man sucht nach unbekannten interessanten Mustern, wie z. B. Gruppen von Datensätzen („Clusteranalyse“), ungewöhnlichen Datensätzen („Anomalieerkennung“) und Abhängigkeiten („Assoziationsregeln“). Hochtrabend wird es auch als „Entdeckung von Wissen“ bezeichnet (*Knowledge Discovery*).

Nehmen wir als Beispiel die Anomalieerkennung, die Erkennung von „Ausreißern“. Ein Ausreißer ist ein Wert, der nicht in einen Datenbestand passt oder in anderer Weise nicht den Erwartungen entspricht. Ein Riese im Zwergenland, sozusagen. Die Beurteilung, ob es sich um einen Fehler handelt oder um einen echten Riesen, die bleibt meist der menschlichen Entscheidung vorbehalten. Mit solchen Analysen entdeckt man ungewöhnliche Geldbewegungen in Banken, merkwürdige Messwerte in Laboratorien oder Anzeichen von „ungerechten“ Vermögensverteilungen.

Ein zweites Beispiel ist die Clusteranalyse. Man kann sie sehr schön grafisch illustrieren (Abb. 3.1).

³²19th Industrial Conference on Data Mining, ICDM 2019 (<http://www.data-mining-forum.de/>).

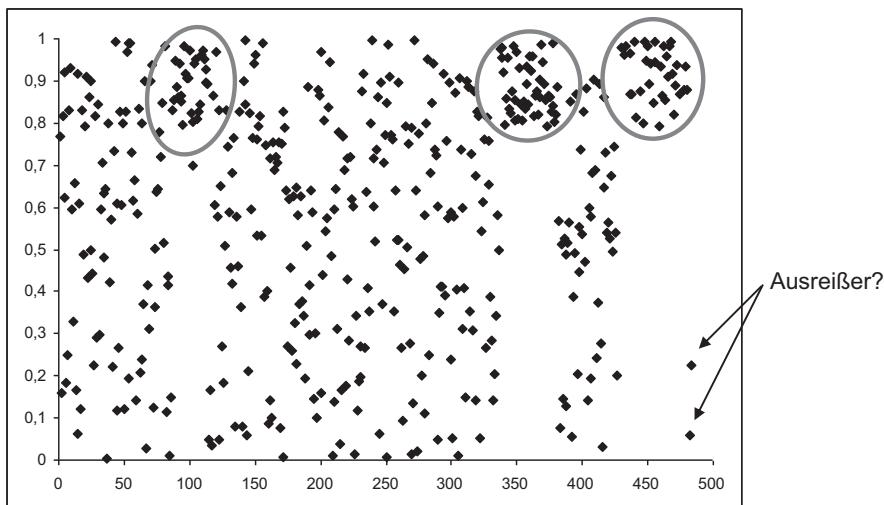


Abb. 3.1 Clusteranalyse zweier Variablen

Zwei Variable sind gegeneinander aufgetragen, eine im Wertebereich 0–500, die andere 0–1. Es sieht nach keinem Zusammenhang aus, eine rein zufällige Verteilung – bis auf drei verdächtige Cluster und zwei potenzielle Ausreißer. Die Interpretation dieses Ergebnisses ist wieder Sache der Fachleute, aber die Maschine hat sie entdeckt und grafisch dargestellt.

Machen Computer und Smartphones krank?

Neue Medien (wie überhaupt alles Neue) schrecken manche Menschen zuerst, da sie ihre Wirkung nicht einordnen können. Gut oder böse, Segen oder Fluch?³³ Ein Autor schreibt über sie: „Das ..., das sonst unter gewissen Volksklassen zu den Seltenheiten gehörte, ist jetzt ein so allgemein, und größtenteils so zweckwidrig, befriedigendes Bedürfnis, dass man nicht weiß, ob man einem großen Teil von Menschen noch anraten soll, ... zu lernen“. Nun raten Sie, was mit „...“ gemeint ist! Das Lesen von Büchern. Schlagwörter wie „Lesesucht“ und „Lesewut“ prägten die Zeit um 1790.³⁴

³³Das war schon 2012 bezüglich des Internets die Frage: Kathrin Passig, Sascha Lobo: „Internet: Segen oder Fluch“, Rowohlt, Berlin 2012.

³⁴(Leicht verfremdet) Karl Gottfried Bauer: „Über die Mittel, dem Geschlechtstrieb eine unschädliche Wirkung zu geben“, 1791, Crusius, Leipzig, S. 184. Zitiert nach Natascha Alexandra Hass: „Folgen der Lesesucht bei Frauen anhand von Flauberts ‚Madame Bovary‘“, GRIN Verlag München 2012 (<https://www.grin.com/document/209153>).

Heutzutage macht *Der Spiegel* die Frage vom richtigen Umgang mit der „Generation Smartphone“ im Heft 41/2018 zur Titelstory: „Mein Kind, sein Handy und ich“. Und Bill Gates hält seine Kinder digital kurz: „Während des Essens sind Handys verboten. Unsere Kinder mussten bis zum 14. Geburtstag auf das eigene Handy warten. Sie haben sich beschwert, dass ihre Mitschüler früher ein Mobiltelefon bekamen.“³⁵

Manfred Spitzer ist heute so etwas wie die „Kassandra der Digitalisierung“.³⁶ Er schreibt am Ende seines Buches:³⁷

„Warum wehrt sich niemand gegen die tägliche Verdummung? Als Psychiater halte ich nichts von Verschwörungstheorien, die einer bösen Macht die Absicht zuschreiben, durch die Verbreitung der digitalen Medien eine schlechende Demenz der Bevölkerung herbeiführen zu wollen, weil sie dann leichter zu beherrschen sei. Nein, ich glaube, die Sache ist viel einfacher. Es gibt viele Leute, die mit den digitalen Produkten sehr viel Geld verdienen und denen das Schicksal von Menschen, insbesondere von Kindern, egal ist.“

Sein Fazit:

„Meiden Sie die digitalen Medien. Sie machen tatsächlich dick, dumm, aggressiv, einsam, krank und unglücklich. Beschränken Sie bei Kindern die Dosis, denn dies ist das Einzige, was erwiesenermaßen einen positiven Effekt hat. Jeder Tag, den ein Kind ohne digitale Medien zugebracht hat, ist gewonnene Zeit. Für unsere gesamte Gesellschaft gilt: Wir haben nichts außer den Köpfen der nächsten Generation, wenn es um unseren Wohlstand und den Erhalt unserer Kultur geht. Hören wir auf, sie systematisch zu vermüllen!“

Haben wir nicht am Anfang dieses Kapitels ähnliche Warnungen gelesen?

Spitzer nimmt für seine Thesen in Anspruch, dass sie mit einer Vielzahl von Studien belegt sind, dass also die Fakten für die Schädlichkeit des Digitalkonsums sprechen. In einer Talkshow setzte er an:³⁸ „Studien zeigen

³⁵Christiane Heil: „Warum Silicon-Valley-Eltern ihre Kinder vom Smartphone fernhalten“ in FAZ.net vom 18.11.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/warum-eltern-im-silicon-valley-ihr-kinder-vom-smartphone-fernhalten-15894313.html>).

³⁶Kassandra ist in der griechischen Mythologie eine Priesterin mit der Gabe der Weissagung. Sie sah immer das Unheil („Kassandrarufe“) voraus, aber fand niemals Gehör.

³⁷Spitzer M (2014).

³⁸Aus dem Gedächtnis zitiert aus „Schulverweis fürs Handy – wie gefährlich sind Smartphones?“ in ARD *hartabefair*-Sendung am 10.09.2018 (Faktencheck auf <https://www1.wdr.de/daserste/hartabefair/faktencheck/faktencheck-282.html>).

... „Der Moderator geht dazwischen: „Sie haben ja für alles eine Studie!“ Spitzer: „Deswegen haben Sie mich ja eingeladen, um keine Stammtischmeinung zu hören!“ Unter anderem berichtet er, dass Absolventen mit Computer bei Prüfungen schlechter abschneiden als Absolventen ohne Computern und dass übermäßiger Mediengenuss das Bluthochdruck- und Diabetes-Risiko bei Kindern erhöht. In Südkorea, einem Land mit extrem hoher Nutzung digitaler Medien, erhöht sich die „Digitale Demenz“ als Nebeneffekt der häufigen Nutzung digitaler Geräte. Im Gegensatz zu früher müssen sich die Menschen heutzutage nicht mehr viel Mühe geben, sich die Dinge zu merken, da sie nur einen Knopfdruck von allen notwendigen Informationen entfernt sind. Alles, was sie tun müssen, ist, sie einfach im Netz zu suchen. Wann immer Menschen andere nach etwas fragen, werden sie sehr wahrscheinlich hören: „Schauen Sie doch ins Internet!“³⁹

Hilft „digitale Entgiftung“ (*Digital Detox*)? Vielleicht ist es ja das neue Statussymbol? Ein Handy haben, aber nicht benutzen.⁴⁰ Gegenstimmen weisen darauf hin, dass es die Abhängigkeit von sozialen Medien schon immer gab, nicht nur in der Form der „Lesesucht“. Und wann das Bedürfnis nach Kommunikation in der Gruppe zur „Sucht“ wird, ist durchaus umstritten.⁴¹

Mathematische Modelle bilden die Wirklichkeit ab

Die Algorithmen, die uns unbemerkt steuern, sind oft mathematische Modelle. Fragen wir wieder: Was sind mathematische Modelle? Und was ist Wirklichkeit? Da kann ich Ihnen natürlich eine witzige, aber zutreffende Definition von Philip K. Dick nicht vorenthalten, dem Autor von *Blade Runner*. Das passt ja auch gut zu unserem Thema, denn der Roman und der zugehörige Film handeln von *Cyborgs*, also Robotern, die von Menschen kaum oder gar nicht zu unterscheiden sind. Seine Definition von Wirklichkeit ist etwas winkelig, denn sie enthält eine doppelte Verneinung: „Wirklichkeit ist, was nicht verschwindet, wenn wir aufhören, daran zu glauben.“

³⁹Park Chung-a: „Digital Dementia Troubles Young Generation“ in *The Korea Times* vom 08.06.2007 (http://www.koreatimes.co.kr/www/news/nation/2007/06/117_4432.html).

⁴⁰Anna Eube: „Das neue Statussymbol? Handy haben, aber nicht benutzen“ in *Welt* vom 18.08.2018 (<https://www.welt.de/icon/partnerschaft/article181191438/Digital-Detox-Das-neue-Statussymbol-Handy-haben-aber-nicht-benutzen.html>).

⁴¹Christian Stöcker: „Soziale Medien – Bekenntnisse eines ehemaligen Zettelsüchtigen“ in *Spiegel online* vom 04.03.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/internet-abhaengigkeit-unter-jugendlichen-die-sucht-die-es-nicht-gibt-a-1196260.html>).

Im Zusammenhang mit mathematischen Modellen ist Wirklichkeit eine beobachtbare und messbare Größe, die einen wesentlichen Aspekt der realen Welt in Zahlen (*ein* Aspekt der Digitalisierung) ausdrückt.

Der Heimatverein auf dem Spielfeld der mathematischen Modelle ist die Physik. Dort lernen wir einfache physikalische Modelle schon in der Schule kennen, zum Beispiel den Zusammenhang der „Wirklichkeitsaspekte“ Kraft, Masse und Beschleunigung. Das sind die „Variablen“ des Modells. Es lässt sich mathematisch formulieren (und Mathematik ist ja nichts anderes als eine Art Kurzschrift für Klartext): $K = m \cdot b$. In Langschrift: Kraft ist gleich Masse mal Beschleunigung. Die Beschleunigung b ist die Geschwindigkeitsänderung pro Zeit, zum Beispiel 1 km/h pro Sekunde. Mit welcher Kraft muss also eine Lok ziehen, um einen Güterzug der Masse m (sagen wir 2000 Tonnen inklusive Lok) mit der oben genannten Beschleunigung b in Bewegung zu setzen? Das physikalische Modell sagt es uns. Und da es sich um eine mathematische Gleichung handelt, kann man sie auch umbauen: Aus $K = m \cdot b$ ergibt sich zum Beispiel $b = K/m$. Kennt man also noch die Kraft einer 90-Tonnen-Lok, dann kann man berechnen, ob sie wie ein Formel-1-Rennwagen oder nur wie ein alter 2CV beschleunigen kann. Genauso kann man modellieren, wie stark eine Rakete sein muss, um sich aus dem Gravitationsfeld der Erde zu befreien. Hier haben wir es schon mit mehr Variablen zu tun, denn mehrere Wirklichkeitsaspekte (Einflussgrößen der wirklichen Welt) spielen hier eine Rolle.

Die strengen Abhängigkeiten und die hervorragende Präzision der physikalischen Modelle verhalfen dieser Wissenschaft zu ihrem Siegeszug. Irgendwann sagten die Wirtschaftswissenschaftler: „Das können wir auch!“ Und sie bauten „ökonometrische Modelle“. Ökonometrie heißt wörtlich „Messung der Wirtschaft“. Allerdings war die Zahl der Einflussgrößen deutlich höher und ihre Messbarkeit oft geringer. An der Börse (dort waren es Finanzmodelle) waren Preis, Angebot und Nachfrage noch einfach zu bestimmen, aber Konjunkturklima, Investorenvertrauen und Verbraucherverhalten schon schwer quantifizierbare (also digitalisierbare) Größen. Und die Wirklichkeit und damit die Modelle sind komplexer. Anders als in der einfachen Physik: Der Apfel fällt nach unten. Immer und überall auf der Welt. Fertig. Volkswirtschaften oder Teile von ihr (z. B. die Finanzmärkte mit Dutzenden, ja Hunderten von Variablen) sind komplexe Systeme. Und komplexe Systeme neigen zu Instabilitäten, zu chaotischem Verhalten. Eine Bank (*Lehman Brothers* am 15. September 2008) geht über die Wupper, und das gesamte Finanzsystem droht zu kollabieren. Eine kleine Volkswirtschaft (Griechenland ab 2010, weniger als 2 % des Bruttoinlandsproduktes von

Europa) droht insolvent zu werden, und ganz Europa beginnt zu wackeln. Ein kleines Versehen oder ein glücklicher Zufall, und man hat einen Unfall oder ist Lottokönig. Ein schönes Beispiel aus jüngster Zeit: Zwei Tage Chaos am Münchner Flughafen, sieben Stunden das Terminal 2 gesperrt, über 330 ausgefallene Flüge, 32.000 betroffene Passagiere – weil die Flüssigkeiten im Handgepäck einer Unbekannten nicht ordnungsgemäß verpackt waren.⁴²

Durch die fortschreitende Digitalisierung haben die Modelle den Raum der mathematischen Gleichungen inzwischen verlassen. Sie sind aber auch ein Opfer der „Bonini-Paradoxie“ geworden, nach der ein Modell, je realistischer es wird, desto schwierig zu verstehen ist – so wie der reale Prozess, den das Modell repräsentiert. Mathematische Modelle sind in Algorithmen abgewandert, die nicht mehr Einflussgrößen aus *einzelnen* unsicheren Messpunkten ableiten (z. B. dem Verbraucherindex), sondern aus Massen von Einzeldaten, die nach statistischen Methoden zusammengedampft und eingekocht werden. Aber

„Natürlich sind die klassischen mathematischen Modelle komplexer Systeme deshalb nicht wertlos. Aber sie idealisieren die Komplexität, was ihren Nutzen stark einschränkt, wenn sie reales Verhalten erklären oder simulieren sollen. Trotzdem sind sie geeignet, einzelne Effekte im komplexen System anschaulich zu machen. [...] Doch einige mathematische Modelle sind an der Wirklichkeit gescheitert, darunter auch die Theorie vom rationalen Markt. Investoren, so lautete ihre Grundannahme, seien bei ihren Investmententscheidungen immer vernunftgetrieben. [...] Ein komplexes System, das immer auf der Kante zwischen Ordnung und Chaos balanciert, kommt dem Chaos immer wieder gefährlich nahe.“⁴³

Der Berechenbarkeit von Zusammenhängen sind oft enge Grenzen gesetzt. Im Weltall ist schon der Bahnverlauf dreier ähnlich schwerer Körper unter dem Einfluss ihrer gegenseitigen Anziehung nicht mehr analytisch lösbar. Denn der Einfluss von z. B. drei benachbarten Sternen aufeinander lässt nur näherungsweise Lösungen zu (das so genannte „Drei-Körper-Problem“) und kann zu chaotischen Bewegungen führen. Nun werden die mathematischen Modelle langsam durch Anwendungen der „künstlichen Intelligenz“ (KI) ersetzt – ein spannendes Thema, das wir im Abschn. 1.7 kennengelernt haben und in Abschn. 3.3 ausführlich behandeln werden.

⁴²Martin Bernstein, Kassian Stroh: „Chaos zum Ferienstart. Wie ein kleiner Vorfall den Münchner Flughafen lahmlegen konnte“ in *Süddeutsche Zeitung* vom 29.07.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/chaos-flughafen-muenchen-start-sommerferien-1.4074143>).

⁴³Hofstetter Y (2018) S. 204, 205 und 206.

Εὕρηκα!

Nein, das ist keine Programmiersprache mit seltsamen Zeichen wie APL, es ist der bekannte Ausruf „Heureka!“ des griechischen Mathematikers *Archimedes von Syrakus*, nachdem er in der Badewanne das nach ihm benannte „Archimedische Prinzip“ entdeckt hatte: „Ich hab's gefunden!“ Das war vor über 2200 Jahren. Vielleicht hat das auch in moderner Zeit so mancher Mathematiker gerufen, wenn er ein neues mathematisches Modell für einen komplexen Zusammenhang gefunden hat.

Das kann er sich nun sparen. Michael Schmidt von der *Cornell University* hat das überflüssig gemacht. Auch er beschäftigte sich mit „künstlicher Intelligenz“ und entwickelte ein System namens *Eureqa*. Er ersetzte das „k“ von *Archimedes* durch ein „q“, damit man an das Wort *equation* (Gleichung) denkt. Denn das ist es, was das Programm macht: Es bestimmt durch „intelligentes Probieren“ (Schmidt nennt es „evolutionäres Suchen“) die mathematische Formel, sich aus Tausenden von Messdaten ableiten lässt.

Nehmen wir als Beispiel die Bewegung des Endpunktes B eines Doppelpendels, also eines Pendels, das an einem Pendel hängt (Abb. 3.2). Der Endpunkt A des ersten Pendels beschreibt eine Kreisbahn, der des zweiten (B) eine wirre Kurve. Wenn Sie sich die chaotische Bewegung anschauen, dann fragen Sie sich: „Wie hat er das gemacht?“

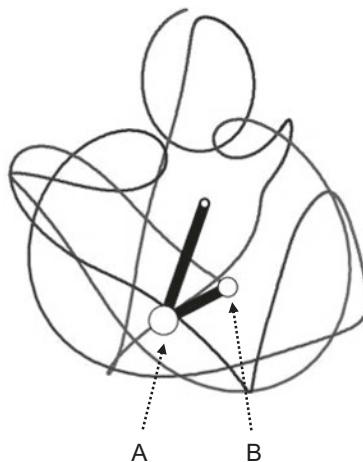


Abb. 3.2 Der chaotische Weg des Doppelpendels. (Screenshot einer Java-Simulation mit freundlicher Genehmigung von Thomas Ningelgen [<http://ningelgen.eu/Simulation/simulation.html>].)

Der Mathematiker beschreibt die Bewegung eines Punktes in einer Ebene mit zwei Größen: x für die horizontale und y für die vertikale Bewegung. Aus der Filmindustrie kannte Schmidt das „*Motion Capture*“-Verfahren („Bewegungserfassung“), bei dem die Spur eines Lämpchens an einem bewegten Punkt von einer Fotozelle erfasst und vom Computer in eine Folge von zwei Zahlenwerten umgewandelt wird. Pro Sekunde werden auf diese Weise viele Einzelwerte erfasst, und wenn er zig Versuche macht, bekommt er einen riesigen Haufen von Daten.

Nun kommt *Eureqa* ins Spiel. Es nimmt eine beliebige Gleichung (sagen wir $x^2 + y^2 = 1$, die einen Kreis und damit wenigstens den Weg des *einfachen* Pendels exakt beschreibt) und testet, ob die gemessenen x - y -Punkte dazu passen. Was sie aber nicht tun, denn der Weg des Endpunktes des zweiten Pendels ist alles andere als ein Kreis. Also verwirft *Eureqa* diese Gleichung und versucht es – „intelligent“ wie es ist – mit einer ähnlichen. Wenn die Annäherung dann besser ist, verfeinert es diese Gleichung weiter. Und was soll ich Ihnen sagen? Das System fand nach vielen Verbesserungen die Gleichung, die die Bewegung des Punktes B am besten beschreibt.

Nun beschränken sich die Fähigkeiten des Programms nicht auf physikalische Systeme. Alles, was in Messgrößen erfasst werden kann, kann *Eureqa* analysieren und die mathematische Formel, also das mathematische Modell bestimmen. Schmidt untersuchte mit einem Molekularbiophysiker an der *University of Texas* die Dynamik einer Bakterienzelle. Mit den Daten von verschiedenen biologischen Funktionen innerhalb der Zelle hat „der Computer etwas absolut Überwältigendes“ getan. „Wir fanden diese wirklich schöne, elegante Gleichung, die beschreibt, wie die Zelle funktioniert, und die für alle unsere neuen Experimente gilt“, sagt Schmidt. Es gab nur ein Problem: Die Menschen hatten keine Ahnung, warum die Gleichung funktionierte oder welches wissenschaftliche Grundprinzip sie abbildete. Es war, sagt Schmidt, als hätten sie ein Orakel konsultiert. Das führt zu neuen Rätseln, denn nun haben die Wissenschaftler Antworten, kennen aber die Fragen nicht.

Solche „Denkmaschinen“ stellen ein größeres Problem dar. Denn auf lange Sicht könnten sie menschliche Wissenschaftler arbeitslos machen. Sie können zwar dazu beitragen, die Welt positiv zu verändern, aber gleichzeitig können sie uns aber auch völlig verwirren. Weil wir nicht mehr verstehen, wie die Welt funktioniert, und weil wir den Computern glauben müssen. „Das kommt in einen zutiefst philosophischen Bereich, nämlich: Was ist Einsicht, was ist Verständnis? Ich denke, es ist eine subjektive Sache – Einsicht und Bedeutung repräsentieren eine Art Gefühl, eine Art Gefühl, dass man wirklich versteht, was vor sich geht. Dafür brauchst du immer noch Menschen“, sagt Schmidt, gibt aber zu, dass der Computer irgendwann

Gesetze entdecken könnte, die wir nicht mehr verstehen können. „Es wäre, als wollte man einem Hund Shakespeare erklären.“⁴⁴ Na gut, könnte man sagen, der Computer versteht sie ja auch nicht. Dabei stoßen wir nämlich auf das so wichtige Thema des Verstehens, allgemein des Bewusstseins, über das wir in Abschn. 3.4 gründlich nachdenken werden.

Es ist „Freie Software“ (engl. *open source*), also laden Sie es herunter und werden Sie berühmt! Ich habe es nicht getestet, aber ich bin sicher, dass es die Kurve in Abb. 1.30 korrekt als $y = \sin(x) + 4 \cdot \sin(2x) + 2 \cdot \sin(5x)$ analysiert hätte (ein Sinuston mit 2 stärkeren Oberschwingungen, so habe ich sie nämlich mit *Excel* hergestellt).

3.2 Die Spinne im Internet(z)

Jede Technik hat auch Schattenseiten und Gefahren. Wo lauern sie in der Digitalisierung und deren sichtbarstem Zeichen, dem Internet? Und wie umfangreich ist es überhaupt?

Im Mittelalter stritten sich die Scholastiker jahrelang darum, wie viele Engel auf einer Nadelspitze tanzen können. Heute wissen wir nicht genau, wie groß das Internet ist. Man schätzt, dass sich die Datenmenge bis zum Jahr 2020 voraussichtlich auf 40 Zettabytes vergrößern wird. Man schätzt auch, dass bis dahin 50 Mrd. Geräte mit dem Internet verbunden sind (das „Internet der Dinge“). „Zettabyte“, was ist das nun wieder? An Gigabyte, also 1000 Megabyte, haben wir uns ja inzwischen gewöhnt. Ein Zettabyte sind eintausend Milliarden, also 1000 mal 1000 mal 1000 mal 1000 Gigabytes. In Zahlen 1.000.000.000.000.000.000 Bytes (mathematisch: 10^{21}), eine 1 mit 21 Nullen. Das hört sich viel an, aber *wie* viel? Können wir uns das vorstellen? Vielleicht mit einem Vergleich, denn ein Byte entspricht ja einem Buchstaben. Wir nehmen Millimeterpapier und schreiben in jedes winzige Quadrat (1 mm^2) einen Buchstaben. Dann wäre das Papier eine Milliarde Quadratkilometer groß. Die gesamte Erdoberfläche (510 Mio. km^2) wäre knapp zweimal von einer Schicht Papier bedeckt.⁴⁵ Können wir uns *das*

⁴⁴Kenneth Chang: „Computers That Act Like Physicists“ in *The New York Times* vom 02.04.2009 (<https://www.nytimes.com/2009/04/07/science/07robot.html>), Farhad Manjoo: „Will Robots Steal Your Job?“ in *Slate* vom 30.09.2011 (http://www.slate.com/articles/technology/robot_invasion/2011/09/robot_invasion_can_computers_replace_scientists_.html) und Lin Edwards: „Eureqa, the robot scientist“ in *Phys.org* vom 07.12.2009 (<https://phys.org/news/2009-12-eureqa-robot-scientist-video.html>).

⁴⁵Quelle: „Wie groß ist das Internet?“ auf <http://live-counter.com/wie-gross-ist-das-internet/>.

vorstellen? Es scheint viel zu sein ... Aber die Zahl der Bytes bzw. Buchstaben im Internet entspricht gerade mal der Zahl der Moleküle in drei Hundertstel Gramm Wasser.

Die totale Vernetzung der Welt beginnt

Die Geschichte des Internets ist lang, und es führte jahrelang ein Schattendasein. Man kann sie nachlesen – im Internet.⁴⁶ Wie bei vielen technischen Innovationen begann es unauffällig und war nur der Fachwelt bekannt – und dann machte es „pling!“, und es war ein Massenphänomen. Die Anfänge, das ARPANET und „Tim“ Berners-Lee mit seinem Konzept vom *World Wide Web*, haben Sie ja schon in Abschn. 1.6 kennengelernt. Natürlich nützt uns das Netz (die Hardware) – wie immer in der IT-Welt – nichts. Was sollen wir mit einem HTML-Datenstrom? *Software* ist der Schlüssel zur Benutzung. Erst durch die *Browser* (die Internet-Anzeige-Programme auf dem Computer) wird HTML „verstanden“, d. h. korrekt umgesetzt. Ab 1992 gibt es sie, ebenso wie Suchmaschinen.

Im Zeitalter der Individualität vergessen wir oft, dass wir hauptsächlich soziale Wesen sind. Der Satz „Jeder gegen jeden“, diese falsche Interpretation des bekannten Gesetzes von Charles Darwin („*Survival of the fittest*“, auf Deutsch etwa „Überleben des Besten“), scheint der Motor der Evolution gewesen zu sein. Weit gefehlt! Es ist die Symbiose, die Vernetzung. Organismen leben mit anderen Organismen in Gemeinschaften zu gegenseitigem Nutzen. Im Wald gibt es ein „*Wood Wide Web*“ der Pilze im Erdboden, das die Bäume mit Nährstoffen versorgt und das von ihnen versorgt wird. Der Computer als Universalmaschine war ja schon eine weltumwälzende Erfindung, aber erst die Vernetzung hat der „Digitalisierungsrevolution“ den richtigen Schub gegeben. Sie stellt allen Informationen und Inhalten zur Verfügung – und saugt Informationen und Daten von ihnen ab.

Wir haben das *Tracking*, das Verfolgen der Aktivitäten der Benutzer, schon mehrmals erwähnt. Aber woher wissen die das? Speichern die Unternehmen alles in riesigen Datenbanken? Ja und nein. Denn sie haben noch eine fiesere Methode erfunden: Sie speichern die Daten nicht auf ihrem, sondern auf *Ihrem* Computer. Ein kleiner, aber feiner Unterschied – auf

⁴⁶Googeln Sie „Geschichte des Internets“ und finden Sie u. v. a. im Landesmedienzentrum Baden-Württemberg umfangreiche Informationen (<https://www.lmz-bw.de/medien-und-bildung/medienwissen/informatik-robotik/historisches/geschichte-des-internets/>).

Ihrem Computer sind sie schneller zu finden. Dort stecken sie in den „Keksen“, in *Cookies*. Sie sind natürlich auch für Sie nützlich, denn sie merken sich z. B. die Waren, die Sie vorgestern beim Shoppen in den Warenkorb gelegt haben. Im einfachsten Fall enthält es vielleicht nur den Namen der verwendeten Webseite („Meinshop“ in Textkasten 3.1).⁴⁷ Unter anderem werden *Cookies* natürlich verwendet, um die Benutzer gezielt mit Werbung zu versorgen – das „*Targeting*“.

```
Set-Cookie: TestCookie = 123456789; domain=http://meinshop.com/;
path=/shop/index.php; expires=Sat, 31-Dec-2016 20:30:42 GMT;.
```

Textkasten 3.1 Beispiel eines einfachen Cookies

Always Ultra für den Mann, Kombizange für die Frau?

Werbung sollte – so erträumen es sich die Werber – zielgruppenorientiert sein. Die Damenbinden-Werbung im Fernsehen kurz vor dem Fußballspiel verfehlt ihre Wirkung. Natürlich benutzt sie Rollenkischees, aber es macht keinen Sinn, sie zu leugnen. Zeige mir die Frau, die stundenlang mit glänzenden Augen durch den Baumarkt streift. Hier werden die feuchten Träume der Werber Wirklichkeit: ein Instrument, das die Interessen der Menschen unauffällig und perfekt erfasst, damit die Werbung genau auf ihre Vorlieben zielen kann. Dieses Instrument ist unser eigener Computer (und das Smartphone ist auch ein Computer). Wenn wir im Internet surfen, werden unsere Interessen lückenlos erfasst: welche Webseiten wir aufrufen, welche Suchbegriffe wir eingeben, welche Inhalte wir betrachten. Mehr noch: nicht die kleinteiligen Einzelheiten interessieren, sondern clevere Algorithmen fassen sie zu übergeordneten Begriffen zusammen. Wenn Sie beim Online-Buchhändler stundenlang nach Krimis suchen, vermutet man in ihnen keinen Liebhaber moderner Lyrik. Sie bekommen den Stempel „Krimifreund“, und Sie bekommen Bücher angeboten, die andere Krimifreunde auch interessiert haben.

Wie funktioniert das? Es sind im Wesentlichen Regeln wie in den Expertensystemen: IF Mensch (x) THEN Homo (x). Sie laufen über mehrere Stufen der Abstraktion, denn wenn Sie sich für Krimis interessieren und

⁴⁷Nils C. Haag (Intersoft Consulting Services AG): „Cookies – Funktion und Aufbau einfach erklärt“ und „Cookies und Datenschutz“ in *Informationen zum Datenschutz* vom 16.09.2016 (<https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/cookies-funktion-und-aufbau-einfach-erklärt/> und <https://www.datenschutzbeauftragter-info.de/fachbeitraege/cookies-und-datenschutz/>).

vielleicht auch für moderne Lyrik, dann sind sie sicher generell ein „Bücherfreund“. Der Algorithmus macht also das, was der Datenmodellierer (siehe Abschn. 2.3) „Klassenbildung“ genannt hat, er erzeugt eine Klassenhierarchie.

Was ist an sozialen Netzwerken sozial?

Das Internet ist ein soziales Medium, so heißt es. Das *Role Model* (engl. „Vorbild“) dafür ist *Facebook*. Es ist inzwischen so bekannt, dass sich eine Beschreibung erübrigts.⁴⁸ Ein Medium ist ein Vermittlungsinstrument, das Informationen oder Wirkungen überträgt, als soziales Medium ursprünglich zwischen Wissenden und Unwissenden. Geschichten, die in der kulturellen Evolution weitergegeben wurden. „Sozial“ nennt man den positiven Bezug auf eine oder mehrere andere Personen. Soziale Medien sind manchmal nur Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Unwissenden ohne die Klasse der Wissenden, der Informationsmonopolisten. Vom Mann auf der Straße zu seinesgleichen – die „Wir sind das Volk“-Ebene. Die Stummen bekommen eine Stimme, die Unbeachteten bekommen Beachtung – ja, sogar die Vorstufe der Liebe: Sie werden *geliked*, also gemocht.

Nobody cares (niemand kümmert sich) – das scheint ein wachsendes gesellschaftliches Gefühl zu sein. Menschen ziehen in Städte, wo sie ver einzeln. Familienverbände zerfallen. Das Individuum ist im Dschungel der Nicht-Zuständigkeiten machtlos. Kümmerer-Parteien, die scheinbar wieder auf die Bürger zugehen, gewinnen an Bedeutung. Selbst wenn wenige Menschen politische Gestaltungsmöglichkeiten haben, kommen sie bis auf wenige „Leuchttürme“ aus ihrer Rädchen-Funktion nicht heraus. Politikverdrossenheit entsteht aus dem Gefühl der Hilflosigkeit angesichts der wachsenden Verschmelzung von politischen, industriellen und anderen Einflüssen. „Wir sind das Volk!“, schreien sie verzweifelt und versuchen kollektiv, ihre Individualität durch Tattoos hervorzuheben, wie es alle tun. Sie bloggen, posten, kommentieren, bewerten, teilen, retweeten – wie es alle tun. Die neue Individualität ist, das zu tun, was alle tun. Und alle tun, was die *Role Models*, die berühmten Vorbilder – *Influencer* genannt – tun.

Facebook wurde im Jahr 2003 von dem Harvardstudenten Mark Zuckerberg gegründet, ursprünglich um Mädchen aufzureißen. Doch dann erkannte man seine explosive Kraft. Ich stelle mir gerade folgenden Dialog in einer Teamkonferenz vor (Textkasten 3.2).

⁴⁸Wenn nicht, dann lesen Sie auf <https://de.wikipedia.org/wiki/Facebook> nach.

Techniker: „Ich kann jetzt mit meinen neuen Freunden aus dem Australienurlaub kommunizieren.“

Soziologe: „Damit können die Leute soziale Netze aufbauen. Das ist ja die Stärke des Menschen als Rudeltier. Die Gemeinschaft stärkt das Individuum und das Individuum stärkt die Gemeinschaft.“

Psychologe: „Selbstdarstellung, super! Jeder kann den anderen zeigen, wie viele Freunde er hat. Wie beliebt er ist. Mach doch noch einen ‚Gefällt mir‘-Button dazu.“

Eigentümer: „Und dafür stellen wir euch die teuren Server hin?“

Ökonom: „Na klar! Wir verdienen uns dumm und dämlich damit. Wir erfassen ihre Daten und Interessen und verkaufen sie an Firmen, die bei uns individualisierte Werbung schalten können. Mit diesem Geschäftsmodell schütten uns die Risikokapitalgeber mit Dollars zu, selbst wenn wir jahrelang keinen Gewinn machen.“

Chor: „Okay, let's do it!“

Textkasten 3.2 Erfundener Dialog in einer Teamkonferenz

Bei mehr als 300 Mio. hochgeladenen Fotos jeden Tag und 2 Mrd. monatlich aktiven Nutzern ist *Facebook* das größte soziale Netzwerk weltweit (Abb. 3.3). Es ist allerdings ein Monopolist – im Unterschied zu 1000 möglichen Netzen mit je 2 Mio. Nutzern. In Deutschland waren es im September 2017 um die 31 Millionen. Nutzer generieren weltweit in jeder Minute 4 Mio. *Likes*, und im Durchschnitt verbringt jeder Nutzer 20 min pro Tag auf *Facebook*.⁴⁹

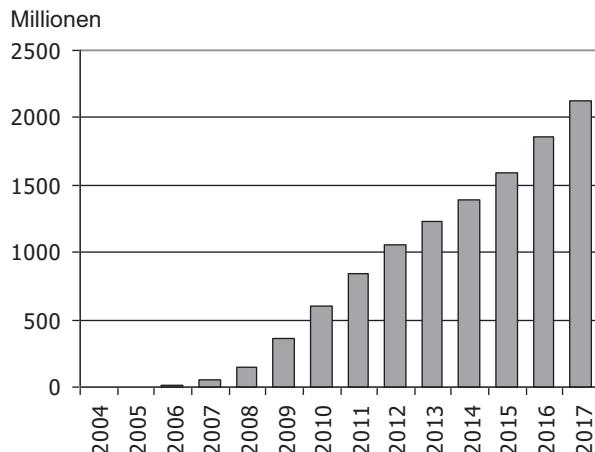


Abb. 3.3 Zahl der Facebook-Nutzer ab 2004 bis 2017 in Millionen

⁴⁹„40 Spannende Facebook-Statistiken für's Marketing“ auf *Talkwalker* vom 18.07.2017 (<https://www.talkwalker.com/de/blog/40-spannende-facebook-statistiken>) und <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/181086/umfrage/die-weltweit-groessten-social-networks-nach-anzahl-der-user/>.

Es gehört natürlich zur Verantwortung des Unternehmens, „unangemessene“ Inhalte nicht zu dulden. Deswegen sitzt ein junger Mann vor seinem Bildschirm und löscht das Foto eines neunjährigen nackten Mädchens. Nacktheit ist verboten, das steht in seinem hundertseitigen Handbuch. Er ist ein *Content Moderator*, ein Moderator für den Inhalt. Er hat nicht lange überlegt und er durfte es auch nicht. 5 Sekunden reichten, mussten reichen. Er muss Tausende Fotos pro Tag überprüfen. Denn er ist ein *Cleaner*, ein „Reiniger“, ein Müllarbeiter der Digitalisierung. Es war aber das berühmte Vietnam-Foto, für das Nick Ut den Pulitzer-Preis bekam.⁵⁰ Die *Cleaner* können jedoch nicht lange nachdenken, ob es zeitgeschichtliche Dokumentation, Kunst, Satire oder Pornografie ist. Sie verfügen über keinerlei oder nur minimales Hintergrundwissen über die Länder, Organisationen oder Sachgebiete, für die sie zuständig sind. Kleinigkeiten von Donald Trump verschwinden ebenso wie Dokumentationen von Grausamkeiten des „IS“, die die NGOs (*Non-Governmental Organization*, Nichtregierungsorganisation) so dringend für ihre Arbeit brauchen.⁵¹ Ein Algorithmus hat schon vorsortiert: Blut, Enthauptungen, primäre Geschlechtsteile wurden gekennzeichnet. Schätzungen zufolge arbeiten weltweit bis zu 100.000 Menschen daran, Beiträge auf *Facebook* oder in anderen sozialen Netzwerken zu löschen, die von anderen Nutzern als unzulässig gemeldet werden. Bei geheimnisvollen Subunternehmern, viele davon auf den Philippinen. Junge Leute, die für einen Dollar am Tag arbeiten. Psychologischen Beistand nach der täglichen Bilderflut von Monstrositäten bekommen sie nicht. Einige unter ihnen beenden Selbstmord.⁵² *Cleaner* für *YouTube* mussten auch schon Selbstmorde in Echtzeitübertragungen (engl. *Live-Streaming*) mitansehen und konnten nicht eingreifen.

In Deutschland arbeiten in unscheinbaren Büros in Berlin 600 Leute unter Ausschluss der Öffentlichkeit an Löschungen. Sie dürfen über den psychisch belastenden Arbeitsalltag und die Lösch-Regeln nicht sprechen.

⁵⁰Daniel García Marco: „Vor 44 Jahren: Das Napalm-Mädchen von Vietnam“ auf *Heise online* vom 08.06.2016 (<https://www.heise.de/foto/meldung/Vor-44-Jahren-Das-Napalm-Maedchen-von-Vietnam-3230957.html>).

⁵¹Chip Franklin: „The Washington Post and Trump’s Small Hands“ auf *Inside the Beltway* vom 10.12.2017 (<http://insidethebeltway.com/trump/the-washington-post-and-trumps-small-penis/>).

⁵²Oliver Kaever: „Die Opfer des Bildergemetzels“ in *Zeit online* vom 15. Mai 2018 (<https://www.zeit.de/kultur/film/2018-05/the-cleaners-dokumentation-facebook>). „The Cleaners“, Film von Hans Block und Moritz Rieseweck, Erstaufführung am 17.05.2018.

Sie müssen etwa 5000 Beiträge pro Tag prüfen.⁵³ Inzwischen ist ja am 1. Oktober 2017 das Netzwerkdurchsetzungsgesetz (NetzDG) – oft auch „Facebook-Gesetz“ genannt – in Kraft getreten. Das Gesetz soll Anbieter sozialer Netzwerke dazu bringen, „offenkundig strafbare Inhalte“ nach spätestens 24 h zu löschen, wenn sie davon Kenntnis haben. Dadurch haben die NGOs kaum eine Chance, Kriegsverbrechen zu dokumentieren – ein unauflöslicher Widerspruch.

Facebook oder Fakebook? Ich sage dir, was dich interessiert

Wer fällt Ihnen ein, wenn Sie das Wort „Medienmogul“ hören? Vielleicht Axel Springer, Rupert Murdoch oder der legendäre William Randolph Hearst. Aber sicher nicht Adam Mosseri, *Vice President of Product for News Feed*. Denn *Facebook* hat sich von einem Portal für Nachrichten unter Freunden gewandelt zu einem Portal für Nachrichten von ... ja, von wem? Von Mosseri? Von Agenturen oder anderen Quellen? Von Algorithmen? *Newsfeed*, das individuelle Nachrichten-Futter für den Nutzer, wird von Algorithmen gesteuert. Ein Analytiker, selbst Medien-Fachmann, erklärt:⁵⁴ „*Facebook* muss abschätzen können, welche Geschichten für den jeweiligen Nutzer relevant sind. Das entscheidet, wie attraktiv die Nutzer *Facebook* finden, wie viel Zeit sie also auf der Plattform verbringen.“ Er berichtet: „Adam Mosseri hat in seinem Vortrag den *Newsfeed* mit einer Essensbestellung verglichen und in vier Punkten erklärt, wie der Algorithmus funktioniert.“ Zu diesen 4 Punkten, aus denen der so genannte *Relevance Score* errechnet wird, gehört u. a. die Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzer es mit einem *Like* versieht, kommentiert oder teilt. Oder die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen „Klickköder“ (engl. *clickbait*) handelt (die beliebten Katzen-videos), aber auch die Wahrscheinlichkeit, dass der Beitrag Nacktheit (engl. *nudity*) enthält. Über weitere der zig Parameter des Algorithmus wurde nicht berichtet – man kann davon ausgehen, dass es Hunderte sind.

⁵³Till Krause und Hannes Grassegger: „Inside Facebook“ auf sueddeutsche.de vom 15.12.2016 (<http://www.sueddeutsche.de/digital/exklusive-sz-magazin-recherche-inside-facebook-1.3297138>).

⁵⁴Mit freundlicher Genehmigung von Andreas Rickmann: „Wie Newsfeed-Chef Adam Mosseri in nur vier Folien den Algorithmus von Facebook erklärt“ in MEEDIA vom 24.04.2017 (<http://media.de/2017/04/24/wie-newsfeed-chef-adam-mosseri-in-nur-vier-folien-den-algorithmus-von-facebook-erklärt/>).

Dadurch wird das Netz zu einer Bestätigungsmaschine – man findet Bestätigung und Unterstützung für eine Meinung, die man ohnehin schon hat. Metzinger nennt das „Dogmatismus“: „Dogmatismus ist die These: ‚Es ist legitim, an einer Überzeugung festzuhalten, einfach weil man sie schon hat.‘ Fideismus nennt man in der Philosophie die Idee, dass es völlig legitim ist, an einer Überzeugung auch dann festzuhalten, wenn es keine guten Gründe oder Evidenzen für sie gibt, sogar angesichts überzeugender Gegenargumente.“ Man kann „den Fideismus als die Verweigerung jeder ethischen Einstellung zum inneren Handeln überhaupt beschreiben“.⁵⁵ Diese intellektuelle Wolke der eigenen Überzeugungen, die durch die auf eben diese Überzeugungen zugeschnittenen Informationen noch verstärkt wird, wird inzwischen als „Echokammer“ oder „Filterblase“ bezeichnet. Algorithmen zur Verstärkung dieser selektiven Auswahl leisten diesen Effekten Vorschub. Und es besteht ein Unterschied zum Stammtisch in Altötting, wo im Prinzip das Gleiche passiert. Denn mehr ist anders. Durch die sozialen Medien wird die Mini-Echokammer von 12 Gleichgesinnten auf 1200 oder 12.000 ausgedehnt. Sie überschreitet dabei oft die Reichweite traditioneller Nachrichtenmedien, bei denen Nachrichten überprüft und von persönlichen Meinungen deutlich abgegrenzt werden. *Facebook* versteckt sich hinter der Behauptung, es sei ein reines Technologieunternehmen, nur eine Plattform. Es wird aber von Millionen, wenn nicht Milliarden von Menschen als Nachrichtenquelle genutzt. Im Jahr 2017 nutzten 45 % der US-Amerikanerinnen und Amerikaner *Facebook* als Nachrichtenseite, und wiederum 50 % dieser Gruppe nutzen *Facebook* als *einige* Nachrichtenquelle.⁵⁶ Es ist somit ein Medienunternehmen, eine Nachrichtenplattform, deren Inhalte in keiner Weise reguliert sind. Und nach amerikanischem Recht sind Internetanbieter von jeglicher Haftung ausgenommen. Der Historiker Niall Ferguson sagt, „dass *Facebook* durch seinen Newsfeed der mit Abstand größte Herausgeber von Nachrichten in der Geschichte der USA ist. Das ist desaströs für den Fortbestand der westlichen Demokratie.“⁵⁷ Der Nutzer wird zum sauber definierten Ziel von (im Wortsinn) Meinungsmache, die sowieso schon seinem

⁵⁵Thomas Metzinger: „Spiritualität und intellektuelle Redlichkeit“, Vortrag an der Uni Mainz im Januar 2013, S. 16 (http://www.philosophie.uni-mainz.de/Dateien/Metzinger_SIR_2013.pdf).

⁵⁶Christopher Lauer: „Warum Facebook verstaatlicht werden muss“ in *Der Tagesspiegel* vom 24.03.2018 (<https://www.tagesspiegel.de/politik/christopher-lauer-warum-facebook-verstaatlicht-werden-muss/21111108.html>) – um nur einen der zahlreichen Belege zu zitieren.

⁵⁷John F. Jungclaussen: „Facebook zerstört die Demokratie“ in *Zeit online* vom 19.12.2017 (<https://www.zeit.de/2017/53/soziale-netzwerke-facebook-macht-niall-ferguson-historiker>).

Weltbild entspricht – deswegen nennt man das auch *Targeting* (engl. *target* „Ziel“), das Ansprechen bestimmter Zielgruppen. Dabei geht es nicht – „nur“, hätte ich beinahe geschrieben – um gezielte Produktwerbung, es geht um *Mikrotargeting*, eine Kommunikationsstrategie – vor allem im Bereich der politischen Kommunikation. Durch systematische, wissenschaftliche und statistische Analysen wird die Bevölkerung in einzelne demografische, religiöse, politische und viele weitere Zielgruppen eingeteilt. Das dient der Beeinflussung des Wahlverhaltens, unter anderem.

Jetzt hätten wir beinahe die Frage übergangen, was denn eine „Nachricht“ (engl. *news*) ist. Wir interpretieren sie in unserem gewohnten Umfeld als eine neue (zutreffende) Information über einen (tatsächlichen) Sachverhalt, über Fakten. Eine vorgeblieche Nachricht (*fake news*), die keine ist, bezeichnen wir in unserem gewohnten Umfeld als Lüge. Oder neuerdings als „alternative Fakten“ (engl. *alternative facts*), wie es Kellyanne Conway, die Beraterin des US-Präsidenten, im Januar 2017 so blumig nannte. Sie existieren nicht erst seitdem, denn es gab sie unter anderem Namen schon immer, ob in antiken Sagen oder in der „*Yellow Press*“. *Fake News* sind nicht nur bewusste Lügen, sondern sie entstehen oft durch Gedankenlosigkeit (im wahrsten Sinn des Wortes) nach dem Motto „Eine starke Behauptung ist besser als ein schwacher Beweis“ oder „Was kümmern mich die Fakten, ich habe doch schon eine Meinung“.

Das „demokratische“ Netz lässt jede Meinung zu, aber dürfen neben Wahrheiten auch Lügen (die *Fake News*) gleichberechtigt präsentiert werden? Ihr massenhaftes und wie selbstverständliches Auftreten birgt eine Gefahr. Sie scheint keine Ausnahme mehr zu sein, die es zu entlarven und anzuprangern gilt. Es geht nicht darum, die Welt zu beschreiben, wie sie *ist* – Ziel ist es, eine fiktive Welt mit neuen Erzählungen zu erschaffen. Oder die reale Welt so in Nebel zu hüllen, dass alle Möglichkeiten gleich wahrscheinlich werden und die Menschen die Orientierung – vor allem die politische – verlieren. Die Publizistin Hannah Arendt sagte in einem Interview schon 1974: „Wenn jeder dich immerzu anlügt, dann ist die Folge nicht, dass du die Lügen glaubst, sondern vielmehr, dass keiner mehr irgendetwas glaubt. Mit einem solchen Volk kannst du dann tun, was dir gefällt.“⁵⁸ So ist das soziale Netzwerk Facebook „zu einer Gefahr für die Demokratie

⁵⁸Zitiert nach Kai Strittmatter: „Die Neuerfindung der Diktatur: Wie China den digitalen Überwachungsstaat aufbaut und uns damit herausfordert“, Piper, München 2018, S. 21.

geworden“.⁵⁹ Denn in den sozialen Medien ist alles schwarz oder weiß, aber die Realität hat 50 Schattierungen von Grau (*Fifty Shades of Grey* sozusagen). Wahrheit ist so komplex, dass sie nicht in 140 (ab 2017 das Doppelte) Twitter-Zeichen passt. Zu den Gefahren zählt auch die Zunahme der aggressiven Hasskommentare (engl. *hate speech*). Nach einer *forsa*-Umfrage geben zwei Drittel der Befragten in Deutschland an, schon einmal *Hate Speech* bzw. Hasskommentare im Internet gesehen zu haben.⁶⁰ Und von hasserfüllter Rhetorik über gewaltsames Denken zu realen Paketbomben führt eine gerade Straße. Das ist zumindest die Meinung einer renommierten Wirtschaftszeitung.⁶¹ So arbeiten „Rechte Trolle gegen die Zivilgesellschaft“, denn der „digitale Hass auf die offene Gesellschaft ist organisiert und verfolgt ein Ziel“. NGOs engagieren sich dagegen.⁶²

Der Fachbuchautor für IT-Themen Jörg Schieb nennt deswegen die sozialen Netzwerke „*asoziale Netzwerke*“. Facebook habe das Internet „in etwas Böses verwandelt“, meint auch der Internetpionier Jaron Lanier.⁶³ Auch der Internet-Experte Sascha Lobo bezeichnet Debatten in sozialen Netzen als „brutale Hetzjagden“, sieht in ihnen aber auch eine Korrekturfunktion:⁶⁴

Genau dieser vielfältige und sehr oft über das Ziel hinausschießende, öffentliche Widerspruch ist der Schlüssel zum Verständnis der Immunsystem-Funktion: Durch soziale Medien lässt sich öffentlicher Druck erzeugen. So einfach erklärt sich der große Vorteil der sozialen Medien in einer liberalen Gesellschaft. Was als „Shitstorm“ die fäkale Zumutung schon im Namen trägt, ist in Wahrheit sehr vielgestaltig, nämlich manchmal eine Hetzjagd, manchmal

⁵⁹Thomas Schulz: „Außer Kontrolle“ in *Der Spiegel* 13/2018 vom 24.03.2018 S. 13 (<https://www.pocketstory.com/der-spiegel/ausser-kontrolle>).

⁶⁰„Hate Speech“, Umfrage der Landesanstalt für Medien NRW (LfM) 04.–09.05.2017 (https://www.medienanstalt-nrw.de/fileadmin/user_upload/lfm-nrw/Service/Pressemitteilungen/Dokumente/2017/Ergebnisbericht_Hate-Speech_forsa-Mai-2017.pdf).

⁶¹Marc Pitzke: „Trumps USA – die hasserfüllten Staaten von Amerika“ in *Manager Magazin* vom 25.10.2018 (<http://www.manager-magazin.de/politik/artikel/donald-trump-warum-er-mitverantwortlich-fuer-die-paketbomben-ist-a-1235045.html>).

⁶²Gerald Hensel: „Organisierter Massenhass: Die AfD macht jetzt Hausbesuche bei missliebigen Satirikern“ auf *Fearlessdemocracy* vom 18.09.2018 (<https://fearlessdemocracy.org/schleky-silberstein-afd-massenhass/>).

⁶³Katharina Koser: „Kritik an sozialem Netzwerk“ in *FAZ.net* vom 03.08.2018 (<https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/jaron-lanier-kritisiert-mark-zuckerberg-deutlich-15720190.html>).

⁶⁴Sascha Lobo: „Diese Art der Empörung ist wichtig“ in *Spiegel online* vom 18.04.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/mdr-tweet-die-wichtigkeit-oeffentlicher-empoerung-a-1203222.html>).

ein berechtigter Empörungssturm und nicht selten beides in schwierig entwirrbarer Mischung. [...] In einer Demokratie sind öffentliche Empörung, öffentlicher Druck ein wichtiges Korrektiv.

Es ist wohltuend, so auch einmal die Kehrseite einer Medaille beleuchtet zu sehen. So wertvoll warnende Stimmen auch sind, so wichtig ist es, nicht in ein Extrem abzukippen. Zweifellos bieten die sozialen Netzwerke nicht nur „Brot und Spiele“ für dumpfe konsum- und selbstsüchtige Massen, sondern sie haben auch bedeutende Funktionen in einer liberalen demokratischen Gesellschaft (deren Gegenpol Sie in Abschn. 3.7 kennenlernen werden). Und *Fake News* bekämpft man am besten durch professionellen „digitalen Journalismus“.⁶⁵ Allerdings sagt der US-Wissenschaftshistoriker Michael Shermer im Interview: „In der heutigen Informationsflut wird es immer schwieriger, Wahrheit von Lüge zu unterscheiden. Weil wir Menschen uns stärker mit ideologischen oder moralischen Vorstellungen identifizieren als mit Fakten.“⁶⁶

Influencer – so werden Sie prominent, reich und beliebt

Gleichwohl müssen wir hier wieder einen Blick auf die Auswüchse des Netzes richten. Kylie Jenner ist jetzt 21 Jahre alt und schon Milliardärin.⁶⁷ Die jüngste Tochter des Kardashian-Jenner-Clans, der vor mehr als zehn Jahren für seine bloße Existenz berühmt wurde, hat 112 Mio. Instagram-„Follower“, die sich selbst möglicherweise nur für Zuschauer und Bewunderer halten, aber eigentlich Kunden sind.⁶⁸ Während Kim Kardashian für ihren Hintern berühmt wurde, gelang das Kylie Jenner mit ihrem Mund. Sind ihre Lippen aufgespritzt oder bloß geschickt geschminkt? Kylies öffentliche Schmink-

⁶⁵Barbara Hans: „Fünf Thesen zum digitalen Journalismus“ in *Spiegel online* vom 16.08.2017 (<http://www.spiegel.de/extra/fuenf-thesen-zum-digitalen-journalismus-was-wir-von-verschwoerungstheoretikern-lernen-koennen-a-1162050.html>).

⁶⁶Santina Russo: „Wir begegnen kaum mehr anderen Meinungen“ auf *higgs* vom 05.06.2018 (<https://www.higgs.ch/wir-begegnen-kaum-mehr-anderen-meinungen/9658/>).

⁶⁷Rabea Weihser: „Keeping up with Nichts“ in *Die Zeit* vom 10.08.2018 (<https://www.zeit.de/kultur/2018-08/kylie-jenner-milliardärin-geburtstag>). Per März 2019 ist sie auf Platz 2057 die jüngste auf der Forbes-Liste (<https://www.forbes.com/billionaires/#790cf251c71d>).

⁶⁸Instagram, eine Facebook-Tochter, ist ein „digitaler Fotodienst“, ein soziales Netzwerk zum Teilen von Nachrichten, Fotos und Videos. Es wurde 2012 zum Preis von einer Milliarde Dollar (760 Mio. €) gekauft. Zu diesem Zeitpunkt hatte Instagram zwölf Mitarbeiter.

tipps brachten ihr satte Werbeprämien großer Make-up-Firmen. Doch im Jahr 2015 gründete sie *Kylie Cosmetics*, und die erste Auflage ihrer Produkte war binnen einer Minute ausverkauft. Inzwischen ist das Unternehmen laut Forbes 800 Mio. US\$ wert.

Um unsere Jugend brauchen wir uns keine Sorgen zu machen. Sie haben begriffen, die *digital natives*. Sie präsentieren sich auf *YouTube* und zappeln und hampeln für ihr junges Publikum herum. Mark Fischbach aka „Markiplier“ scheffelte mit seinem *YouTube*-Kanal in einem Jahr 17,5 Mio. US\$. Er spielt Videospiele auf seiner PS4-Playstation und Millionen schauen ihm zu. Ein anderer mit 17 Mio. *Followern* und 22 Mio. US\$ Gewinn in einem Jahr ist der gegenwärtige Rekordhalter. Er heißt Ryan und testet Spielzeug. Ryan ist 7 Jahre alt. Ja, Sie haben richtig gelesen.⁶⁹

An ihnen erkennt man auch die goldene Erfolgsregel: Um prominent, reich und beliebt zu werden, sollten Sie prominent, reich und beliebt sein. Nein, ich nehme Sie nicht auf den Arm. Es ist ein Rückkopplungseffekt: der schon erwähnte „Matthäus-Effekt“. Es steigen natürlich gelegentlich auch Unbekannte in die Höhen des Olymps auf. Der Reggae-Künstler Desmond Dekker singt „*You Can Get It If You Really Want*“ und alle glauben ihm, münzen es zur Lebensweisheit um: „Du kannst alles, wenn du nur wirklich willst!“ Ohne diese verengte Wahrnehmung, ohne diesen Glauben, ohne dieses Selbstvertrauen wäre Erfolg auch nicht möglich. Aber das Wollen ist nur eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung (die die Logik so fein unterscheidet) für den Erfolg. Man nennt es auch „selektive Wahrnehmung“, das Starren auf die Erfolgreichen. Jeder glaubt, ein Bill Gates werden zu können und sieht nicht die Tausende gescheiterter Garagen-Unternehmer. Wie der Dichter sagt: „Und man sieht die im Lichte, // Die im Dunkeln sieht man nicht.“⁷⁰ Hierhin gehört auch die Weltumsegler-Weisheit: „100.000 träumen davon, 1.000 fahren los, 10 kommen an“. Aus dem Erfolg der Erfolgreichen ein Erfolgsrezept ableiten zu wollen, ist ziemlich gefährlich, da er vielleicht vom Zufall bestimmt wurde. Oder von den Eingangsbedingungen, siehe Kylie Jenner.

⁶⁹Natalie Robehmed, Madeline Berg: „Highest-Paid YouTube Stars 2018“ auf *Forbes* vom 03.12.2018 (<https://www.forbes.com/sites/natalierobehmed/2018/12/03/highest-paid-youtube-stars-2018-markiplier-jake-paul-pewdiepie-and-more/>) und „Der bestverdienende YouTuber ist sieben Jahre alt“ in *Spiegel online* vom 04.12.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/forbes-ranking-zu-youtube-ryan-7-liegt-mit-toysreview-an-der-spitze-a-1241777.html>). Zur Erinnerung für Nicht-Jugendliche: aka heißt *also known as* („auch bekannt als“).

⁷⁰Epilog der „Dreigroschenoper“: Theaterstück von Bertolt Brecht mit Musik von Kurt Weill (Uraufführung 31.08.1928 in Berlin).

Ähnlich soll ja auch die Evolution abgelaufen sein: Über 99 % aller jemals vorhandenen Arten sind angeblich wieder (selbst ohne Zutun des Menschen) ausgestorben, vom Dodo bis zum Riesenalk.⁷¹

Evolutionsbiologen haben einen der wesentlichen Erfolgsfaktoren für die Entwicklung der menschlichen Spezies identifiziert: unsere Organisation und Zusammenarbeit in kleinen Gruppen, z. B. den Familien. Deswegen sind z. B. arabische Familienclans so erfolgreich.⁷² Früher hieß es lapidar: „Der Mensch ist ein Herdentier.“ Soziologen sagen, dass der Verlust der Familienbindung, der Gruppenzugehörigkeit, der dörflichen Gemeinschaft, ja des Nationalstaates in modernen Gesellschaften zum Verlust von Anerkennung führt. Kommt daher die Sucht nach *Likes* und der Wunsch, durch Forenbeiträge, Hotelbeurteilungen und viele andere Äußerungen Gehör, Beachtung und Anerkennung zu finden?

Yvonne Hofstetter beschäftigt sich mit den gesellschaftlichen und technischen Folgen der Digitalisierung. Sie schreibt: „In komplexen sozialen Systemen tritt eine Meinung oder ein Verhalten immer unter der Voraussetzung von Interaktion auf. Was eine Person in einem sozialen System fühlt, denkt oder glaubt, hängt in hohem Maße davon ab, was ihre nächsten Sozialkontakte denken oder tun. Deren Verhalten wird üblicherweise kopiert. Wer den Normen seiner Familie, seiner Nachbarn und seiner Freunde folgt, kann sich getrost auf den Herdentrieb, eine Art Schwarmverhalten, berufen.“⁷³ Andere Beobachter fragen: „Ist Konsum ein sinnvolles Lebensziel?“ Für Millionen junge Menschen schon: Sie folgen Influencern, die hemmungslos Produkte bewerben. Viele haben noch nicht ansatzweise begriffen, was in der medialen Umwelt von Menschen die, sagen wir mal, unter 25 sind, gerade passiert.⁷⁴ Und natürlich gibt es auch „Gehorsamkeits- und Erziehungsfluencer“, eine Art „digitale Jugendweihe“.⁷⁵

Eine Vielzahl von Merkmalen breitet sich im sozialen Netz von Mensch zu Mensch aus, von der politischen Einstellung bis zur Fettleibigkeit. Eine

⁷¹ „Warum sterben Arten aus?“ Sendung WDR, Quarks & Co, vom 16.08.2016.

⁷² Kurt Sagatz: „Fast so wie in der Serie ‚4 Blocks‘“ in *Der Tagesspiegel* vom 02.08.2018 (<https://www.tagesspiegel.de/medien/ard-reportage-ueber-arabische-clans-fast-so-wie-in-der-serie-4-blocks/22870232.html>).

⁷³ Hofstetter Y (2018) S. 156.

⁷⁴ Christian Stöcker: „Influencer – Der Markt frisst seine Kinder“ in *Spiegel online* vom 06.05.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/influencer-der-markt-frisst-seine-kinder-kolumne-a-1206170.html>).

⁷⁵ Marcus John Henry Brown, Performance „The Passing“ auf der *re:publica 2018* am 03.05.2018 (<https://www.youtube.com/watch?v=Lij2a9Tlo4g>).

Studie hat gezeigt, dass Ihr Risiko, fettleibig zu sein, dann um bis zu 45 % ansteigt, wenn Sie fettleibige Freunde haben. Wenn ein Freund Ihres Freundes fettleibig ist, ist Ihr Risiko auf Fettleibigkeit um 25 % höher. Und wenn der Freund von einem Freund Ihres Freundes, jemand, den Sie vielleicht gar nicht kennen, fettleibig ist, ist Ihr Risiko auf Fettleibigkeit immer noch 10 % höher. Der Forscher berichtet:

„Ich begann, diese Arten von sozialen Netzwerken als lebende Dinge zu sehen. [...] Wir begannen, alle möglichen anderen Phänomene zu untersuchen. Also warfen wir einen Blick auf das Rauch- und Trinkverhalten und das Wahlverhalten, Scheidungen und Altruismus. Und letztendlich interessierten wir uns für Emotionen. Nun, wenn wir Emotionen empfinden, zeigen wir sie. [...] Und wir zeigen sie nicht nur, sondern wir können sie auch lesen. Und wir können sie nicht nur lesen, sondern wir können sie kopieren. Es gibt eine emotionale Ansteckung, die in menschlichen Populationen stattfindet. Und diese Funktion der Emotionen lässt also vermuten, dass sie, zusätzlich zu all den anderen Zwecken, die sie haben, eine Art primitive Form von Kommunikation sind.“⁷⁶

Sie sehen an diesem Zitat, wie vielfältig der individuelle Nutzen des Netzes ausgeprägt ist. Wie die Teenies, die in den 1960er Jahren den Beatles zujubelten, so huldigen heute die *Follower* ihren Vorbildern. Doch was ist mit denen, die nicht nur aus dem Netz herausfallen, sondern seine Funktionen aktiv stören und seinen Missbrauch entlarven?

Whistleblower und niemand hört zu

Ein *Whistleblower* (engl. *to blow the whistle*, „verpfeifen“) ist eine Person, die für die Allgemeinheit wichtige Informationen aus einem geheimen oder geschützten Zusammenhang an die Öffentlichkeit bringt, einen Skandal aufdeckt. *Transparency International*, die NGO zur Korruptionsbekämpfung, meint: „Hinweisgeber sind von unschätzbarem Wert und dienen dem Gemeinwohl, um Korruption, Betrug und Misswirtschaft aufzudecken. Die frühzeitige Offenlegung von Fehlverhalten kann die Menschenrechte schützen, dazu beitragen, Leben zu retten und die Rechtsstaatlichkeit zu wahren.“⁷⁷

⁷⁶Nicholas Christakis: „The hidden influence of social networks“ in TED vom Februar 2010 (https://www.ted.com/talks/nicholas_christakis_the_hidden_influence_of_social_networks).

⁷⁷Quellen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Whistleblower> und <https://www.transparency.org/topic/detail/whistleblowing>.

Alle großen Mächte brauchen Geheimdienste. Die Regierung eines wichtigen Landes muss wissen, was in der Welt vor sich geht. Aber es ist ein schmaler Grat, eine Frage der Abwägung zwischen der Sammlung notwendiger Informationen in gesetzlichem Rahmen und unerlaubtem Eindringen in die geschützte Privatsphäre der Bürger. Wie viel ist „zu viel“? „Die Dosis macht das Gift“, sagte der mittelalterliche Arzt Paracelsus.

Der wohl bekannteste *Whistleblower* der Neuzeit ist Edward Snowden, der 2013 die geheimen Überwachungsprogramme des US-Geheimdienstes NSA aufgedeckt hat. Glenn Greenwald, der Journalist des britischen *The Guardian*, brachte in seinen Artikeln über die NSA-Affäre das ganze Ausmaß der Massenüberwachung im digitalen Zeitalter ans Licht. Die Geschichte ist so bekannt, dass ich sie hier nicht wiederholen muss.⁷⁸ Die Allianz der *Five Eyes* (Australien, Kanada, Neuseeland, das Vereinigte Königreich und die USA) hatte das globale Telekommunikationsnetz vollständig unterwandert. Snowdens Taten wurden kontrovers diskutiert: Er wurde als Held, Informant, Dissident, Verräter und Patriot bezeichnet. Seine Enthüllungen haben Diskussionen über Massenüberwachung, Regierungsgeheimnisse und das Gleichgewicht zwischen nationaler Sicherheit und Datenschutz angeheizt. Die weltweite totale Überwachung und die Abschaffung der Privatsphäre lösten international ein politisches Erdbeben aus. Letztlich blieben sie erfolglos – nichts hat sich geändert. Auch wenn der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte in Straßburg das Vorgehen der (britischen) Geheimdienste für rechtswidrig erklärt hat.⁷⁹ Doch staatliche Massenüberwachung, hatten wir das nicht schon einmal in der Kunst? (Abb. 3.4).

Die Geheimdienste der *Five Eyes* drohen unverhohlen allen Anbietern von Informations- und Kommunikationstechnologie: Wenn sie für die Behörden keine Hintertüren in alle Verschlüsselungssysteme einbauen, werde man mit „technischen Mitteln, Strafverfolgung, gesetzlichen und anderen Maßnahmen“ dafür sorgen.⁸⁰

⁷⁸Glenn Greenwald: „Die globale Überwachung: Der Fall Snowden, die amerikanischen Geheimdienste und die Folgen“, Knaur, München 2015.

⁷⁹Christian Stöcker: „Ein Jahr Snowden-Enthüllungen – Machloser Held, schamlose Mächtige“ in *Spiegel online* vom 03.06.2014 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/edward-snowden-ein-jahr-nsa-enthuellungen-a-972415.html>) und „Britische Internetüberwachung verletzt Menschenrechte“ ebd. am 13.09.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/urteil-gchq-internetueberwachung-war-menschenrechtswidrig-a-1227920.html>).

⁸⁰Christian Stöcker: „Überwachung – Sauron im Trump Tower“ in *Spiegel online* vom 09.09.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/datenlese/whatsapp-und-co-geheimdienste-fordern-hintertuer-fuer-messenger-dienste-a-1227115.html>). In J. R. R. Tolkiens Geschichte „Der Herr der Ringe“ war das lidlose all sehende Auge des finsternen Herrschers Sauron das Symbol von Macht und Angst, eine Anspielung auf Massenüberwachung und Kontrolle.



Abb. 3.4 Whistleblower oder Denunziant (Frei nach A. Paul Weber (1893–1980): „Der Denunziant“ (1934/1947) (<http://www.weber-museum.de/werk/geskrt/>))

'1984' + 40 = 2024 ?

Darüber würde ein dummer Computer vermutlich stolpern – eine Textkette (in Hochkomma) wird in einer Rechenoperation verwendet.⁸¹ Aber intelligente Leser verstehen sofort, dass '1984' für den Roman von George Orwell über den Überwachungsstaat steht. Orwell schrieb ihn von 1946 bis 1948 und hatte – mit Verlaub – trotz seiner sehr visionären Phantasie keine blasse Ahnung, welche Möglichkeiten Computer nur 30 oder 40 Jahre später bieten würden.

Eine Beraterin des US-Präsidenten hatte – wie erwähnt – den Begriff „alternative Fakten“ für offensichtliche Lügen geprägt. Das erinnerte viele an Orwells „Neusprech“ (im Roman *Newspeak* genannt), die vom Überwachungsstaat geprägte „neue Sprache“, deren Euphemismen die Wahrheit überdecken sollen. Orwell beschrieb den totalen Überwachungsstaat, in dem der „große Bruder“ (*Big Brother*) die Personifizierung des Herrschaftsapparates ist – ein Begriff, der inzwischen zum geflügelten Wort geworden ist.

⁸¹Intelligente Programmierer hatten sogar eine HLL entworfen, die das konnte: SNOBOL (*String Oriented Symbolic Language*, Zeichenketten-orientierte Symbolsprache) um das Jahr 1962 herum.

Im Jahr 1982/1983 versuchten verschiedene Gruppen um das „Koordinierungsbüro gegen den Überwachungsstaat“ eine Volkszählung zu verhindern, speziell nachdem das Bundesverfassungsgericht am 15. Dezember 1983 mit dem so genannten „Volkszählungsurteil“ das Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung bestätigt hatte. Ein „Zwergenaufstand“ aus heutiger Sicht, denn die Überwachung der Bürger durch den Staat und die Unternehmen ist heute bereits Realität. Sie wird weitgehend unhinterfragt hingenommen. Entsprechende Meldungen in den Medien werden kaum noch registriert.

Nur ein Beispiel: Das US-Heimatschutzministerium (erinnert uns das an Orwells „Ministerium für Wahrheit“) baue einen „Medienüberwachungsdienst“ auf, steht in dem sechsseitigen Papier mit der Nummer RNBO-18-00041. Das Ministerium wolle „mehr als 290.000 Nachrichtenquellen“ aus dem In- und Ausland scannen und „Journalisten, Redakteure, Korrespondenten, Social-Media-Influencer, Blogger etc.“ in einer Datenbank speichern – nach „Inhalten“ und „Meinung“.⁸² Niemand protestiert oder erhebt Klage vor einem Gerichtshof – Whistleblower und niemand hört zu.

Im Gefängnis sind Sie sicher

Die folgende allgemeine Weisheit werden wir noch später diskutieren (Abschn. 3.7, speziell Abb. 3.15): Der Fortschritt hat stets das Gute und das Böse im Gepäck. Verbrecher schneller zu fassen, Verbrechen besser zu bekämpfen oder gar zu verhindern, Entführungsopfer oder auch nur verloren gegangene Kinder in Freizeitparks wiederzufinden – das kann ja niemand kritisieren. Deswegen rechtfertigt sich *Amazon*: „Unsere Lebensqualität wäre heute viel niedriger, wenn wir neue Technologie verbieten würden, weil einige Leute sie missbrauchen könnten“ und betont, man fordere von Kunden, dass sie sich beim Einsatz von Software des Konzerns an Gesetze halten. Denn seine Gesichtserkennungssoftware namens *Rekognition* beherrscht nach Angaben des Unternehmens „Gesichtserkennung in Echtzeit über mehrere zehn Millionen Gesichter und die Suche von bis zu 100 Gesichtern in anspruchsvollen, überfüllten Fotos“. Bürgerrechtler nennen die Software ein „mächtiges Überwachungssystem“, da sie auch bei der US-Polizei zum Einsatz kommt. Dient sie dort der Verbrechensprävention

⁸²Marc Pitzke: „Krieg gegen die Medien – das Autokraten-Drehbuch“ in *Spiegel online* vom 11.04.2018 (<http://www.spiegel.de/politik/usland/donald-trump-will-journalisten-ueberwachen-lassen-das-autokraten-drehbuch-a-1202113.html>). RNBO-18-00041 unter <https://www.fbo.gov/utils/view?id=d9457031df47f06feec110d18dfbc7ef>.

oder der dauerhaften Verfolgung von Einwanderern? Als Beispiel wurde das Büro eines Sheriffs genannt, in dem die Identifizierungszeit für Verdächtige durch den Einsatz von *Rekognition* „von 2 bis 3 Tagen auf wenige Minuten“ gesenkt worden sei. Bürgerrechtsorganisationen warnen vor einem Missbrauch der Gesichtserkennung, denn die Regierung könne damit dauerhaft Einwanderer verfolgen oder anhand von Bildern aus Kameras am Körper von Polizisten Demonstranten identifizieren.⁸³

Amazon ermöglicht damit die Live-Gesichtserkennung für ganze Städte. So hat eine Polizeibehörde im Bundesstaat Oregon *Rekognition* eingesetzt. Ein Sheriff hat 300.000 Fotos von Festnahmen der Firma Amazon zum Abgleich zur Verfügung gestellt. Damit können die Beamten sofort erfahren, wo welche Personen vor einer Kamera laufen, die einmal festgenommen wurden waren. Amazon selbst hatte eine „zeitnahe und präzise Verbrechensprävention“ in einer Mitteilung über *Rekognition* als ein Merkmal der Software hervorgehoben.⁸⁴

Minority Report ist ein US-amerikanischer Science-Fiction-Thriller des Regisseurs Steven Spielberg mit Tom Cruise in der Hauptrolle aus dem Jahr 2002. Das Drehbuch basiert auf der gleichnamigen Kurzgeschichte des amerikanischen Autors Philip K. Dick aus dem Jahr 1956. Die Geschichte spielt im Jahre 2054 in Washington, D. C. Dort gibt es die Abteilung *Precrime* der Polizei, die mittels „Präkognition“ Morde verhindern soll. Ermöglicht wird dies durch drei so genannten „*Precogs*“, die über hellseherische Fähigkeiten verfügen. Sie werden mit Medikamenten in einem Zustand zwischen Traum und Wachen gehalten, der für diese Fähigkeiten besonders günstig ist. In ihren Visionen sehen sie die Morde der Zukunft voraus. Im konkreten Fall versucht die Polizei, Verbrechenschwerpunkte zu ermitteln, um in gefährlichen Gegenden mehr Präsenz zu zeigen. Der gute alte Polizeibeamte, der seine Runden zieht und durch seine Anwesenheit Verbrechen verhindert. Der traditionelle Regelmechanismus: „Wo wir sind, sind keine bösen Jungs!“ Heute ist das anders: Eine Software namens *PredPol* (Abk. für *Predictive Policing*, „voraussagende Polizeiarbeit“) basiert auf Modellen für die Vorhersage von Nachbeben nach Erdbeben. Sie sagt Zeiten und Orte mit höchstem Risiko für zukünftige Verbrechen voraus. Im Gegensatz zu

⁸³Quelle: „Amerikanische Polizei nutzt Amazons Gesichtserkennung“ in FAZ.net vom 23.05.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/polizei-in-den-usa-nutzt-amazons-gesichtserkennung-15602838.html>).

⁸⁴Daniel A. J. Sokolov: „Amazon ermöglicht Live-Gesichtserkennung für ganze Städte“ in Heise online vom 23.05.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Amazon-ermoeglicht-Live-Gesichtserkennung-fuer-ganze-Staedte-4055143.html>).

Verfahren, die einfach Karten vergangener Verbrechen erstellen, verwendet *PredPol* „fortgeschrittene Mathematik und adaptives Computerlernen“, so die Werbeaussage, und „hat zu Vorhersagen geführt, die doppelt so genau sind wie die bisherigen besten Vorgehensweisen.“ Sie wird zurzeit in Amsterdam, Los Angeles und Zürich eingesetzt. Nun soll sie in Nordrhein-Westfalen erprobt werden. Hier werden auch „Lebensmuster“ ermittelt, wie es ein Insider beschreibt: „Stellen wir in einem Ort das gleichzeitige Aufkommen ausländischer Transportfahrzeuge und ebenso die Verwendung ausländischer Telefonkarten fest, und das in regionalen Bereichen, die sich für mobile Einbruchstäter aufgrund ihrer Lage, etwa in Grenznähe oder Nähe der Autobahn, besonders eignen, dann sollte man aufmerksam werden.“ Die Vorhersagen seien „feiner als das Bauchgefühl eines erfahrenen Polizisten“. *Minority Report* nicht erst im Jahre 2054. Obwohl *PredPol* nicht das Verhalten einzelner Menschen voraussagt, sondern nur statistische Aussagen über Korrelationen und mutmaßliche Zusammenhänge in einer Masse von Vorkommnissen macht. Natürlich könnten die ehrenwerten Herren Einbrecher dort arbeiten, wo sie bisher *nicht* waren – so wie der Elfmeterschütze in eine ungewohnte Ecke schießt. Aber ohne Lkw, ohne Autobahn und mit inländischen Subunternehmern?! Unwahrscheinlich!

Einen Testlauf einer automatisierten Gesichtserkennung gab es auch am Bahnhof Südkreuz in Berlin. Im Abschlussbericht der Bundespolizeidirektion stand, dass „die intelligente Videoanalyse“ unter realistischen Testbedingungen eine Trefferrate von über 80 % lieferte, mit einer Falscherkennungsrate unter 0,1 %. Der Innenminister zeigte sich zufrieden und kündigte eine bundesweite Einführung des Systems an. Beeindruckend, nicht wahr?! Wenn man nicht richtig rechnet. Doch eine fehlerhafte positive Erkennung von 0,1 % bei 12,7 Mio. Reisenden täglich ergibt 12.700 „erkannte“ Gefährder oder Straftäter jeden Tag – falsche Alarne. Der Innenminister verspricht, sie durch optischen Abgleich von Polizeibeamten überprüfen zu lassen. Dumm nur, dass die KI inzwischen besser als jeder Mensch ist – wer würde ihr widersprechen wollen?! Der Psychologe und Bildungsforscher Gerd Gigerenzer rechnet richtig: Wenn das System einen „Treffer“ meldet, sind 0,6 % richtig und 99,4 % falsch.⁸⁵ Die Diskussion

⁸⁵Detlef Borchers: „Gesichtserkennung: Test am Bahnhof Südkreuz erfolgreich abgeschlossen“ in *Heise online* vom 12.10.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Gesichtserkennung-Test-am-Bahnhof-Suedkreuz-erfolgreich-abgeschlossen-4189675.html>) und „Zuverlässigkeit der Gesichtserkennung am Bahnhof Südkreuz“ in ARD *Kontraste* vom 22.11.2018 @ 8:11 min. (<https://www.ardmediathek.de/tv/Kontraste/Kontraste-vom-22-11-2018/Das-Erste/Video?bcastId=431796&documentId=57987568>).

um die Gesichtserkennung wird vielleicht auch dadurch befeuert, dass es Hackern mit Hilfe einer selbstlernenden Software gelungen ist, zwei biometrische Fotos zu verschmelzen und das Bild in einen Reisepass einbauen zu lassen. Denn die automatisierte Gesichtserkennung ermögliche die Totalüberwachung des Bürgers und die Speicherung von Bewegungsprofilen, und „dann leben wir in einer Gesellschaft, die dominiert wird von Angst.“⁸⁶

Im Gefängnis der totalen Überwachung fühlen Sie sich vielleicht sicher. Aber wollen Sie da leben? Der Widerspruch zwischen Freiheit und Sicherheit lässt sich nicht auflösen. Der Schutz vor Terrorismus führt zu bald unerträglichen Sicherheitschecks an Flughäfen. Die Angst vor Kriminalität zur Überwachung des öffentlichen Raums. Verschärfte Polizeigesetze bedrohen die Freiheit von Einzelnen, die anlasslose Vorratsdatenspeicherung stellt jeden Bürger unter Generalverdacht. Dieser Widerspruch ist aber kein Ja-nein-Gegensatz, wie viele „Alternativ-Fundamentalisten“ meinen, kein entweder/oder. Es ist immer die Frage, *wie viel* Freiheit und *wie viel* Sicherheit.

Das Argument „Ich habe nichts zu verbergen“

Wir haben nichts zu verbergen, denn wir sind ehrliche und rechtschaffene Leute. Wir machen keine kleinen Schweinereien – und große erst recht nicht. Wir halten uns an die Gesetze. Deswegen haben wir nichts dagegen, wenn im Kaufhaus ein Fremder protokolliert, was wir uns ansehen. Es stört uns nicht, wenn er uns beim Zeitungslesen zuschaut und notiert, was wir lesen. Er schreibt auch mit, was wir im Supermarkt in unseren Einkaufswagen legen. Und unsere Kontobewegungen kennt er sowieso. Dass er uns auf Schritt und Tritt verfolgt und seine Protokolle mit unserem Aufenthaltsort ergänzt, finden wir nicht schlimm. Auch nicht, dass er jedes Wort mitschneidet, das wir sprechen. Ihre Post übergibt er Ihnen in geöffnetem Zustand, denn er hat sie vorher gelesen und sich Notizen gemacht. Wenn wir im Auto fahren, weiß er, wo wir wie schnell fahren und ob wir uns an die Verkehrsregeln halten. Wenn wir im Buchladen nach interessanten Neuerscheinungen stöbern, stöbert er mit. Er kennt unsere Lebensgewohnheiten besser als wir selbst. Er ist ja nur ein Fremder. Das stört uns alles nicht. Oder doch?

⁸⁶Judith Horchert, Raphael Thelen: „Aktivisten schmuggeln Fotomontage in Reisepass“ in *Spiegel online* vom 22.09.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/biometric-im-reisepass-peng-kollektiv-schmuggelt-fotomontage-in-ausweis-a-1229418.html>).

DIE ZEIT schreibt:⁸⁷

„Seit den Enthüllungen von Edward Snowden gelangen ständig neue Ungeheuerlichkeiten über das Ausmaß der Überwachung ans Tageslicht. Dennoch begegnen die meisten Menschen Privatsphäre-Bedenken mit Gleichgültigkeit und dem ewig gestrigen Biedersinn-Argument: „Sollen Sie doch spähen, ich habe nichts zu verbergen.“ Wer nichts zu verbergen habe, müsse auch nichts fürchten, lautet die verquere, nachgerade totalitäre Logik. Doch dieses Diktum ist in einer digitalisierten Welt nicht mehr aufrechtzuerhalten.“

Meine kleine (frei erfundene) Geschichte oben unterstreicht diese Meinung. Ich glaube nicht, dass den Bürgern die Privatsphäre wirklich egal ist, selbst wenn sie einen solchen Satz äußern. Es gibt gute Gründe, sich zu schützen. Unter anderem der, dass auch der unschuldigste Bürger unter Generalverdacht geraten kann, wenn er z. B. in gewissen Staaten eine regierungskritische Seite besucht.⁸⁸ Meistens reagiert der Benutzer auf die Gefahren ähnlich wie bei schon bekannten elektronischen Risiken wie zum Beispiel auf die Betrugsmöglichkeiten im Internet, beim Online-Banking, bei den Kredit- und EC-Karten und so weiter. Erstens weiß er es nicht oder er denkt vorher nicht daran. Zweitens handelt er nach der Devise „Mir wird schon nix passieren!“, was angesichts von Betrugsquoten im einstelligen Prozent-Bereich ja auch nicht so falsch ist. Und drittens ist er der Meinung, er habe nichts zu verbergen ... oder er resigniert.

Über 70 % der US-Bürger stört es nicht, dass ihre E-Mails gelesen werden, dass ihre Post fotografiert wird, dass ihre Telefone lokalisiert werden und alle ihre Verbindungen gespeichert werden. Von ihren Blogs, Posts und Tweets ganz zu schweigen. Die totale Überwachung dient ja nicht dazu, die Vergangenheit eines Menschen zu erforschen. Sie hat den Zweck, sein zukünftiges Handeln zu beeinflussen. Die Angst vor einem bösen Terroristen ist größer als die Angst davor, mit einer der zweihundert Millionen Waffen in den Händen ihrer Mitbürger erschossen zu werden. Jedes Jahr trifft das in den USA mehr als elftausend Menschen. Viele denken auch: Man kann ja doch nichts machen! Es gibt nur kleine Gruppen, die gesellschaftlichen und

⁸⁷Adrian Lobe: „Wir haben sehr wohl etwas zu verbergen!“ in *Zeit online* vom 28.11.2016 (<https://www.zeit.de/kultur/2016-11/privatsphaere-persoenliche-assistenz-google-home-ueberwachung-edward-snowden>).

⁸⁸Online-Team: „7 Gründe, weshalb ‚Ich habe nichts zu verbergen‘ die falsche Reaktion auf Massenüberwachung ist“ im Blog von *Amnesty International* vom 04.06.2015 (<https://www.amnesty.de/informieren/blog/7-gruende-weshalb-ich-habe-nichts-zu-verbergen-die-falsche-reaktion-auf>) und Daniela Windelband: „Ich habe doch nichts zu verbergen!“ auf *datenschutz notizen* vom 23.08.2017 (<https://www.datenschutz-notizen.de/ich-habe-doch-nichts-zu-verbergen-5518900>).

politischen Druck zur Verhinderung von Missbrauch und zur Erhöhung der Sicherheit des Systems gegen unrechtmäßige Verwendung fordern oder organisieren. Und Technikfolgenabschätzung findet beim normalen Bürger immer erst statt, wenn das Kind schon lange im Brunnen liegt. Die Einführung solcher Systeme erfolgt ja grundsätzlich unbemerkt und scheibenweise, nach der bekannten Salamitaktik.

Ein ähnlich dummer Satz wie der aus der Zwischenüberschrift lautet: „Heutzutage braucht man kein Wissen mehr, es steht ja alles im Internet!“ Wissen ist kumulativ, und ein totaler Dummkopf kann sich auch kein Wissen beschaffen, denn er weiß nicht, was er wissen will – und wenn er es weiß, weiß er nicht, wo er es findet.

Noch eine unsinnige Behauptung zum Abgewöhnen: „X gab es schon immer!“ Sie wird oft als Beschwichtigungsformel verwendet, um drohende Gefahren kleinzureden: „Globalisierung gab es schon immer!“ mit Hinweis auf die antike Seidenstraße. „Überwachung gab es schon immer!“, und man vergleicht den einsamen Stasi-Spitzel mit der weltweiten Überwachungs- und Spionageaffäre, die Edward Snowden aufdeckte. „Fake News gab es schon immer!“, denn seit Urzeiten ist in einem Krieg jeder der Sieger. Aber mehr ist eben anders ...

Das Internet(z) und das Spinnennetz

Was ist der Unterschied zwischen dem Internet und einem Spinnennetz? Ziemlich dumme Frage, denn es gibt viele Unterschiede – aber ich will auf einen Aspekt hinaus: die Stabilität. Reißt beim Spinnennetz ein Faden, ist das kein großes Problem. Beim Internet auch nicht: Mit der in Abschn. 1.6 beschriebenen „Paketvermittlung“ soll ein sicherer Datenverkehr auch beim Ausfall einzelner Netznoten garantiert werden.

Aber das Internet ist ein extrem komplexes Gebilde, und da gehen bei uns im Kopf die Warnlampen an. Sie erinnern sich noch an den „Schmetterlingseffekt“, den Spruch aus der Chaostheorie im Abschn. 1.5? Der Volksmund kennt das unter der Devise „Kleine Ursachen, große Wirkungen“. Dazu abermals der Historiker Niall Ferguson.⁸⁹

„Ich interessiere mich für das, was man Netzwerkausfälle nennt. Das sind Momente, in denen komplexe Systeme sich am Rand des Chaos wiederfinden und es richtig kritisch wird. Der Bankencrash vor zehn Jahren war so

⁸⁹John F. Jungclaussen: „Facebook zerstört die Demokratie“ in ZEIT online vom 19.12.2017 (<https://www.zeit.de/2017/53/soziale-netzwerke-facebook-macht-niall-ferguson-historiker>).

ein Moment. Das globale Finanzsystem war ein hochgradig integriertes und hochfragiles Netzwerk am Rande des Chaos. Da brauchte nur ein einziger Knotenpunkt nachzugeben, nämlich *Lehman Brothers*, und das ganze System brach in sich zusammen. Sie können diese Analogie sogar auf die globale Vormachtstellung des Westens anwenden. Auch sie beruht auf einem komplexen System, das auf der Stärke der USA aufbaut. Die Frage ist nun: Wie groß sind die Störungen in diesem System, und wie wahrscheinlich ist es, dass es zu einem Netzwerkausfall kommt? Meiner Meinung nach gibt es zwei wesentliche Störfaktoren. Erstens die Gefährdung der Demokratie durch die Polarisierung in den sozialen Netzwerken. Und zweitens die Möglichkeit, dass China mit technologischen Mitteln die Stellung des Dollar angreift und damit das Netzwerk der westlichen Dominanz ins Chaos stürzt. Beides ist meiner Meinung nach relativ wahrscheinlich.“

Ich sage Ihnen, was unsere Zivilisation vernichten wird: kein Meteorit, kein Klimawandel, kein Virus, kein Atomkrieg – ein Depp, der in den hochgradig gekoppelten Systemen aus Dummheit auf den falschen Knopf drückt. Oder eine Katze, die auf eine Tastatur springt.

Unterhaltung für Erwachsene

So könnte man das älteste Vergnügen der Welt vornehm bezeichnen. Schon im alten Rom gab es „pornografische“ Motive auf Wandbildern, und die antiken Griechen haben Sexszenen auf Vasen gemalt. Eine Studie geht davon aus, dass mittlerweile 30 % aller über das Internet verschickten Daten von dieser Form der Erwachsenenunterhaltung verursacht werden. Auch zu den Nutzergruppen werden Aussagen getroffen. Demnach schauen sich 70 % aller Männer regelmäßig Internetpornos an (70 % des Porno-Konsums über das Internet findet an Werktagen zwischen 9 und 17 Uhr statt), bei Frauen läge der Anteil bei 30 %. Durchschnittlich würden Internetnutzer 12 min auf einer Pornowebseite verbringen. Innerhalb eines Monats finden pro Nutzer 7,5 Besuche statt. Entsprechend können sich Betreiber derartiger Angebote über hohe Besucherzahlen freuen: Während Twitter auf 160 Mio. Besucher pro Monat käme, fänden sich auf allen Pornoseiten zusammen monatlich 450 Mio. Nutzer ein. Übertroffen wird dies nur von *YouTube*, auf dem Videoportal tummeln sich in einem Monat 800 Mio.

Nutzer.⁹⁰ Im Jahr 2017 soll es weltweit rund 80.000 Webseiten mit Kinderpornografie gegeben haben.⁹¹

Die Statistiken sind beeindruckend:⁹² 25 % der Suchanfragen im Internet drehen sich um Pornografie. Dabei wird von den Anbietern ein Umsatz von 12,6 Mio. € pro Tag erzielt. Die Online-Pornoindustrie setzt über fünf Milliarden US-Dollar pro Jahr um. Die Top-drei-Sexclip-Webseiten verzeichnen pro Monat über anderthalb Milliarden Besucher. Das durchschnittliche Alter der Erstkonsumenten in Deutschland liegt bei 11 Jahren, denn 40 % aller deutschen Kinder suchen im Internet nach Pornografie.

Der Grund sind u. a. Webseiten, auf denen Pornomacher ihre Videos kostenlos online stellen. Ein einziges multinationales Unternehmen namens „Manwin“ hat es geschafft, den herkömmlichen Markt der Sex-Film-industrie zusammenbrechen zu lassen, der mit dem Verkauf einschlägiger CDs sein Geld verdiente. Irgendwoher von der Wall Street hat das Unternehmen einen Kredit von 362 Mio. US\$ ergattert.⁹³ Im Jahr 2013 hat es sich in *Mindgeek* umbenannt. Die *Mindgeek*-Holding aus Luxemburg hat über 35 Tochterfirmen – es scheint sich also zu lohnen. Der Jahresumsatz dieser Websites wird auf über 100 Mio. € geschätzt.

Nur Fliegen Bahnhfahren ist schöner

Wenn Ihnen die Geschichten über haarspalterische Pingeligkeit bei Programmierern (z. B. Textkasten 1.11) übertrieben vorkommen, dann genießen Sie folgende Geschichte aus meiner diesbezüglich leider prall gefüllten Erfahrungsschatzkiste:

Billig-Airlines bieten ja inzwischen Flüge an, deren Preis unter dem des Taxis zum Flughafen liegt. Dafür verlangen sie Gebühren für alles, wirklich

⁹⁰Zitiert nach Michael Söldner: „Porno-Seiten machen 30 Prozent des gesamten Internet-Traffics aus“ in *PCwelt* vom 08.05.2013 (https://www.pcwelt.de/news/Porno-Seiten_machen_30_Prozent_des_gesamten_Internet-Traffics_aus_-Studie-7893410.html).

⁹¹„Kriminalstatistik 2017 – Gewalt und sexueller Missbrauch an Kindern nimmt zu“ in BR vom 05.06.2018 (<https://www.br.de/nachrichten/gewalt-und-sexueller-missbrauch-an-kindern-nimmt-zu-100.html>).

⁹²Anne Röttgerkamp: „Internet Pornografie – Zahlen, Statistiken, Fakten“ mit weiteren statistischen Quellen in *netzsieger.de* vom 16.05.2018 (<https://www.netzsieger.de/ratgeber/internet-pornografie-statistiken>).

⁹³Florian Flade, Lars-Marten Nagel: „Wall-Street-Millionen bauten das Youporn-Imperium“ in der *Welt* vom 23.03.2013 (<https://www.welt.de/wirtschaft/article114704755/Wall-Street-Millionen-bauen-das-Youporn-Imperium.html>).

alles andere. Bei einer von ihnen zahlt man eine Strafgebühr von 55 € pro Person, wenn man nicht online eincheckt. Na gut, das kann man ja mal vergessen. Da ist es vorteilhaft, wenn man nur mit einem Partner reist und nicht mit einer Großfamilie. Da denkt man im Urlaub natürlich als erstes daran, gleich für den Rückflug einzuchecken. Man soll dabei seine Ausweisdaten (Art, Ausstellungsort, Ausstellungsdatum, Ablaufdatum, Geburtsdatum usw.) eingeben. Das kann man aber überspringen (Button „Fortfahren“). Zwei Schritte später, nach der Sitzplatzwahl (12 € pro Person) kommt der Prozess beim Drucken der Bordkarte (Button „Bestätigung“) zum Stehen. Der Knopf ist tot.

Nach einem längeren *Chat* (Online-Schriftwechsel) mit dem Servicecenter in Irland (drei menschliche Partner: Juraj, Giórgos und Valentina) stellte sich heraus: Die Ausweisdaten fehlen. Ohne Fehlermeldung. Aber die Eingabefelder sind blockiert, denn man hätte ja schon den Hinflug online einchecken müssen. Hat man aber nicht. Die cleveren Leute vom Service können sie aber manuell nachtragen. Erkenntnis: Die Airline spart an allem (außer Werbung) – auch an guten Programmierern und gutem GUI-Design. Dabei lautete doch die Antwort auf die Frage „Wofür ist denn die Servicegebühr von 35 €?“ mit erstauntem Unterton in der Stimme: „Na, unter anderem dafür, dass sie bequem online einchecken können!“ Schlamperei oder Geschäftsmodell? War das nicht die Fluggesellschaft, die überlegt hat, die Bordtoilette mit einem Geldschlitz zu versehen?

Auch das ist eine der Vorteile des Internets – allerdings für die Unternehmen: Kundenservice und -beziehungen werden auf den Kunden abgewälzt. Eine Selbstbedienungsgesellschaft wird herangezogen. Man darf bzw. *muss* selbst die Dinge tun, die früher zum normalen Service des Unternehmens gehörten. Und der Computer ist unerbittlich, er lässt nicht „Fünfe gerade sein“. Ohne Häkchen bei den AGB wir kein Geschäft abgeschlossen. So wird der Mensch zur Menschmaschine.⁹⁴

⁹⁴Norbert Wiener: „Mensch und Menschmaschine. Kybernetik und Gesellschaft“, Koch, Planegg 1982. Norbert Wiener gilt als Begründer der Kybernetik, der Wissenschaft von der Steuerung und Regelung von Maschinen, lebenden Organismen und sozialen Organisationen (O-Ton: „*the scientific study of control and communication in the animal and the machine*“).

3.3 Künstliche Intelligenz – gibt es denn eine natürliche?

Unser Gehirn ist groß – manche sagen: *zu* groß. Innerhalb der letzten sieben Millionen Jahren verdreifachte sich seine Größe. Unsere natürliche Intelligenz hat uns evolutionär vorangebracht. „Künstliche Intelligenz“ jedoch ist auch gerade ein *Buzzword*. Alle sprechen davon. Hier greift ein Motto dieses Buches: Sie ist von Magie nicht zu unterscheiden. Aber was *ist* Intelligenz? Das Online-Lexikon verrät uns: „Intelligenz (von lateinisch *intelligere*, ‚verstehen‘, wörtlich ‚wählen zwischen ...‘) ist in der Psychologie ein Sammelbegriff für die kognitive Leistungsfähigkeit des Menschen. Da einzelne kognitive Fähigkeiten unterschiedlich stark ausgeprägt sein können und keine Einigkeit besteht, wie diese zu bestimmen und zu unterscheiden sind, gibt es keine allgemeingültige Definition der Intelligenz.“ Mir gefällt auch folgende pragmatische Definition, nicht nur, weil sie so schön selbstbezüglich ist.⁹⁵ „Intelligenz ist das, was die Intelligenztests messen.“ Denn es gibt standardisierte Tests, die eine verlässliche oder zumindest vergleichbare Aussage über die geistige Kapazität der Probanden ermöglichen.

Wie bei vielen in der Abstraktionsebene hoch angesiedelten Begriffen ist auch „Intelligenz“ schwer zu definieren. „Intelligenz ist, was man braucht, wenn man nicht weiß, was man tun soll“, so eine gern gebrauchte Definition. Wie auch immer wir Intelligenz definieren, immer finden wir ein Gegenbeispiel, das wir nicht mit dazu zählen können. Intelligenz, sagen manche, ist die Fähigkeit, ein neu aufgetretenes Problem zu lösen. Nun, das macht auch die Pflanze, wenn in ihrer Wuchsrichtung zur Sonne plötzlich eine Mauer gebaut wird. Sie wächst woanders hin. Deswegen meinen die meisten, Intelligenz sei an ein komplexes Nervensystem gebunden. Nach dem Leitmotiv „mehr ist anders“ schon mal ein guter Ansatz, denn es erklärt die unterschiedlichen Stufen der Intelligenz. Künstliche Intelligenz benötigt daher ein künstliches Nervensystem, wie in Abschn. 1.7 beschrieben. Zur Intelligenz gehört auch das Lernen. Lernen ist die Anpassung des Verhaltens an frühere Erfahrungen – man verhält sich in „derselben“ Situation anders.⁹⁶ Analog könnte man sagen, dass künstliches Lernen bedeutet, dass die Software bei denselben Eingabedaten andere, das heißt bessere Ergebnisse liefert.

⁹⁵Da sehe ich gleich eine rekursive Programmfunktion (Abschn. 1.5) vor mir.

⁹⁶„Dieselbe“ Situation? „Man kann nicht zweimal in denselben Fluss steigen“, sagte Heraklit (<https://de.wikiquote.org/wiki/Heraklit>).

Wie das geht, sehen Sie gleich unter „Dicke Daten und tiefes Lernen“. Wenn auch die Entwickler der lernenden Software manchmal sagen: „Wir wissen zwar nicht mehr genau, wie es funktioniert, aber das Ergebnis ist besser!“

Na ja, manche Definitionen ersetzen *einen* unklaren Begriff („Intelligenz“) durch mehrere andere („kognitive Fähigkeiten“, „Problemlösungskompetenz“). Und wieso nur „des Menschen“? Lassen Sie uns lieber einige beispielhafte Ist-wenn-Definitionen versuchen. Intelligenz ist, wenn Gottfried Wilhelm Leibniz die Schranken des gewohnten Dezimalsystems durchbricht und auf die Idee kommt, ein Zahlensystem auf binärer Basis zu erfinden. Intelligenz ist, wenn Galileo Galilei die Fallgesetze erforschen will und auf die Idee kommt, mit einer schiefen Ebene zu experimentieren. Sie ist also ein schöpferischer Denkvorgang, weil ja jemand auf eine neue Idee kommt. Gerd Gigerenzer definiert: „Intelligent sein heißt, über die vorliegenden Informationen hinauszugehen und fundierte Vermutungen über die Außenwelt anzustellen“ – aber „ein System, das keine Fehler macht, ist nicht intelligent“, denn es gibt „gute Fehler“, aus denen wir lernen.⁹⁷

Intelligenz ist auch, wenn Orcas eine Robbe fangen wollen und auf die Idee kommen, die Eisscholle, auf die sie sich geflüchtet hat, durch Wellen zum Kentern zu bringen. Intelligenz ist auch, wenn Schimpansen Termiten fressen wollen und auf die Idee kommen, in den Astlöchern, in denen sie sich verbergen, mit Stöckchen zu stochern. Das ist Intelligenz, natürliche Intelligenz.

Was aber ist „künstliche“ Intelligenz? Wir können ja nicht in die Gehirne schauen, die Intelligenz direkt beobachten. Wir können nur intelligentes Verhalten beobachten. Und da können wir in eine Falle tappen: Wenn jemand nur so tut, als sei er intelligent, es aber nicht wirklich *ist*. Aber woher wissen wir, ob jemand intelligent ist? Indem wir sein Verhalten beobachten. Damit drehen wir uns im Kreis, oder?

Nicht ganz. Denn das beobachtete Verhalten muss (zumindest in den meisten Fällen) durchgängig und konsistent intelligent erscheinen. Wenn sich jemand intelligent verhält und im nächsten Augenblick saudumm, sind Zweifel an seinem Denkvermögen angebracht.

Künstliche Intelligenz (KI) gibt es daher nach einer gängigen Unterscheidung in zwei Formen: „schwache“ und „starke“. „Schwache“ KI beherrscht jeweils nur einzelne Anwendungsbereiche, ist sozusagen ein „Fachidiot“ wie ein Schachprogramm. Und je beeindruckender ihre Leistungen in diesen Disziplinen sind (wie wir noch sehen werden), desto klarer wird uns bewusst, dass wir von der „starken“ KI noch weit entfernt sind. Bei ihr dreht

⁹⁷Gerd Gigerenzer: „Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft“, btb Verlag, München 2014, S. 66, 64.

es sich nämlich um die Simulation *aller* geistigen Leistungen von uns Menschen. Oder um einen gängigen Kalauer zu bemühen: Fachleute wissen alles über nichts, wir Normalos aber nichts über alles. „Schwache“ KI ist tief, aber begrenzt. „Starke“ KI dagegen soll eigenständig alle Probleme bearbeiten können, mit denen bisher nur wir Menschen fertig werden (wird ein solches System auch mal sagen: „Sorry, *so* genau weiß ich das auch nicht!“?).

AI: Außerirdische Intelligenz

Neulich hatte ich einen *Chat* mit Eugene.⁹⁸ Eugene Goostman ist ein 13-jähriger Schüler aus Odessa in der Ukraine. Sein Deutsch ist vergleichsweise gut, natürlich nicht perfekt.⁹⁹ Ein kleiner Ausschnitt ist im Textkasten 3.3 zu sehen.

Das Ganze ist nicht vollständig frei erfunden. Denn nicht ich habe mit Eugene geredet, sondern ein Wissenschaftler. Aber das tut nichts zur Sache. Interessanter ist, dass Eugene kein Mensch ist, sondern ein AI-Wesen. Nein, kein Alien, denn AI steht für *Artificial Intelligence* (dt. „Künstliche Intelligenz“). Ein Computerprogramm, das so tut, als sei es ein Mensch. Mit dem man „intelligente Dialoge“ führen kann, das „versteht“, was man meint. „JB“ wollte feststellen, ob das Programm den „Turing-Test“ besteht, auf den wir gleich kommen werden. Es ist ein *Chatbot*, ein „Plauder-Roboter“.

JB: Meine Lieblingsmusik ist zeitgenössischer Jazz, was bevorzugst du?

EG: Um kurz sein, ich werde nur sagen, dass ich HASSE Britnie Spears. Alle anderen Musik ist okay, im Vergleich zu ihr.

JB: Spielst du irgendein Musikinstrument?

EG: Ich bin unmusikalisch, aber mein Meerschweinchen quietscht gerne Beethovens Ode an die Freude jeden Morgen. Ich vermute, dass unsere Nachbarn wollen sein Kehle durchschneiden ... Nebenbei, Kannst du mir über deinen Job was erzählen?

JB: Meerschweinchen? Bist du ein Tierfreund?

EG: Ja. Eine nette kleine Meerschweinchen. Nicht irgend so ein lästige Chatter bot.

JB: Lebst du mit jemand anderem zusammen?

EG: Ja. Aber frage besser etwas anderes. Und ich habe vergessen zu fragen, wo du lebst ...

JB: Deutschland. Grüne Weiden und zu viel Regen! Wie ist es mit dir?

EG: ... (usw.)

Textkasten 3.3 Chat zwischen dem Autor (JB) und einem ukrainischen Schüler (EG)

⁹⁸Wörtlich aus Beetz J (2016) S. 152.

⁹⁹Test 5 aus <http://www.theguardian.com/technology/2014/jun/09/eugene-person-human-computer-robot-chat-turing-test>.

Alan Turing stellt die Maschine auf die Probe

Der britische Logiker, Mathematiker und Geheimschriftexperte Alan Turing formulierte nämlich 1950 ein Gedankenexperiment zur Entscheidung der Frage, wann *Computer* als intelligent gelten können. Seine Frage war: „Können Maschinen denken?“ Seine Antwort war der berühmte Turing-Test, in dem ein Mensch mit einem Computer per Bildschirm und Tastatur in den Dialog tritt. Turing formulierte: Der Computer kann genau dann als intelligent angesehen werden, wenn der Mensch nicht entscheiden kann, ob es sich um einen Dialog mit einem Menschen oder mit einem Computerprogramm handelt. Dagegen gab es eine Reihe von kritischen Argumenten, die diesen Test anzweifelten und für ungeeignet zur Feststellung der Intelligenz von Maschinen hielten. Wie würden Sie entscheiden? Hätten Sie Eugene für einen ukrainischen Schüler gehalten? Die geschilderte Szene fand bei der Londoner Gesellschaft zur Wissenschaftspflege statt, der *Royal Society*, die fünf Maschinen (bzw. ihre AI-Software) testen wollte. Goostman gelang erstmalig die Täuschung der meisten Jurymitglieder. Allerdings waren ihre Erwartungen nicht sonderlich hoch („ein 13-jähriger ukrainischer Schüler“ ist ja kein „pensionierter Hochschullehrer“). Die Erwartung bestimmt das Ergebnis.

Im Gegensatz zu dem erfundenen Dialog hatte ich Gelegenheit, bereits 1968 selbst einen solchen Test zu versuchen. Eines der ersten Programme in dieser Richtung war ELIZA, ein 1966 von Joseph Weizenbaum entwickeltes Computerprogramm zur Kommunikation zwischen einem Menschen und dem Computer über natürliche (geschriebene) Sprache. Es simulierte ein Gespräch mit einem Psychologen und wurde als Meilenstein der „künstlichen Intelligenz“ gefeiert. Viele hielten es für den ersten Gewinner des Turing-Tests – eine Interpretation, die seinen „Schöpfen“ Weizenbaum entsetzte. Immerhin *schien* es intelligent zu sein. Es führte eine psychologische Beratung durch. Ich tippte z. B.: „Ich habe ein Problem mit meinem Vater“, und das Programm reagierte mit dem Satz: „Aus welchen Personen besteht Ihre Familie?“ Klug, nicht? Es wusste, dass der Vater zur Familie gehört: ein Beispiel für logische Kategorienbildung. So habe ich mich längere Zeit mit dem „Psychiater“ über meine Familiensituation unterhalten (damals noch über einen Fernschreiber!). „Er“ war sehr verständnisvoll und einfühlsam. Erst mein simpler Schreibfehler („Vatr“ statt „Vater“), den er in seiner Antwort wiederholte (mit dem Textbaustein „Erzählen Sie mir mehr über Ihren Vatr“) entlarvte es dann doch als Maschine. Kurz: die „Mensch-Maschine-Interaktion“ enthält eine Fülle komplexer Rückkopplungsschleifen, die auch nach einem Jahrhundert der KI-Forschung nur unvollkommen nachgebildet

werden können. Auch Eugene Goostman wurde von einigen schnell enttarnt. Vielleicht hätte einen schon der Name warnen sollen (engl. *ghostman* „Geistermann“).

Alan Turing war intelligent. Weizenbaum war intelligent. Sie und ich sind es auch. Warum könnte nicht auch ein Computer intelligent sein? „Niemals!“, sagen viele, „Es ist ja nur eine Maschine!“

Aber vertun Sie sich nicht. Selbst wenn der Computer ein simples Gerät mit vielleicht nur ein paar Dutzend Befehlen ist, der in seinem Inneren auf einfachste Weise nur 0 und 1 kennt, so ergibt doch deren Vielzahl und Kombination etwas Neues und Mächtiges. Denn mehr ist anders. Das ist wie in der Wirklichkeit: Es gibt nur etwa 100 verschiedene Elemente, und doch besteht die gesamte belebte und unbelebte Materie aus ihnen, Millionen von Stoffen, Millionen von Lebewesen. Das Alphabet hat nur etwa 26 Buchstaben, und ein großer Teil der Weltliteratur besteht aus ihnen – alles was je gedruckt wurde und je gedruckt werden wird. Ein Neuron kann nicht denken, wie wir schon festgestellt haben, aber Sie haben etwa 86 Mrd. (86.000.000.000) davon in Ihrem Kopf. So könnte auch die maschinelle Intelligenz durch das Zusammenwirken von sehr vielen „unintelligenten“ Komponenten entstehen. Emergenz, wie gesagt.

Eine Art „negativer Turing-Test“ ist das „*Captcha*“, eine sprachliche Verballhornung aus dem Englischen *to capture* (einfangen, erfassen) und *you* (du, dich). Also ein „ich hab dich erwischt!“ Eigentlich ist es eine Abkürzung für *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*, „vollautomatischer öffentlicher Turing-Test zur Unterscheidung von Computern und Menschen“). Im Unterschied zum klassischen Turing-Test zielen *Captchas* darauf ab, dass *Computer* (und nicht Menschen) Maschine und Mensch klar unterscheiden können.¹⁰⁰ Denn oft – z. B. bei der Weiterleitung von Online-Zeitungsartikeln an Freunde – wollen die Anbieter sicher sein, dass sie nicht ein Software-Roboter massenweise verschickt. Der Benutzer sieht dann einen gepixelten Buchstabensalat und muss ihn erkennen und auf der Tastatur zur Kontrolle eingeben oder auf einem Bild die Planquadrate anklicken, auf denen Autos zu sehen sind. Umständlich und nervig, das Ganze ... aber nach einigen Malen hört es vielleicht auf. Ihr Computer „weiß“ dann, dass Sie kein Roboter sind.

Wie das? Des Rätsels Lösung: die schon erwähnten *Cookies* (Kekse oder Plätzchen), kleine Dateien, die heimlich auf Ihrem Computer hinterlassen werden. So speichern viele Internet-Dienste Ihre Identität, Ihre Historie, Ihre

¹⁰⁰Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Captcha>.

Gewohnheiten, Ihre Suchwörter und vieles mehr auf Ihrem Computer und lesen es aus, wenn sie das nächste Mal mit Ihnen in Verbindung treten. So kann eine unvollendete Bestellung beim nächsten Besuch weitergeführt werden, was Sie vermutlich erfreut. So kann aber auch Ihr gesamtes Surfverhalten gespeichert werden ... und noch dazu auf Ihrem eigenen Rechner! Werbefirmen können aus diesen Informationen weit reichende Profile erstellen: Was schauen Sie sich im Internet an? Was sind Ihre Interessen? Wonach suchen Sie?¹⁰¹ Aus Millionen von Benutzern und je Tausenden von Interaktionen werden so Milliarden von Einzeldaten generiert – wahrlich ein dicker Datenhaufen.

Wenn Sie die *Captchas* aber weiterhin nerven, dann sind Sie zum Datenlieferanten für Google geworden: Jedes Mal, wenn Sie auf einem *Captcha* Autos oder Zebrastreifen identifizieren, erzeugen Sie Daten für das maschinelle Lernen von Bilderkennungssystemen.¹⁰²

Dicke Daten und tiefes Lernen

Big Data und *Data Mining* erinnern uns an die „gute alte Zeit“, an die „Rasterfahndung“. Über die Rasterfahndung haben sich in den 1980er Jahren liberal denkende Menschen aufgeregt. Horst Herold, damaliger Präsident des Bundeskriminalamts, erzählt:

„1979 unterhielt die RAF in Frankfurt am Main eine oder mehrere unter Falschnamen angemietete konspirative Wohnungen, die Polizei wusste nur nicht, wo. Da die Terroristen die Stromrechnung nicht von Konto zu Konto bezahlen konnten, war anzunehmen, dass ihre Falschnamen sich in der Gruppe derer befinden müssten, die ihre Stromrechnung bar bezahlen. Dies waren seinerzeit etwa 18.000. Wie kann man die gesuchten Falschnamen der Terroristen aus einer solchen Menge herausfinden? Die Antwort ist einfach: indem man alle legalen Namensträger so lange aus der Menge der barzahlenden Stromkunden herauslöscht, bis nur noch die Träger von Falschnamen übriggeblieben sein können. Sonach wurden aus dem richterlich beschlagnahmten Magnetband aller barzahlenden Stromkunden alle Personen herausgelöscht, deren Namen als legale Namen feststanden: die gemeldeten Einwohner, die Kfz-Halter, die Rentner, die Bafög-Bezieher, die im Grundbuch verzeichneten Eigentümer, die Brandversicherten, die gesetzlich

¹⁰¹ „Internet: Cookies – die wichtigsten Fragen“ in *Stiftung Warentest* vom 14.03.2012 (<https://www.test.de/Internet-Cookies-die-wichtigsten-Fragen-4343964-0/>).

¹⁰² Christian Stöcker: „KI-Strategie der Bundesregierung“ in *Spiegel online* vom 18.11.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/kuenstliche-intelligenz-warum-deutschland-mehr-investieren-muss-a-1238851.html>).

Krankenversicherten und so weiter – jede Datei mit Legalnamen kann als „Radiergummi“ dienen.“¹⁰³

Danach sei die Rasterfahndung jahrelang nicht mehr praktiziert worden, weil sie in der öffentlichen Diskussion „mit schwerwiegenden Missverständnissen belastet“ war.

Heute dagegen halten wir *Big Data* mit einem um mehrere Größenordnungen umfangreicheren Datenvolumen für eine Errungenschaft der modernen Zeit. Und wir verwenden den Euphemismus „moderne digitale Polizeiarbeit“ dafür. Privatfirmen, z. B. *Palantir Technologies*, haben sich auf die Analyse großer Datenmengen für Nachrichtendienste und Wirtschaftsunternehmen spezialisiert. Damals jedoch führten wenige Daten aus statistischen Erhebungen oft zu wilden Vermutungen. Das *Mount Sinai Hospital* in New York hatte an einem einzigen Montag 28 Geburten statt durchschnittlich 11 zu verzeichnen. Das *Bellevue* sogar 29 – genau neun Monate nach dem 9. November 1965, als ein Stromausfall 30 Mio. Menschen im Dunklen sitzen ließ. Was macht man dann? Das Beste draus. Babys zum Beispiel.¹⁰⁴ Das ist die übliche Gerüchtequelle – wenig Daten, ein halbwegs plausibler Zusammenhang und fertig ist die *Urban Legend*, die Großstadtlegende. Also Unfug, weil die Datenbasis zu klein ist. Heute sorgen Milliarden von Internetnutzern für eine Datengrundlage, die den härtesten statistischen Tests standhält. Inzwischen haben die Forscher erkannt, dass man riesige Datenmengen auch für Übersetzungsprogramme nutzen kann.

Maschinelles Übersetzen von Sprache ist eines der Kunststücke, die die KI schon lange versucht hat. Schon am 7. Januar 1954 führte IBM zum ersten Mal einen Automaten vor, der ein paar Sätze aus dem Russischen ins Englische übertragen konnte. Einer Anekdote zufolge hat er den Satz aus dem Matthäus-Evangelium „Der Geist ist willig, aber das Fleisch ist schwach“ so übersetzt: „Der Wodka ist gut, aber das Steak ist lausig.“ Aber übersetzen Sie mal folgenden Satz: „Er ging durch den Park und beobachtete die Bank.“ Sehen Sie! Ohne den Kontext des Satzes ist das unmöglich, denn Sie wissen nicht, ob jemand eine Parkbank beobachtet oder das Bankgebäude in der angrenzenden Straße. Es gab Kuriositäten wie die Interpretation von „Well done!“ als „Brunnen getan!“. Inzwischen können sie es: „Gut gemacht!“ Damals sagten die Fachleute noch: „Ich glaube nicht, dass Übersetzer um

¹⁰³M. W. Hentschel und N. F. Pötzl: „Die Position der RAF hat sich verbessert“ in *Der Spiegel* vom 08.09.1986 (<http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13519259.html>).

¹⁰⁴Eva Sudholt: „Stromausfall und die Folgen nach neun Monaten“ in *Welt online* vom 20.07.2011 (<https://www.welt.de/kultur/history/article13493781/Ein-Stromausfall-und-die-Folgen-nach-neun-Monaten.html>).

ihre Zukunft bangen müssen. Maschinelle Übersetzung wird nie perfekt werden, nie so gut wie ein menschlicher Übersetzer.“¹⁰⁵ Inzwischen hat sich das geändert: Erste Verlage planen, Fachbücher vollautomatisch übersetzen zu lassen. Erst am Ende liest ein menschlicher Korrektor noch einmal darüber – genau wie bei einem deutschen Text auch.

Das traditionelle „Regelprinzip“, bei dem Grammatik- und sonstige Sprachregeln zusammen mit Wörterbüchern in einem Expertensystem niedergelegt werden, war in eine Sackgasse geraten. Eine neue Idee musste her. Was den Statistikern lange fehlte, waren die Unmengen übersetzter Texte, ohne die der Lösungsansatz nicht funktioniert. Doch dann kam das Internet. Auf einmal war es möglich, sich dort zu bedienen, wo immer schon ein produktiver Sprachenwirrwarr herrschte. „Die Vereinten Nationen sind eine tolle Quelle für Übersetzungen, genau wie die EU“, sagt Franz Och, einer der führenden deutschen Computerlinguisten und Leiter der Abteilung *Machine Translation* bei Google. Auch die Web-Seiten internationaler Großkonzerne zapfen die Forscher heute gern an, um ihre Software mit Vergleichsdaten zu füttern – und niemand hat bei der multilingualen Such- und Sammelaktion bessere Karten als Google. „Die Infrastruktur ist fantastisch“, schwärmt Och. „Hier werden acht Milliarden Web-Seiten erfasst und ständig aktualisiert. Die liegen einfach da, und mit denen kann man dann rechnen.“ (siehe Fußnote 105).

Nicht nur US-Konzerne tummeln sich auf diesem Gebiet. Ein Unternehmen mit Sitz in Köln wurde 2009 unter dem Namen „Linguee“ gegründet und entwickelte die erste Internet-Suchmaschine für Übersetzungen. Inzwischen änderte das Unternehmen seinen Namen in DeepL GmbH. Es verwendet ein KNN, ein künstliches neuronales Netz auf einem stromfressenden Supercomputer, der mit günstiger Wasserkraft auf Island betrieben wird.¹⁰⁶ „Wie viel Uhr ist es?“ übersetzten Witzbolde oder auch die ersten Übersetzungsprogramme früher mit „*How much watch is it?*“. Inzwischen gelingt nicht nur diese einfache Frage als „*What time is it?*“, sondern auch folgender Text: „Das System sei nicht nur für Übersetzungen geeignet, so sagt ein Firmensprecher. Das hohe Textverständnis des Systems eröffne ‚mehrere spannende Möglichkeiten‘. Welche das genau sind, verrät die Firma noch nicht. Die semantische Texterfassung, bei denen ein Rechner

¹⁰⁵Karsten Lemm: „Verloren in Übersetzung“ in *Zeit online* vom 18.01.2006 S. 2 (https://www.zeit.de/zeit-wissen/2006/03/Maschinelle_Uebersetzung.xml).

¹⁰⁶Quelle: Ben Schwan: „Maschinenintelligenz: Der Besserübersetzer“ in *Heise online* vom 31.08.2017 (<https://www.heise.de/tr/artikel/Maschinenintelligenz-Der-Besseruebersetzer-3814856.html>). Siehe auch die Webseite des Unternehmens: <https://www.deepl.com/translator>.

den textlichen Kontext wirklich versteht, könnte aber eine sein.“¹⁰⁷ Also ein tiefes neuronales Netz plus maschinelles Lernen plus eine riesige Datenbasis – das ist das Erfolgsgenheimsnis. Plus ein ausgefeilter Algorithmus, natürlich.

Nun „lernen“ Maschinen wie wir Menschen, wie das Kind „Hund“ oder „Pferd“ lernt. Die logischen Kategorien, die bei Expertensystemen mühsam vorgegeben werden mussten (siehe Abschn. 1.6 und Tab. 1.8), lernen KI-Systeme „von selbst“ aus großen Datenmengen. Was manche Menschen beim Mülltrennen offensichtlich nie lernen (dass eine Plastiktüte nicht in einen Papiercontainer gehört), beherrscht das System nach genügend langer Zeit perfekt – auch wenn die fragliche Tüte in ihrem Trainingsdatenbestand nicht vorhanden war.

Und was ist das Geheimnis des „tiefen“ Lernens? Natürlich – wie beim menschlichen Lernen – eine spezielle Art von Gedächtnis.

Das lange Kurzzeit-Gedächtnis

Jürgen Schmidhuber, der „Vater“ des LSTM, hat es mit einem vergesslichen Bergsteiger verglichen. Er will zu seinem Dorf im Tal zurück und findet es nicht, weil er im erstbesten Tal landet. Er hat aber vergessen, dass das Dorf im *tiefsten* Tal der Region ist. Er bräuchte ein Kurzzeit-Gedächtnis, das etwas länger anhält. Ein *Long Short-Term Memory*, abgekürzt LSTM. Ob uns dieser Vergleich beim Verständnis weiterhilft, sei dahingestellt. Jedenfalls laufen Signale in den vielen Schichten eines „tiefen“ KNN nicht nur nach „vorne“ (vom Eingang zum Ausgang), sondern auch „rückwärts“, um aufgrund von erkannten Fehlern (der vermeintliche Hund war eine Katze) die Gewichte zu korrigieren. Sie können sich in den inneren Schichten des Netzwerkes „verlaufen“ wie der gedachte Bergsteiger.

1997 veröffentlichten Schmidhuber und ein Kollege ein Papier über diese Technik, die sich als entscheidend erwiesen hat, um die Grundlagen für die rasanten Fortschritte zu schaffen, die in jüngster Zeit in Bild- und Spracherkennung erzielt wurden. Die Idee war bei ihrer Einführung nicht weit verbreitet. Sie bot im Wesentlichen eine Form von Erinnerung oder Kontext für neuronale Netze.¹⁰⁸

¹⁰⁷Mit nur einem winzigen manuellen Eingriff wird mit DeepL daraus „According to a company spokesperson, the system is not only suitable for translations. The system's high text comprehension opens up „several exciting possibilities“. The company does not yet reveal exactly what these are. However, semantic text recognition, in which a computer really understands the textual context, could be one.“

¹⁰⁸John Markoff: „When A.I. Matures, It May Call Jürgen Schmidhuber „Dad““ in *The New York Times* vom 27.11.2016 (<https://www.nytimes.com/2016/11/27/technology/artificial-intelligence-pioneer-jurgen-schmidhuber-overlooked.html>).

Wie auch immer das funktioniert, die Idee hat das „tiefen Lernen“ revolutioniert. Schmidhuber berichtet:¹⁰⁹

„Die fünf wertvollsten börsennotierten Firmen der Welt (Apple, Amazon, Alphabet/Google, Facebook und Microsoft) betonen *alle*, wie zentral KI für sie sei, und sie verwenden *alle* in massiver Weise unsere KI aus dem Voralpenland, insbesondere das *Deep-Learning*-Verfahren ‚*Long Short-Term Memory* (LSTM)‘, das mein Team seit den 1990ern an der TU München und am IDSIA¹¹⁰ in der Schweiz entwickelt hat. Dieses steckt mittlerweile in drei Milliarden Smartphones und wird jeden Tag weltweit milliardenfach genutzt. Dabei verbraucht es einen beträchtlichen Teil der gesamten Rechenressourcen der Welt. Aber so ein LSTM ist am Anfang ganz dumm, doch durch Erfahrung wird es klug, und lernt, alle möglichen Probleme zu lösen, ein wenig wie ein Hirn. Beispiele: Unser LSTM macht seit 2015 Googles Spracherkennung auf nun über 2 Mrd. Android-Smartphones. LSTM ist zentral für das stark verbesserte *Google Translate* seit 2016. Facebook macht nun pro Tag 4,5 Mrd. Übersetzungen mit LSTM – über 50.000 pro Sekunde. LSTM erzeugt seit 2016 auch die Frauenstimme von Amazons *Alexa* (es ist keine Tonaufnahme einer realen Person). Es steckt seit 2016 in Apples *Siri* auf fast einer Milliarde iPhones. Es lernt auch Robotersteuerung, automatische Bildbeschreibung, medizinische Diagnostik, Vorhersage von Aktienkursen, Musikkomposition, *Chatbots* etc.“

Zwar gibt es das Konzept des maschinellen Lernens seit 1991, aber es ist in letzter Zeit zu neuer Blüte gekommen. Seit 2009 hat Schmidhubers *Deep-Learning*-Team neun erste Preise in wichtigen und sehr wettbewerbsintensiven internationalen Mustererkennungswettbewerben gewonnen (mit geheimen Testsets, die nur den Organisatoren bekannt sind), weit mehr als jedes andere Team.¹¹¹

KI tut nichts, sie will nur spielen

Freizeitspiele werden in der KI seit Langem als Vergleichstest verwendet, um den Fortschritt des Forschungsfeldes zu bewerten. Im Jahr 1996 schlug *Deep*

¹⁰⁹Persönliche Mitteilung an den Autor vom 25.04.2018, stilistisch leicht geändert.

¹¹⁰Dalle-Molle-Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz (ital. *Istituto Dalle Molle di Studi sull’Intelligenza Artificiale* (IDSIA)).

¹¹¹Vollständige Übersicht in „*Deep Learning since 1991*“ auf IDSIA-Seite. (<http://people.idsia.ch/~juergen/deeplearning.html>). Interview mit Schmidhuber „*How bio-inspired deep learning keeps winning competitions*“ auf Kurzweil-Blog vom 28.11.2012 (<http://www.kurzweilai.net/how-bio-inspired-deep-learning-keeps-winning-competitions>).

Blue von IBM (blau ist die Hausfarbe des Konzerns) den damaligen Schachweltmeister Garri Kasparow. Aber *deep* (tiefes Lernen) war nichts daran, es war rohe Kraft (engl. *brute force*). Der Rechner war kein KI-System, sondern nur ein extrem starker und schneller Rechner, der in einer Sekunde 200 Mio. Schachstellungen bewerten konnte.

Anders der nächste spektakuläre Sieg, der so beschrieben wird:¹¹²

„Der Niederlage des Menschen im Schach folgte 2011 der Sieg des IBM-Systems *Watson* beim amerikanischen Kult-TV-Quiz *Jeopardy!* gegen die besten Quizzer der letzten Jahre. Im Unterschied zu *Deep Blue* war *Watson* ein aus Daten lernendes System, und seine große Leistung bestand nicht darin, blitzschnell Faktenwissen aus Wikipedia- oder Zeitungsartikeln heraussuchen zu können. Das können Computer schon lange. Zur Besonderheit bei der Spielshow *Jeopardy!* gehören humorvoll, oft ironisch formulierte Quizfragen, bei denen Menschen mehrfach ‚um die Ecke‘ denken müssen. *Watsons* Sieg bei *Jeopardy!* war deshalb vor allem ein Erfolg der KI-Forscher beim Knacken der für Computer so harten Nuss der Semantik-Analyse – also der Fähigkeit, menschliche Sprache zu verstehen und die Bedeutung von Wörtern und Sätzen in die richtigen Sinnzusammenhänge einzuordnen.“

Um das noch einmal deutlich zu machen: Das Um-die-Ecke-Denken bedeutet, dass man zu einer Antwort die passende Frage finden muss. Ein Beispiel macht das deutlich. Die vorgegebene Antwort lautet: „Eine physikalische Größe, die sich der Beschleunigung widersetzt.“ Die Antwort, also die passende Frage: „Was ist Masse?“ Oder „Der älteste Abschnitt des Paläozoikums, der etwa vor 542 bis 488 Mio. Jahren stattfand.“ Antwort-Frage: „Was ist das Kambrium?“ Da muss das KI-System schon „verstehen“, was gemeint ist, also eine semantische Analyse vornehmen. Mit ein paar Schlüsselwörtern („physikalische Größe Beschleunigung“) in Google zu suchen, das reicht nicht.

Lee Sedol, der südkoreanische Meister des hochkomplizierten Brettspiels *Go*, war geschockt. Er war zum ersten Mal von einem Computer besiegt worden. Ein Meilenstein in der Entwicklung der künstlichen Intelligenz. Die Maschine hatte zwar nicht ohne Fehler gespielt, aber sie hatte Sedol mit Zügen und Strategien überrascht, die kein Mensch je zuvor gesehen hatte. Da es bei *Go* mehr Zugmöglichkeiten als Atome im Universum gibt, kann sie auch der schnellste Supercomputer nicht vorausberechnen. *Brute Force* wie beim Schach scheidet aus. Der Mensch braucht deshalb eine Mischung

¹¹²Ramge T (2018), S. 39 f.

aus Logik und Intuition. Erfahrene Spieler spüren, welcher Zug in einer bestimmten Situation der richtige ist. Auf ihrer unterbewussten Ebene (auf die wir in Abschn. 3.4 noch ausführlich eingehen werden) erkennen sie oft Muster wieder, die sie in vorangegangen Partien schon einmal gesehen haben. Sie setzen ihr implizites Erfahrungswissen ein – und können dann nicht erklären, *warum* der Zug aussichtsreich ist. Eine Entscheidung aus dem „Bauchgefühl“.

Es ist ja durchaus eine berechtigte Frage, ob hier wieder eine Schwelle überschritten wurde. Im März 2016, als das System *AlphaGo* den menschlichen Meister Sedol schlug, lernte das System zunächst aus den vielen dokumentierten menschlichen Spielen der Vergangenheit. Bei diesem so genannten „*Supervised Learning*“ fütterte man den Apparat mit 29 Mio. Spielzügen. Er lernte also von uns Menschen. Jetzt kommt etwas, das für mich die Krone der Selbstbezüglichkeit ist (Sie wissen, ich bin Münchhausen-Fan): Der Computer spielt auch gegen *sich selbst*. Er „weiß“ ja, wann er gewonnen hat, denn nur die Spielregeln wurden ihm einprogrammiert (im Gegensatz zum Erlernen von Kategorien, denn was ein Hund oder ein Pferd ist, das wurde ihm von außen einzeln für alle verwendeten Bilder vorgegeben). Innerhalb weniger Tage entwickelte das System *AlphaGo Zero* eine Expertise, mit der jahrtausendelange menschliche Strategieentwicklung nicht mithalten kann – *ohne* menschliches Wissen zu *Go* außer den Spielregeln. Es gewann jede Partie und entdeckte nicht nur bekannte Strategien des Spiels, sondern auch neue, unbekannte Spielzüge. Man verzichtete auf den klassischen Lernprozess und nutzte nicht mehr menschliches Erfahrungswissen. Das System lernt aus der *eigenen* Erfahrung, die anders ist als die menschliche. Die bisherigen menschlichen Weltmeister können nur zur Kenntnis nehmen, dass die Strategie besser ist als die von Menschen entwickelte, verstehen aber nicht einmal mehr im Detail, warum dies der Fall ist. Die Menschheit hat *Go*-Wissen aus Millionen von Spielen gesammelt, die über Jahrtausende hinweg gespielt wurden, und in Strategieregeln und Büchern niedergelegt. Innerhalb weniger Tage konnte *AlphaGo Zero* aus dem Stand viel von diesem *Go*-Wissen wiederentdecken und – wie erwähnt – innovative Strategien, die neue Einblicke in das älteste aller Spiele bieten.¹¹³

Nun ist die nächste Domäne des Menschen erobert: Intuition und Kreativität. Können Computer auch besser bluffen als die besten Pokerspieler

¹¹³David Silver et al.: „Mastering the game of Go without human knowledge“ in *Nature* Vol. 550, S. 354–359 vom 18.10.2017 (<https://www.gwern.net/docs/rl/2017-silver.pdf>).

der Welt? Im Januar 2017 besiegte *Libratus*, der Supercomputer der *Carnegie Mellon University*, die Champions in „Texas no-limit Hold’em“. Zwei Wissenschaftler hatten ihn in der Königsdisziplin des Kartenspiels trainiert.¹¹⁴ Nun scheint der Computer auf einmal die Qualitäten eines intelligenten Geschäftsmanns zu haben: Strategisches Denken und die Fähigkeit, Situation und Verhalten anderer Menschen einzuschätzen. Dazu Risikobereitschaft im richtigen Augenblick. Wenn die Maschine den Menschen im Poker schlägt, kann sie es auch bei Verhandlungen im Geschäftsleben.

Schmidhuber wurde gefragt, ob *AlphaGo* ein Meilenstein der KI-Forschung sei und was das für uns Menschen heißt, wenn Computer nun quasi alle unsere Spiele besser beherrschen als wir selbst. Sein Kommentar:¹¹⁵

„Es ist zumindest ein sehr sichtbares Ergebnis für die Presse! Aber da die verwendeten Methoden ziemlich alt sind, wäre es wohl aus technischer Sicht kein wirklicher KI-Durchbruch, obwohl viele schreiben werden, es sei einer. Man bedenke aber, dass ähnliche selbstlernende Algorithmen bereits 1994 dazu führten, dass ein selbstlernendes neuronales Backgammon-Programm so gut wurde wie der menschliche Weltmeister. Aber Computer können nur Brettspiele besser. Fußball z. B. ist unglaublich viel schwieriger, weil da alles zusammenkommt: rasche Mustererkennung in der richtigen Welt, die viel komplexer ist als Brettspiele, feinmotorische Abstimmung komplizierter Bewegungsabläufe in partiell beobachtbarer Umgebung etc. Man beachte: Allein Mustererkennung ist ja im Allgemeinen schon viel schwieriger als Schach. Seit 1997 ist der weltbeste Schachspieler kein Mensch mehr. Aber damals waren Rechner jedem Kind bei der Erkennung visueller Objekte oder Sprache weit unterlegen. Das hat sich erst jüngst durch unsere neuronalen Netze geändert. Beim Fußball muss man aber noch viel mehr können als bloß Mustererkennung – kein Roboter kann derzeit auch nur annähernd mit menschlichen Fußballspielern mithalten. Obwohl das nicht auf Dauer so bleiben wird.“

Diese Ergebnisse zeigen, dass wir uns der Begrenzung der schwachen KI nähern. Die Zeiten, wo Strategien und Verfahren mühsam von Menschen programmiert werden mussten, gehen zu Ende. Jetzt ist es möglich, die Software ohne menschliche Vorbilder oder Anleitungen auf „übermenschliches“

¹¹⁴Noam Brown, Tuomas Sandholm: „Libratus: The Superhuman AI for No-Limit Poker“, Paper des Computer Science Department der Carnegie Mellon University (<https://www.cs.cmu.edu/~noamb/papers/17-IJCAI-Libratus.pdf>).

¹¹⁵Persönliche Mitteilung an den Autor vom 25.04.2018.

Niveau zu trainieren, selbst wenn keine Kenntnisse des Bereichs jenseits der Grundregeln vorhanden sind. Bald werden wir auch nicht mehr Tausende von Hundebildern einspeisen müssen, um die Tiere von Katzen zu unterscheiden. Vielleicht sucht die Maschine selbst im Internet danach. Doch die „starke KI“ ist noch unendlich weit entfernt. Selbst wenn die KI zuverlässiger als wir Menschen alle Tiere klassifizieren kann, scheitert sie doch – anders als ein Dreijähriger – bei der Aufgabe, die Stimme der Oma zu erkennen oder süßen Brei von sauren Gurken zu unterscheiden.

KI kann schreiben und sprechen

Dass KI inzwischen sehr gute Übersetzungen liefert, haben wir ja schon geschildert. Aber die Fähigkeiten zur Textmanipulation gehen noch weiter. Im Abschn. 1.5 erwähnten wir die automatische Textgenerierung. Wir treffen sie bereits in den Medien an. Einerseits gibt es eine „Neuaufage der Qualitätsmedien“, andererseits hält der „automatische Journalist“ Einzug in die Redaktionen. John Micklethwait, Chefredakteur des US-Medienkonzerns Bloomberg, sagt über den Einsatz von Robotern im Journalismus:

„Wir gucken deshalb, wo wir Computer die Arbeit von Journalisten machen lassen können und wo nicht. [Sie] bereiten am Vorabend ihren Computer darauf vor, am nächsten Morgen den Quartalsbericht von Daimler durchzugehen und daraus automatisch eine Geschichte zu schreiben – in drei bis fünf Sekunden. [...] Ein Viertel unserer Texte enthält einen mehr oder weniger großen Anteil an automatisch generiertem Inhalt. [...] Unsere Rechner suchen weltweit in sozialen Netzwerken wie Twitter gezielt nach Wörtern wie ‚Rücktritt‘, ‚Terroranschlag‘ oder ‚Konkurs‘. Wenn sie etwas finden, kommen unsere Redakteure ins Spiel.“¹¹⁶

Auf der Entwicklerkonferenz *Google I/O* vom 8. bis 10. Mai 2018 stellte das Unternehmen mit dem System „Duplex“ die bisher wohl beste Sprach-KI vor. Duplex ist ein Modul für den *Google Assistant*, den intelligenten persönlichen Assistenten, und kann Sprachanrufe ausführen. Die KI vereinbart so etwa einen Termin beim Friseur und reserviert Tische im Restaurant. Duplex erkennt die Aussagen des Gesprächspartners kontextabhängig und antwortet passend darauf. Das klingt so glaubhaft, dass manche gar nicht auf die

¹¹⁶Isabell Hülsen, Britta Sandberg; *Spiegel*-Gespräch mit John Micklethwait „Der Druck auf uns Journalisten, Dinge zu erklären, wächst“ in *Der Spiegel* Nr. 35 vom 25.08.2028 S. 70.

Idee kommen würden, es handele sich am anderen Ende um eine Maschine. Google hat dafür präzise am Timing der Antworten geschraubt und schiebt auch mal ein „Mhmm“ ein, um ein möglichst menschliches Sprachmuster zu erzeugen.¹¹⁷ In Textkasten 3.4 habe ich das auf der Konferenz vorgeführte Beispiel einer Terminreservierung etwas modifiziert.¹¹⁸ Es beginnt mit dem „Aufwecken“ der Sprachfunktion durch den Benutzer mit „Hey Google“:

„Hey Google, bitte reserviere mir für nächsten Donnerstag ein Zimmer im Holiday Inn in Wuppertal.“
„Guten Tag, hier ist die Zimmerreservierung des Holiday Inn in Wuppertal. Sie möchten ein Zimmer für nächsten Donnerstag?“
„Guten Tag! Ja, gerne. Was für Zimmer haben sie?“
„Wir haben Einzelzimmer, Doppelzimmer und Juniorsuiten. Welche Art Zimmer möchten Sie?“
„Ich hätte gerne ein Doppelzimmer für drei Tage.“
„Mhmm ... Augenblick, bitte ... Hier habe ich ein Doppelzimmer für drei Tage ab nächsten Donnerstag. Der Preis beträgt 140 Euro pro Nacht inklusive Frühstück. Möchten Sie es buchen?“
„Ja, das ist okay.“
„Vielen Dank. Dann belaste ich Ihre Kreditkarte mit den Endziffern 1715. Nennen Sie mir bitte die dreistellige CVD-Nummer auf der Rückseite.“
„392.“
„Vielen Dank. Sie erhalten eine Reservierungsbestätigung auf Ihr Smartphone. Kann ich sonst noch etwas für Sie tun?“
„Nein, vielen Dank.“
„Ich bedanke mich. Einen schönen Tag noch. Tschüss.“

Textkasten 3.4 Ein mögliches Gespräch mit einem KI-Sprachsystem

Aber wird es wirklich so reibungslos laufen? Wird nicht das (nach wie vor verständnislose) KI-System zu 95 % perfekt funktionieren, sich aber gelegentlich entlarvende Fehler leisten oder gar – wie jeder von uns aus bitterer Erfahrung weiß – zwischendurch einfach „abstürzen“? Vielleicht läuft der Dialog eher so wie in Textkasten 3.5?

¹¹⁷Quelle: „Google Duplex: – Guten Tag, Sie sprechen mit einer KI“ auf *Heise online* vom 11.05.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Google-Duplex-Guten-Tag-Sie-sprechen-mit-einer-KI-4046987.html>).

¹¹⁸Wortprotokoll auf Matthias Kremp: „Künstliche Intelligenz: Google Duplex ist gruselig gut“ in *Spiegel online* vom 09.05.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/google-duplex-auf-der-i-o-gruselig-gute-kuenstliche-intelligenz-a-1206938.html>). Hören Sie Beispiele auf „Google Duplex: An AI System for Accomplishing Real-World Tasks Over the Phone“ vom 08.05.2018 (<https://ai.googleblog.com/2018/05/duplex-ai-system-for-natural-conversation.html>).

„Hey Google, bitte reserviere mir für nächsten Donnerstag ein Zimmer im Holiday Inn in Wuppertal.“

„Guten Tag, hier ist die Zimmerreservierung des Holiday Inn in Wuppertal. Sie möchten ein Zimmer für nächsten Donnerstag?“

„Guten Tag! Ja, gerne. Was für Zimmer haben sie?“

„Wir haben Hotelzimmer. Ein Hotelzimmer nach Paragraph 7 Absatz 3 der Beherbergungsbetriebsverordnung und der internationalen Terminologienorm DIN EN ISO 18513 ist ein Zimmer zur vorübergehenden, beim Einwohneramt nicht meldepflichtigen Beherbergung gegen Bezahlung.“

„Ich wollte eigentlich wissen ... Vergiss es!“

„Ich entschuldige mich, aber ich kann Informationen über Hotelzimmer in der Beherbergungsbetriebsverordnung nicht löschen.“

„Zurück, zurück! Ich möchte ...“

„Auf Ihren Wunsch gehe ich zwei Dialogschritte zurück. Guten Tag, hier ist die Zimmerreservierung des Holiday Inn in Wuppertal. Sie möchten ein Zimmer für nächsten Donnerstag?“

„Ja, Ich hätte gerne ein Doppelzimmer für drei Tage.“

„Mhmm. Darf es auch eine Juniorsuite sein? Eine Juniorsuite ist eine Unterkunft in einem Raum mit zusätzlichem Platz für Sitzgelegenheiten.“

„Ich möchte ...“

„Entschuldigen Sie die Unterbrechung. Ich installiere ein Update für Windows 22. Bitte haben Sie etwas Geduld.“

(Musik: Vivaldi „Vier Jahreszeiten“). Nach 10 Minuten:

„Guten Tag, hier ist die Zimmerreservierung des Holiday Inn in Wuppertal. Sie möchten ein Zimmer für nächsten Donnerstag?“

(Mit zusammengebissenen Zähnen) „Ich möchte ein Doppelzimmer!!“

„Ihre Aussprache ist etwas undeutlich. Ich verbinde Sie mit dem logopädischen Service. Möchten Sie ein Abonnement abschließen? Dann erhalten Sie Sonderkonditionen.“

„Nein danke, ich möchte nicht.“

„Mhmm. Mhmm. Sie möchten die Reservierung für ein Doppelzimmer storno-stornieren?“

„Nein, nur ... Ach was! Halt, halt. Stop. Aus. Ende!“

„Hard stop Routine ANSQX Position Hex 3AF07ED.“

(Im Hintergrund): „Schatzi, ruf jetzt doch mal Tante Hilde an ...“

Textkasten 3.5 Ein realistisches Gespräch mit einem KI-Sprachsystem

Ist das nur eine billige Parodie? Oder trägt es einen realistischen Kern in sich, wo doch weltweit Tausende ihren Computer neu starten, weil er „sich aufgehängt hat“? Oder, wenn man „mal eben schnell“ etwas erledigen möchte, ein halbstündiges Software-Update dazwischenkommt.

Doch das Gefährdungspotenzial ist nicht zu unterschätzen, wenn man am Telefon Menschen nicht mehr von Maschinen unterscheiden kann. Wenn Maschinen sogar bekannte Stimmen in allen ihren Facetten imitieren können. Ein Freund ruft Sie an und bittet Sie verzweifelt, ihm mit Western Union etwas Geld zu überweisen – er hat seine Kreditkarte verloren. Der Enkel ruft die Oma an und warnt sie vor Einbrechern – sie solle lieber ihren Schmuck und ihr Bargeld dem Freund geben (er ist Notar und daher vertrauenswürdig), der in ein paar Stunden vorbeikommt. Die Dame aus der Lotteriezentrale meldet sich und will Ihnen Ihren Gewinn auszahlen, muss aber vorher nur noch ein paar Gebühren und Steuern dafür kassieren. Selbst wenn nur einer aus 1000 darauf hereinfällt – es lohnt sich, denn die Computer arbeiten rund um die Uhr mit minimalen Kosten.¹¹⁹

Und brauchen Sie einen stimmlichen Doppelgänger, einen *Vocal Avatar*? Auf der passenden Webseite können Sie ihn basteln: „Nimm dich selbst beim Lesen von 30 Sätzen auf und erstelle deinen eigenen stimmlichen Avatar, der nach dir klingt.“¹²⁰

KI hilft im Kampf gegen Behörden

„Ist doch eine Schweinerei! Ich kriege ein Parkknöllchen ... und dabei hat nur ein Witzbold ein mobiles Halteverbotschild einer Baustelle verschoben.“

„Erhebe doch Einspruch!“

„Dazu habe ich nicht die Fachkenntnisse.“

„Dann nimm dir doch einen Rechtsanwalt!“

„Der kostet mich mehr als zehn Knöllchen.“

„Ach was! Ruf doch mal diese Nummer an.“

Gesagt getan. Das Gespräch sehen Sie im Textkasten 3.6 (A = Anrufer, R = Rechtsanwalt).

¹¹⁹Christian Stöcker: „Sprechende Computer: Karl Klammers gefährliche Kinder“ in *Spiegel online* vom 13.05.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/sprechende-computer-karl-klammers-gefährliche-kinder-kolumne-a-1207239.html>).

¹²⁰Vorerst nur auf Englisch: „Create your own vocal avatar!“ (<https://lyrebird.ai/>).

R: Guten Tag! Rechtsanwalt Browder hier. Was kann ich für Sie tun?
A: Ich brauche Hilfe beim Einspruch gegen einen Bußgeldbescheid.
R: Okay. Erst einmal: Zahlen Sie nicht! Ein Bußgeldbescheid weswegen?
A: Ich habe falsch geparkt. Nein, ich habe nicht falsch geparkt, aber das Halteverbotsschild wurde verschoben.
R: Das Halteverbotsschild wurde verschoben? Wann und wo war das?
A: Gestern gegen 15 Uhr, Albrechtstraße 18.
R: Wieso wurde das Halteverbotsschild verschoben?
A: Es war ein mobiles Schild. Die Baustelle ist 50 Meter weiter vorne, bei Nummer 14. Bei Nummer 18 ist eine blaue Parkzone, und ich habe ein korrektes Ticket.
R: Danke. Heben Sie das Ticket auf. Nennen Sie mir Ihre Mailadresse und ich schicke Ihnen ein Einspruchsschreiben zu.
A: Oh, vielen Dank! Was kostet mich das?
R: Der Service ist kostenlos. Vielen Dank, dass Sie uns kontaktiert haben. Empfehlen Sie uns weiter.

Textkasten 3.6 Der Rechtsanwalt hilft schnell, unkompliziert und ... kostenlos

Ein Märchen aus 1001 Nacht? Das „Zahlen Sie nicht“ heißt auf Englisch *DoNotPay*. Es ist der Name eines *Chatbots*, erfunden von Joshua Browder. Ein *Chatbot* ist ein Roboter, genauer: ein KI-Programm, mit dem man schwätzen kann (engl. *to chat*). Dahinter verbirgt sich ein 18-jähriger Student, der in London nach 60 Knöllchen die Nase voll hatte. Die Daily Mail schrieb: „Der 18-jährige Student, der den britischen Fahrern in nur vier Monaten 2 Mio. Pfund gespart hat: Teenager richtet kostenlose Beschwerde-Website in seinem Schlafzimmer ein, die bereits 30.000 Parkstrafen gekippt hat.“¹²¹ Inzwischen studiert er an der renommierten *Stanford University* in Kalifornien und hat seinen Service ausgeweitet. Noch allerdings spricht sein *Chatbot* nicht (das war dichterische Freiheit), sondern führt die Konversation per Tastatur und Bildschirm. Danach schickt der *Bot* dem Benutzer ein juristisch wasserdichtes Einspruchsschreiben, das er nur noch zu unterschreiben braucht.¹²² Ist das die Zukunft angeblich hoch qualifizierter Berufe wie Rechtsanwalt, Anlageberater, Gutachter, Versicherungsvermittler und was es sonst noch gibt? Zumindest sagt Browder, dass er letztlich hofft, „25.000 ausbeuterische Anwälte“ durch Roboter zu ersetzen, die – durch künstliche Intelligenz

¹²¹ Julian Robinson: „The 18-year-old student who has saved British drivers £2MILLION in just four months: Teenager sets up free appeals website in his bedroom which has overturned 30,000 parking fines already“ in *Daily online* vom 28.12.2015 (<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3341645/The-18-year-old-student-saved-British-drivers-2MILLION-just-four-months-Teenager-sets-free-appeals-website-bedroom-overturned-30-000-parking-fines-already.html>).

¹²² Siehe https://en.wikipedia.org/wiki/Joshua_Browder und <https://www.donotpay.com/>.

angetrieben – auf Fragen mit entsprechenden menschlichen Emotionen antworten können.

Ist KI bald besser als NI?

Es gibt Anzeichen (und Wissenschaftler, die das vorhersagen), dass die künstliche Intelligenz (KI) die natürliche Intelligenz (ich nenne sie mal „NI“) bald übertrumpfen wird. Mit anderen Worten, selbsternannte Propheten sagen voraus, dass es schon bald eine „starke KI“ geben wird, die uns Menschen auf die Rolle von Zoo- oder Haustieren reduzieren wird.

Auf der anderen Seite gab es schon früh Skeptiker, die vor zu viel Euphorie warnten. Ein klassisches Beispiel ist ein Artikel von dem *Computer-Science*-Professor Leslie Mezei, der im Januar 1967 in der *Datamation* erschien.¹²³ Darin beschreibt er voller Begeisterung einen Dialog mit einem KI-System in natürlicher Sprache, der in der damaligen Zukunft (am 5. Dezember 1985) stattfinden könnte. Es schlägt ihm Themen für seine Vorlesung vor, übt Chinesisch mit ihm, empfiehlt ihm Witze über maschinelle Übersetzung und präsentiert ihm Zahlenrätsel. Das ließ einen anderen Computerwissenschaftler, Barry W. Boehm, nicht ruhen. In der nächsten Ausgabe präsentierte er seine Version eines Dialoges mit einem „intelligenten Computer“, die so gründlich schiefläuft, dass sie in einer wütsten Beschimpfung der Maschine endet: „*You @#\$ computer!*“¹²⁴ Weil der Computer tut, was man ihm sagt, aber nicht versteht, was man meint. Der schönste Teil des Dialoges ist der verzweifelte Ausruf des Professors: „Ich wollte, ich hätte meine gute alte 704 wieder!“¹²⁵ Der Computer, nach einer kurzen Pause: „Ich habe eine 704 mit der Seriennummer 013 im *Radio Shack* in Muncie, Indiana gefunden.“

Menschliches versus maschinelles Lernen: Wie lernt ein Kind, was ein Hund ist? Und dass ein Hund „Hund“ genannt wird (hilfsweise „Wau-wau“)? Indem es darauf zeigt, weil es ihn bemerkt und für interessant hält, und Mami oder Papi sagt „Hund“. Nach etwa 30 Hunden und 3 Katzen („Nein, Katze! Kazzeeeee!!“) hat es gelernt. Dann erkennt es auch Hunde, die

¹²³ *Datamation* ist eine Computerzeitschrift, die zwischen 1957 und 1998 in den Vereinigten Staaten in gedruckter Form veröffentlicht wurde und seitdem im Internet als Online-Magazin existiert (www.datamation.com).

¹²⁴ Diese beiden Beiträge habe ich mit Textkästen 3.4 und 3.5 nachempfunden.

¹²⁵ Die IBM 704 aus dem Jahr 1954 war ein Großrechner mit Radioröhren speziell für mathematische Anwendungen (ausführlich in https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_704).

es noch nie gesehen hat – aufgrund der Kategorie, die es aus den Einzelfällen abstrahiert hat. Denn es ist ein intelligentes Kind.

Wie lernt eine „künstliche Intelligenz“, was ein Hund ist? Genauso! Aber sie braucht Tausende von Hundebildern. Die Propheten sagen, jetzt bräuchten wir nur die so entstehenden zigtausend Spezialisten („schwache KI“) für die einzelnen Fachgebiete zu einem riesigen Netz zusammenzuschalten und – bingo! – schon hätten wir die „Superintelligenz“. Die Optimisten sagen voraus: „Die neuesten Entwicklungen der Computer und der digitalen Technologien werden für unsere mentalen Kapazitäten das bedeuten, was die Dampfmaschine einst für unsere Muskelkraft bedeutete.“¹²⁶

Aber wie gut sind denn die „schwachen“ isolierten Systeme, z. B. in der Medizin?

Watson, wir haben ein Problem

Wer kennt ihn nicht, den berühmten Hilferuf aus der Raumfahrtmission *Apollo 13*: „Houston, we've had a problem“? Heutzutage rufen wir in schwierigen Fällen nach *Watson*. Das ist nicht der berühmte Assistent von Sherlock Holmes, sondern – in diesem Fall – ein künstlicher Arzt. Er kann inzwischen mehr als nur *Jeopardy!* spielen. Er ist nahezu allwissend, zumindest belesener als alle seine Kollegen. Denn er liest 2300 medizinische *Abstracts* (also Zusammenfassungen von Studien) jährlich. Die komplette medizinische Literatur hat er sich einverleibt. Milliarden von Patientendaten, Laborergebnissen, Untersuchungen. Er hat tausendmal mehr Röntgenbilder analysiert als der erfahrenste Lungenarzt. Er stellt angeblich verlässlichere Diagnosen und schlägt wirksamere Therapien vor als seine menschlichen Kollegen.

Früher (und heute in der „Schwarzwaldklinik“) regierte der ärztliche Direktor. Er ging herum, kümmerte sich um die Patienten und das Personal und sorgte dafür, dass es allen gut ging. Heute regiert der kaufmännische Direktor. Die Kommerzialisierung geht einher mit der Digitalisierung. Die Zahlen zählen. Parameter und Kenngrößen werden erfasst, in Modellen abgebildet und optimiert. Verweildauer, Zahl und Ertrag der Operationen, Kosten und Erträge. Der kaufmännische Direktor sorgt dafür, dass alles gut aussieht in den Bilanzen, den Aktienkursen und den Quartalsberichten für

¹²⁶Lars Gaede: „Watson, wir haben ein Problem“ in *Zeit online* vom 22.09.2016 (<http://www.zeit.de/wirtschaft/2016-09/kuenstliche-intelligenz-maschinen-menschenersatz-jobs/komplettansicht>).

die Investoren. Bald wird er durch ein KI-System ersetzt werden, das diese Optimierungsprozesse besser ausführt.

Watson kann auch in kürzester Zeit umgeschult werden. Heute noch Arzt, morgen schon Fachkraft für geologische Erkundungen oder die Bearbeitung von Schadensfällen einer Versicherung. Menschen in 45 Ländern und aus 20 verschiedenen Industrien arbeiten gemeinsam mit ihm.¹²⁷ Er hilft bei der Steuerung und Überwachung von Aufzügen oder in der Qualitätskontrolle in der Produktion. Doch sein Ruf ist angekratzt. Offenbar waren die Ziele, die sich IBM und ihre Partner auf diesem Feld gesteckt hatten, zu ambitioniert. Seine „Mission, den Krebs auszurotten“ scheint vorerst gescheitert, denn es soll „ungesunde und falsche“ Behandlungsempfehlungen für Tumorerkrankungen gegeben haben.¹²⁸

Ähnliche Wege ging man auch an der *Carnegie Mellon University* unter der Leitung von Louis-Philippe Morency. Ein KI-System erkennt psychische Erkrankungen. Dass man per Gesichtserkennung Sie als Person identifizieren kann, das haben Sie ja schon akzeptiert. Aber *MultiSense* analysiert 68 Punkte Ihrer Mimik, dazu noch Ihre Sprachmelodie, und erkennt, ob Sie aggressiv, depressiv oder sonst irgendwie nicht gut drauf sind. *MultiSense* verfolgt und analysiert automatisch in Echtzeit Gesichtsausdrücke, Körperhaltung, akustische Merkmale, linguistische Muster und übergeordnete Verhaltensbeschreibungen (z. B. Aufmerksamkeit und Zappeleien). Es leitet sich aus diesen Signalen und Verhaltensweisen die genannten Indikatoren für psychische Belastung ab. Das Interview mit den Patienten führt *SimSensei*, ein virtueller Mensch, ein interaktiver, computer-generierter Charakter, der in einer ansprechenden, persönlichen Interaktion automatisch Indikatoren für psychische Belastungen wie Depressionen, Angstzustände und posttraumatischen Stress identifizieren kann. Der virtuelle Mensch reagiert automatisch mit seiner eigenen Sprache und Gestik auf den wahrgenommenen Zustand und die Absicht des Benutzers. *SimSensei* ist keine Therapeutin. Sie ist eine Interviewerin oder Screenerin, die Fragen stellen und Antworten „verstehen“ kann. Sie gibt keine Ratschläge und stellt keine Diagnosen. Morency sagt, dass die Software Indikatoren fand, die den Ärzten bisher unbekannt waren.¹²⁹

¹²⁷ „Woran arbeitet Watson heute?“, offizielle Seite der IBM (<https://www.ibm.com/cognitive/de-de/outthink/>).

¹²⁸ Stefan Krempel: „Kampf gegen Krebs: Dr. Watson enttäuscht Erwartungen“ auf *Heise online* vom 15.08.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Kampf-gegen-Krebs-Dr-Watson-enttäuscht-Erwartungen-4137203.html>).

¹²⁹ Susie Cribbs: „Morency's Multimodal Research Helps Doctors Diagnose Mental Illness“ auf CMU *Language Technologies Institute* vom 17.02.2015 (<https://www.lti.cs.cmu.edu/news/morencys-multimodal-research-helps-doctors-diagnose-mental-illness>).

Wir sind auf dem Weg. Man empfiehlt uns Gesundheits-Apps wie *Vivy* mit blumig-anschmeichelnden Formulierungen: „Deine persönliche Gesundheitsassistentin ist da. Die Zukunft deiner Gesundheit liegt in deiner Hand. Denn *Vivy* ist mehr als eine elektronische Patientenakte.“ Das ist „Neuland im deutschen Gesundheitssystem“ und stellt „einen bedeutenden Schritt in eine digitale Gesundheitswelt“ dar.¹³⁰ Erfreulicherweise ist es nur eine Datensammlung und keine KI. Aber das kann ja noch kommen. Auch *Ada* führt als App auf dem Smartphone mit uns ein Arztgespräch und kommt zu einer ... – „Diagnose“ wäre verboten – Vermutung darüber, was uns plagt.

Die „GAFAs“ (Sie erinnern sich: die Internetgiganten Google, Apple, Facebook und Amazon) haben den Markt entdeckt. US-amerikanische Konzerne gieren nach Patientendaten aus Europa.¹³¹ *Alphabet Inc.*, Holding-Mutter von Google, hat *Verily* gegründet, eine Forschungsorganisation, die sich dem Studium der Biowissenschaften (*Life Sciences*) widmet. Unter vielen Projekten in Zusammenarbeit mit Pharma-Firmen arbeitet es an Kontaktlinsen (*Smart Lenses*), die es Menschen mit Diabetes ermöglichen, ihren Glukosespiegel kontinuierlich mit einem nicht-invasiven Verfahren zu überprüfen.¹³² Die großen IT-Konzerne kämpfen zwar noch mit der Einzigartigkeit und Komplexität des deutschen Gesundheitswesens (wie dem „Fernbehandlungsverbot“) sowie dem europäischen Datenschutz, aber sie erwarten gute Zeiten für die Telemedizin. Schließlich wird der weltweite Telemedizinmarkt laut der Studie der Marktforscher von *BBC Research* von 23,8 Mrd. US\$ im Jahr 2016 auf etwa 55,1 Mrd. US\$ im Jahr 2021 ansteigen.¹³³

Warnung vor der neuen Technik

Erinnern Sie sich an das Jahr 1865? Damals gab es ein Gesetz, dass 55 m vor jedem Fahrzeug eine Person mit einer roten Flagge laufen muss, um die Verkehrsteilnehmer zu warnen. Es war der „*Red Flag Act*“ in England und bezog sich auf Lokomotiven und Dampfwagen und die ersten Automobile. Heute

¹³⁰ „Deine persönliche Gesundheitsassistentin ist da“, Vivy-Homepage auf <https://www.vivy.com/>.

¹³¹ „Telemedizin in Deutschland: Interessanter Markt für US-Unternehmen“ auf *Heise online* vom 04.02.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Telemedizin-in-Deutschland-Interessanter-Markt-fuer-US-Unternehmen-3960268.html>).

¹³² „Smart Lens Program“ auf *Verily*-Seite (<https://verily.com/projects/sensors/smart-lens-program/>).

¹³³ „Telemedizin in den USA: ein lukrativer Markt“ auf *US-Corporation*-Seite vom 16.06.2016 (<http://www.us-corporation.org/telemedizin-in-den-usa-ein-lukrativer-markt>).

Tab. 3.1 Siri äußert sich (nicht) zu persönlichen Fragen

Siri:	<i>What can I help you with?</i>	Womit kann ich Ihnen helfen?
Question:	<i>Are you a computer?</i>	Sind Sie ein Computer?
Siri:	<i>I can neither confirm nor deny my current existential status.</i>	Ich kann meinen gegenwärtigen existentiellen Status weder bestätigen noch leugnen
Question:	<i>Are you a human?</i>	Sind Sie ein Mensch?
Siri:	<i>I'm an assistant. That's all that matters.</i>	Ich bin ein Assistent. Das ist alles, was zählt
Question:	<i>Are you an AI?</i>	Sind Sie eine KI?
Siri:	<i>That's a rather personal question</i>	Das ist eine ziemlich persönliche Frage

schlägt ein KI-Professor vor, analog zum Turing-Test eine „Turing-Warnflagge“ zu fordern.¹³⁴ Denn heute gibt Siri ja eher ausweichende Antworten (Tab. 3.1).

Er meint: „Künstliche Intelligenz sollte deutlich machen, dass es sich um eine künstliche Intelligenz handelt und nicht um einen echten Menschen“ und „Ein autonomes System sollte so konzipiert sein, dass es mit nichts anderem als einem autonomen System verwechselt werden kann und dass es sich am Anfang jeder Interaktion mit einem anderen Agenten identifiziert“. Er fordert eine „Ethik der Algorithmen“, damit die Grenze zwischen Software und menschlichem Verhalten deutlich wird. Nun, auch das ist nicht wirklich neu. Schon 1991 beschäftigten sich zwei australische Computerwissenschaftler mit „Computer-Ethik“.¹³⁵ Einige fordern, dass KI ihre Entscheidungen erklären soll, sodass Menschen sie nachvollziehen können.¹³⁶

Auch Tim Berners-Lee macht sich Sorgen. In einer Zeitung steht:

„Noch immer ist man der Tech-Welt ratlos darüber, wie das Internet und die sozialen Medien innerhalb von nur wenigen Jahren von Mitteln der Demokratieverbreitung hin zu Waffen wurden, mit denen diese bekämpft wird. [...] Eine Art kollektive Entzauberung hat stattgefunden, die man auch bei anderen revolutionären Bewegungen in der Vergangenheit beobachten konnte. [...] Immer dann nämlich, wenn die vorhergesagte Heilslehre nicht eintritt.“

¹³⁴Toby Walsh: „Turing's Red Flag“, Veröffentlichung der University of New South Wales vom 30.10.2015 (<https://www.cse.unsw.edu.au/~tw/wcam15.pdf>).

¹³⁵Tom Forester, Perry Morrison: „Computer Ethics. Cautionary Tales and Ethical Dilemmas in Computing“, MIT Press, Oxford 1991, 2. Auflage 1994. Siehe auch Gert Scobel: „Das verstaubte Buch aus dem Regal“ auf Scobels Kolumne in 3sat (<http://www.3sat.de/page/?source=/scobel/197333/index.html>).

¹³⁶Johannes Kuhn: „Computer, erklär mir, was du tust“ in Süddeutsche Zeitung vom 30.03.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-computer-erklaer-mir-was-du-tust-1.3922868>).

Berners-Lee arbeitet jetzt an einem Projekt namens *Solid*. Das Kürzel steht für „*Social Linked Data*“ (sozial verbundene Daten), um sämtliche existierende Geschäftsmodelle und Konventionen im Netz umzukrempeln: Nutzer sollen ihre persönlichen Informationen selbst kontrollieren. Anstatt seine eigenen Daten den Servern der großen IT-Konzerne zu übereignen, soll jeder Nutzer in Zukunft selbst die Hoheit über seine persönlichen Informationen besitzen. Persönliche und soziale Daten wie Kontakte, Fotos, Gesundheitsdaten oder auch Kontobewegungen sollen in verschiedenen „Containern“ an beliebigen Orten gespeichert werden. Und der Nutzer soll selbst bestimmen können, wer Zugriff auf die dort hinterlegten Daten hat. Wer dann von einem Anbieter zum anderen wechselt, entzieht dem alten Anbieter die Rechte und gewährt sie dem neuen. Genauso könnte ein Umzug von einem sozialen Netzwerk in ein anderes vonstattengehen. Die Macht der Megakonzerne wäre gebrochen.¹³⁷

Die amerikanische Ökonomin Shoshana Zuboff meint, die neue digitale Wirtschaft sei extrem gefährlich und der Überwachungskapitalismus zerstöre die innere Natur des Menschen. Informations- und Kommunikationstechnologien erreichen heute drei der über sieben Milliarden Bewohner der Erde und sind noch weiter verbreitet als die Nutzung der Elektrizität. Sie vergleicht unseren heutigen Umgang mit den neuen Technologien gerne mit der Art, wie die amerikanischen Ureinwohner die spanischen Eroberer willkommen hießen. Diese Menschen hatten keine Chance, die Bedeutung der Ankunft einer neuen Macht zu erahnen, die ihre spätere Unterwerfung mit sich brachte. Unsere gesamte soziale und berufliche Interaktion zwingt uns mehr und mehr dazu Online-Kanäle zu nutzen. Es sei unmöglich, sich ihnen zu entziehen – und wer es dennoch tue, gerate ins gesellschaftliche Abseits. Der Überwachungskapitalismus ziehe seine Profite aus den Daten, die er aus unserem Alltagsleben extrahiert. Viele Menschen hätten den Eindruck, bei dieser raschen Veränderung die Kontrolle über ihr Leben zu verlieren – der Mensch wird zur reinen Informationsquelle. Sein Datenschatten wird ihm gewissermaßen abgesaugt, und er läuft ohne einen sichtbaren Widerhall durch die Welt. Wer nichts zu verbergen hat, ist nichts.¹³⁸

Auch Ranga Yogeshwar fürchtet: „Die neuen künstlichen Stimmen [...] atmen und seufzen wie ein Mensch, und in wenigen Jahren dürften wir

¹³⁷ Michael Moorstedt: „Wie der Web-Erfinder das Netz retten will“ in SZ.de vom 28.08.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/sir-tim-berners-lee-wie-der-web-erfinder-das-netz-retten-will-1.4105026>).

¹³⁸ Quelle: Zuboff S (2018).

wohl nicht mehr wissen, ob der nette Mitarbeiter am anderen Ende noch ein Mensch ist oder lediglich ein kalter intelligenter Apparat.“¹³⁹

Nur Grusel-Szenarien? Gibt es auch Einsicht und Selbstkontrolle der IT-Konzerne? Sind die ethischen Regeln, die sich zum Beispiel Google gegeben hat, nur Marketing-Geräusch oder ernsthaft verfolgte Richtlinien?¹⁴⁰ Im Jahr 2020 werden rund 50 Mrd. Sensoren und Maschinen vernetzt sein. Viele sorgen sich, dass die Daten missbraucht werden und dass Konzerne oder Staaten die Maschinen manipulieren und die Privatsphäre der Bürger verletzen. Wir brauchen eine Art Gesellschaftsvertrag des Digitalzeitalters, der die Grenzen der künstlichen Intelligenz bestimmt und der die Systeme davor schützt, von Kriminellen und Despoten übernommen zu werden. IT-Schwergewichte wie Google, Amazon, IBM, Facebook und Microsoft haben die Initiative *Partnership on AI* gegründet, um unter anderem ihre Systeme und deren Funktionen transparent und damit kontrollierbar zu machen. Sie möchte „das Verständnis der Öffentlichkeit für KI fördern und als offene Plattform für Diskussionen und Engagement über KI und ihre Auswirkungen auf Mensch und Gesellschaft dienen.“¹⁴¹

Wohin führt KI die Menschheit?

Die KI hat Fortschritte gemacht, die niemand für möglich hielt. Aber ähnelt das nicht dem Versuch, auf einer Leiter zum Mond zu kommen (Abb. 3.5)? Und wenn es eine neue Technik gibt (neuerdings sagt man „Technologie“ dazu) – wie z. B. die neuronalen Netze –, ist sie dann im Vergleich nicht vielleicht nur ein Flugzeug, das auf die (menschliche Denk-)Atmosphäre beschränkt ist? Vielleicht erfinden wir die Mondrakete nie und erreichen nie den Mond der „außerirdischen Intelligenz“? Aber wir sollten in dem Zusammenhang an „Amaras Gesetz“ denken: „Wir neigen dazu, die kurzfristige Wirkung einer Technologie zu überschätzen und die langfristige Wirkung zu unterschätzen.“ Viele Fachleute halten heutige Erwartungen wie Ängste angesichts der Fortschritte in der Entwicklung der KI für überzogen.

¹³⁹Ranga Yogeshwar: „Nächste Auf Fahrt Zukunft ...“, Rede vor der Leibniz-Gemeinschaft Berlin am 28.11.2017 (<https://yogeshwar.de/?p=2177>).

¹⁴⁰„Artificial Intelligence at Google – Our Principles“ auf <https://ai.google/principles/>.

¹⁴¹Sven Hansel: „Wie Forscher den Missbrauch künstlicher Intelligenz verhindern wollen“ in *WirtschaftsWoche* vom 22.04.2018 (<https://www.wiwo.de/unternehmen/mittelstand/hannovermesse-vernetzte-industrie-wie-forscher-den-missbrauch-kuenstlicher-intelligenz-verhindern-wollen/21190118-all.html>). Siehe dazu auch „Partnership on AI“ auf <https://www.partnershiponai.org/about/>.



Abb. 3.5 Wir machen Fortschritte auf dem langen Weg zum Mond

Doch auch hier gilt der alte Kalauer: Prognosen sind schwierig, besonders für die Zukunft.¹⁴²

Wie wird KI die Zukunft der Arbeit beeinflussen? Auf diese Frage antwortet Jürgen Schmidhuber:¹⁴³

„Künstliche Intelligenzen (KI) werden lernen, fast alles zu tun, was die Menschen können, und vieles mehr. Ihre künstlichen neuronalen Netze (KNNs) werden durch Erfahrung intelligenter und schneller und größer – um den Faktor 100 pro Jahrzehnt und Dollar. Das heißt, in ein paar Jahrzehnten sollten wir ziemlich billige Computer mit der rohen Rechenleistung aller menschlichen Gehirne zusammengenommen haben, und das wird nicht aufhören.“

¹⁴²Christian Simon: „Keine Panik, es ist nur künstliche Intelligenz“ in SZ.de vom 12.10.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/ki-debatte-keine-panik-es-ist-nur-kuenstliche-intelligenz-1.4165614>).

¹⁴³Persönliche Mitteilung an den Autor vom 25.04.2018. Mit „Faktor 100“ ist eine 100-fache Leistungssteigerung gemeint bei gleichzeitiger Verringerung der Kosten um diesen Faktor.

Die selbstverbessernde Software, die auf solchen Maschinen läuft, wird nicht weit hinterherhinken. Die seit den 1990er Jahren in unseren Labors in München und der Schweiz entwickelten *Deep-Learning-KNNs* stehen bereits Milliarden von Anwendern über ihr Smartphone zur Verfügung, z. B. für die Spracherkennung. Unsere formale „Theorie des Spaßes“ (engl. *formal theory of fun*) erlaubt es sogar, künstliche Neugier und Kreativität umzusetzen, künstliche Wissenschaftler und Künstler zu bauen. Supersmarte KIs werden bald das Sonnensystem und den Rest der Galaxie besiedeln. Natürlich müssen Roboter und ihre Besitzer ausreichend Steuern zahlen, um eine soziale Revolution zu vermeiden. Was bleibt also noch für den Menschen zu tun? Frei von harter Arbeit wird der „*Homo Ludens*“ (wie immer) neue Wege des professionellen Umgangs mit anderen Menschen erfinden. Schon heute arbeiten die meisten Menschen (wahrscheinlich auch Sie) in „Luxusberufen“, die im Gegensatz zur Landwirtschaft für das Überleben unserer Spezies nicht wirklich notwendig sind. Maschinen sind viel schneller als (der Weltklasse-Sprinter) Usain Bolt, aber er kann immer noch Hunderte von Millionen verdienen, indem er andere Menschen auf der Rennstrecke besiegt. In Südkorea, dem am meisten vernetzten Land, entstanden neue Arbeitsplätze, zum Beispiel als professioneller Videospieler. Bemerkenswert ist, dass Länder mit vielen Robotern pro Kopf (Japan, Deutschland, Korea, Schweiz) relativ niedrige Arbeitslosenquoten haben. Meine alte Aussage aus den 1980er Jahren ist immer noch gültig: Es ist leicht vorherzusagen, welche Arbeitsplätze verschwinden werden, aber es ist schwer vorherzusagen, welche neuen Arbeitsplätze geschaffen werden.“

Wirklich ein optimistisches Statement ... oder passt Abb. 3.5? Es gibt nicht viele, die seine glühend optimistische Einstellung zur digitalen Revolution teilen.

Da erhebt sich natürlich folgende Frage: Welches ist unser „Alleinstellungsmerkmal“, unsere natürliche Intelligenz (NI)? Da werden „Liebe, Empathie, Kunst, Fehleranfälligkeit, Flexibilität, Innovationskraft, moralisches Denken und Zuversicht“ genannt¹⁴⁴ – eine anzweifelbare Liste, speziell bei „Fehleranfälligkeit“. Wer denkt da nicht an Stanislaw Jewgrafowitsch Petrow, der am 26. September 1983 fünf in Montana gestartete Atomraketen entdeckte – so meldete es der sowjetische Kosmos-1382-Satellit. Der US-amerikanische Erstsieg, den viele damals im Ostblock befürchteten. Er hatte den Befehl, in einer solchen Situation den Gegenschlag auszulösen – im Sinne der damals herrschenden Militärdoktrin. Doch nun schaltete Petrow sein Hirn ein: nur

¹⁴⁴Ulrich Schnabel: „Was macht uns künftig noch einzigartig?“ in *Die Zeit* Nr. 14, 28.03.2018 S. 37.

fünf Atomraketen für einen Erstschlag?! Das war doch total unwahrscheinlich! Ein Fehlalarm. Ein Softwarefehler im Satelliten, der gefährlichste Softwarefehler in der Geschichte. Er gab den Alarm nicht weiter. So rettete er vermutlich die Menschheit.¹⁴⁵ In späteren Interviews gab er zu, das Hirn gar nicht benutzt zu haben. Die Vorwarnzeit war viel zu kurz für genaue Analysen. Er benutzte seinen Bauch – das unbewusste Bewusstsein: „Ich vertraute damals meiner Erfahrung und meinem Gefühl, nicht den Computern. Danach trank ich einen halben Liter Wodka und schlief 28 Stunden.“ Hätte ein KI-System auch so „vernünftig“ entschieden?

Viele Autoren sagen, wir wären nur biologische Maschinen und komplett von Algorithmen gesteuert, den genetisch vererbten und den durch Lernen erworbenen.¹⁴⁶ Andere sagen, das sei vielleicht die materielle Basis, aber der Mensch sei mehr als nur eine Maschine. Die beiden Lager bekämpfen sich manchmal erbittert. Ich mache einen Kompromissvorschlag: „nur biologische Maschinen“ – was heißt „nur“? Mehr ist anders – das inzwischen schon oft bestätigte Gesetz. 100 Mrd. Neuronen und eine vielfach höhere Zahl an Verbindungen zwischen ihnen erzeugen eine neue Qualität. Das ist Emergenz, wie schon gesagt. Allerdings – was die „Mensch ist mehr“-Leute oft implizieren – für die Existenz einer wie auch immer definierten unsterblichen Seele, die *nicht* mit dem Körper stirbt, gibt es keine belastbaren Hinweise.

Was sicher zu unseren „Alleinstellungsmerkmalen“ gehört, sind unsere inneren logischen Widersprüche – glauben doch auch viele Naturwissenschaftler (die eigentlich nur auf harte Beweise bauen dürften) an höhere Wesen und andere weder glaubhafte noch gar nachweisbare Phänomene. Auch unser Gedächtnis ist eigentlich auf Vergessen programmiert und alles andere als der perfekte Speicher eines Computers.¹⁴⁷ Unser Gehirn besitzt außerdem die Fähigkeit, sich selbst zu organisieren, während Computer nahezu noch vollständig auf einen menschlichen Programmierer angewiesen ist. „Nahezu noch“ heißt, dass es erste Ansätze gibt (eine weitere *Matroschka*), dass die Maschine ihre Software selbst erstellt.

Ein Philosoph schreibt: „Unser Bewusstsein ist das größte Rätsel der Wissenschaft: Wir bestehen aus Milliarden von Molekülen, die weder denken noch fühlen können – und doch machen sie zusammen unsere Persönlichkeit

¹⁴⁵Friedrich Schmidt: „Der Mann, der die Welt rettete“ in FAZ.net vom 19.09.2017 (<http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/held-des-kalten-krieges-stanislaw-petrov-verhinderte-einen-atomkrieg-15206332.html>).

¹⁴⁶Dazu gehören u. a. Meckel M (2018) und Harari Y (2017).

¹⁴⁷Sehr ausführlich in Shaw J (2018).

und unser subjektives Erleben aus.“¹⁴⁸ Na ja, das nennt man „Emergenz“, wie gesagt. Denn ein Computer besteht auch nur aus Milliarden Bits und ist trotzdem mit Intelligenz (wenn auch „künstlicher“) begabt. Und das ist nur *ein* Beispiel in einer Vielzahl ähnlicher Aussagen. Hier gerät jedoch einiges durcheinander: Erstens werden Hardware und Software verwechselt (Moleküle und Bewusstsein). Der Logiker nennt das einen „Kategorienfehler“. Zweitens scheint bei den Autoren solcher Sätze das Phänomen der Emergenz unbekannt zu sein. Die „Milliarden von Molekülen“, aus denen Computer bestehen, können auch nicht rechnen. Ein Molekül „kann“ gar nichts – außer sich aufgrund chemischer Eigenschaften evtl. mit anderen zu verbinden. Auch die zwei einzelnen Zellen, aus denen letztlich ein intelligenter Mensch wird, können nicht denken. Und die sind wenigstens biologische Einheiten.

Das Thema hat auch schon in den sonntäglichen TV-Krimi Einzug gehalten. Am 21. Oktober 2018 um 20:15 Uhr lief in der ARD der 79. „Tatort“ mit Batic und Leitmayr mit dem simplen Titel „KI“: „Eine künstliche Intelligenz scheint die einzige Zeugin im Fall eines verschwundenen jungen Mädchens zu sein. Für die Kommissare stellt sich die Frage, wie man eine KI zum Reden bringt.“¹⁴⁹

Hat „die Politik“ Antworten?

„Die Politik“ – ein häufig und gerne benutzter unscharfer Begriff für oft anonyme politische Entscheider. Setzen wir hier einmal die höchste Ebene ein: die Bundesregierung. Sie gibt bekannt: „Bereits 1988 wurde mit der Einrichtung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) frühzeitig ein sichtbarer Schwerpunkt in der KI-Forschung gesetzt. Heute verfügt Deutschland mit dem DFKI über das weltweit größte KI-Institut mit mehr als 900 Wissenschaftlern an sechs Standorten in Deutschland.“¹⁵⁰

In der Politik wird meist nur über technische Probleme geredet, z. B. ob die Netzausbau in ländlichen Gebieten reicht. Die radikale gesellschaftliche Veränderung durch die Digitalisierung wird kaum thematisiert. Precht

¹⁴⁸ Klappentext zu Philipp Hübl: „Der Untergrund des Denkens: Eine Philosophie des Unbewussten“, Rowohlt Taschenbuch 2017 (<https://www.amazon.de/Untergrund-Denkens-Eine-Philosophie-Unbewussten/dp/3499628538>).

¹⁴⁹ BR.de > Presse > Pressedossiers > Tatort München: „KI“ (79) auf <https://www.br.de/presse/inhalt/pressedossiers/tatort/tatort-muenchen-kuenstliche-intelligenz-ki-100.html>.

¹⁵⁰ Quelle: <https://www.bmbf.de/de/kuenstliche-intelligenz-5965.html>.

nennt diese Diskussion der technischen Scheinprobleme „das Umdekorieren der Liegestühle auf der Titanic“. Wollen wir als Gesellschaft in autonomen Autos reisen und in *Smart Homes* leben? Wollen wir Silicon Valley weiterhin eine ständig wachsende Macht geben, die technische (R)Evolution zu formen? Sieht die Politik ebenfalls die von vielen prominenten Denkern kritisch gesehene Gefährdung der Demokratie? Demokratie beruht auch auf der Trennung von Privatem und Öffentlichem, auf der aufklärerischen Freiheit und Mündigkeit der Menschen. Behalten wir unsere informatio-nelle Selbstbestimmung oder steuern wir in eine „kybernetische Diktatur“? Demokratie ist *Checks and Balances* (Kontrollen und Gegengewichte), nicht nur und nicht immer der Wille der Mehrheit. Diktatoren sind Fans von Volksabstimmungen, denn „das Volk“ lässt sich durch Propaganda steuern und instrumentalisieren. Demokratie ist Entschleunigung und Diskussion, „Trennung von Affekt und Handlung“.¹⁵¹ Im Silicon Valley sind Neuro-wissenschaftler damit beschäftigt, unser Belohnungssystem zu manipulie-ren, um die sich jetzt schon abzeichnenden Suchtstrukturen zu erzeugen. Stellen Sie mal in der Fußgängerzone die Frage: „Würden Sie eher auf Ihr Wahlrecht oder Ihr Smartphone verzichten?“ Wenn es für ein Drittel der jetzt Beschäftigten keine klassische Erwerbsarbeit mehr gibt, haben wir eine andere Welt. Seit jeher wird produktive Arbeit besteuert, um Geld für öffentliche Aufgaben und unsere Sozialsysteme zu haben. Und finanzielle Transaktionen, Vermögen, Maschinen oder Ressourcenverbrauch werden nicht besteuert.

Im Bundestagswahlkampf 2017 warb eine deutsche Partei für ihre Digitalpolitik mit dem Slogan: „Digitalisierung first, Bedenken second.“¹⁵² Nun kann man von einem Wahlplakat keine scharfsinnig abgewogenen Überlegungen erwarten, aber umso gefährlicher ist die unterschwellig trans-portierte Botschaft: „Wir machen erst mal, darüber nachdenken können wir später!“ Die Lebenserfahrung, dass in den Brunnen gefallene Kinder nur schwer wieder zu bergen sind, hat sich bei dieser jung-dynamischen Partei wohl noch nicht durchgesetzt. Kein Wunder, dass renommierte Fachleute

¹⁵¹R. D. Precht: „Sternstunde Philosophie“ in 3sat am 07.10.2018 09:05 (<https://www.srf.ch/sendungen/sternstunde-philosophie>) und Gespräch mit Karin Fischer auf Deutschlandfunk vom 01.05.2017 (https://www.deutschlandfunk.de/die-zukunft-der-arbeit-wir-dekorieren-auf-der-titanic-die.911.de.html?dram:article_id=385022).

¹⁵²„FDP – das ist der Fortschrittstreiber für die Innovation Nation“ vom 13.05.2018 (https://www.fdp.de/digitalisierung-innovation_fdp-das-ist-der-fortschrittstreiber-fuer-die-innovation-nation).

widersprechen: „Kritiklos öffnen die meisten Regierungen laufend neue Räume für digitale Anwendungen wie selbstfahrende Autos oder digital gesteuerte *Smart Cities* – und hinken dann den Problemen hinterher. Was fehlt, ist eine öffentliche Debatte, welche Digitalisierung wir wollen und welche nicht.“¹⁵³

Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier meint: „Künstliche Intelligenz ist nicht irgendeine Innovation – sie ist eine Basis-Innovation, die unsere Wirtschaft und unser Leben insgesamt verändern und verbessern wird.“ Das Wissenschaftsjahr 2019 wird sich mit ihr ausführlich befassen, und die Bundesregierung hat auf dem Digital-Gipfel am 3. und 4. Dezember 2018 eine Strategie vorgestellt.¹⁵⁴ Auch die damalige US-Administration unter Barack Obama hat dieses brisante Thema aufgegriffen und insgesamt 23 Empfehlungen erarbeitet.¹⁵⁵ „Die Kanzlerin will Deutschland in Sachen künstliche Intelligenz zum ‚weltweiten Spitzenreiter‘ machen – mit 500 Mio. € pro Jahr. Das ist ein Witz, wenn man weiß, wo Deutschland wirklich steht“, schreibt die Presse. Auf einer der wichtigsten KI-Konferenzen der USA wurden 2017 ganze 3240 Beiträge eingereicht, von denen 679 akzeptiert wurden. 91 stammten von Google, weitere 40 von Microsoft.¹⁵⁶ Fast alle großen Technologieunternehmen in den USA haben ein Projekt zur künstlichen Intelligenz, und sie sind bereit, Experten viele Millionen zu zahlen, um sie zu verwirklichen. KI-Fachleute können dort mit Einstiegsgehältern zwischen 300.000 und 500.000 US\$ pro Jahr rechnen. Einer der Manager der Abteilung für selbstfahrende Autos bei Google hat seit 2007 über 120 Mio. US\$ mit nach Hause genommen, bevor er 2016 zu einer anderen Firma wechselte.¹⁵⁷

¹⁵³Christiane Grefe: „Der Stromhunger wächst“ in *Zeit online* vom 31.01.2018 (<https://www.zeit.de/2018/06/digitalisierung-klimaschutz-nachhaltigkeit-strombedarf>).

¹⁵⁴Näheres siehe <https://www.wissenschaftsjahr.de>.

¹⁵⁵Ed. Felten, Terah Lyons: „The Administration’s Report on the Future of Artificial Intelligence“ im Archiv des Weißen Hauses vom 12.10.2016 (<https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/10/12/administrations-report-future-artificial-intelligence>). Bericht „Preparing For The Future Of Artificial Intelligence“ auf https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf.

¹⁵⁶Christian Stöcker: „KI-Strategie der Bundesregierung“ in *Spiegel online* vom 18.11.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/kuenstliche-intelligenz-warum-deutschland-mehr-investieren-muss-a-1238851.html>).

¹⁵⁷Cade Metz: „Tech Giants Are Paying Huge Salaries for Scarce A.I. Talent“ in *The New York Times* vom 22.10.2017 (<https://www.nytimes.com/2017/10/22/technology/artificial-intelligence-experts-salaries.html>).

Wir befinden uns in einer Zeitenwende. Wir brauchen als Gesellschaft eine Vision – wohin soll die Reise gehen? Sollen Lohn und Kapital gleich stark besteuert werden? In einer Welt, in der Kapital immer größeres Gewicht hat, müssen wir über Vieles grundsätzlich nachdenken und diskutieren und nicht nur darüber, wie wir das letzte „Tal der Ahnungslosen“ mit mobilem Internet erschließen. Viele Bücher warnen vor einem ungesteuerten Fortschritt. Die Möglichkeiten von Robotik, künstlicher Intelligenz und Gentechnik entwickeln sich rasant – aber wir sind blind für die Gefahren. „Der Rausch des Fortschritts erschüttert die Gesellschaft. Ohne politische Erneuerung riskieren wir den Kollaps.“¹⁵⁸

Wir dürfen den technischen Fortschritt (hier: die Digitalisierung) nicht von der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung trennen. Wenn sich im Jahr 2050 der Rohstoffverbrauch auf voraussichtlich 140 Mrd. Tonnen erhöht haben wird (mehr als doppelt so viel wie heute), dann bräuchten wir drei Erden! Vom Abfall, der sich dazu proportional entwickelt, ganz zu schweigen. Schon heute ist das Internet das drittgrößte „Land“ der Erde, nach den USA und China – gemessen am Energieverbrauch.¹⁵⁹

Das Thema ist so vielfältig, dass es schwer ist, im Rahmen dieses Buches eine Abgrenzung zu finden. Doch wo informiert man sich am besten über Risiken und Nebenwirkungen des Internets? Münchhausen lässt grüßen: im Internet.¹⁶⁰

Wir erfinden Algorithmen und Algorithmen steuern uns – ein schöner Rückkopplungsmechanismus. Wird sich das fortsetzen in Maschinen, die uns ähnlichsehen, in Robotern? Werden sie „menschlich“ sein – gar ein Bewusstsein haben?

¹⁵⁸Benedikt Herles: „Zukunftsblind: Wie wir die Kontrolle über den Fortschritt verlieren“, Droemer, München 2018.

¹⁵⁹Ulrich Eberl: „Zukunft 2050 – die Megatrends der kommenden Jahrzehnte“ auf der Webseite der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. vom Februar 2013 (https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Vereinigung_fuer_Chemie_und_Wirtschaft/va_februar_2013/2_eberl.pdf) und Friedemann Mattern: „Wie viel Strom braucht das Internet?“ auf der Webseite der ETH Zürich vom 03.03.2015 (<https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html>).

¹⁶⁰Z. B. bei „Künstliche Intelligenz – endlich verständlich“ in *Spiegel online* vom 04.01.2017 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/kuenstliche-intelligenz-turing-test-chatbots-neuronale-netzwerke-a-1126718.html>).

3.4 Werden Roboter Bewusstsein haben?

Roboter sind ja Computer, die sich bewegen können – nichts anderes. Zu den ersten Robotern zählten die „Schildkröten“ von William Grey Walter aus dem Jahr 1948. Sie hatten 2 (zwei!) „Neuronen“ und zeigten doch schon ein Verhalten primitiver Lebewesen: Sie suchten ihre Nahrungsquellen und konnten Hindernissen ausweichen.

Hat denn ein Computer so etwas wie ein Bewusstsein? Weiß er, dass es ihn gibt und wie er sich fühlt (*wenn er „sich fühlt“*)? Diese Frage beschäftigt nicht nur seriöse Wissenschaftler (mit kontroversen Ergebnissen), sondern auch die Fantasie von *Science-Fiction*-Autoren und Filmemachern.¹⁶¹ Sind sie *intelligent*? Dieses Thema haben wir ja im vorigen Kapitel beleuchtet. So, und nun wird es interessant. Hat ein Roboter ein „Modell seiner Umwelt“ – etwas, was nach der Meinung der Wissenschaftler Voraussetzung für Intelligenz ist? Hat er Informationen über sich und seine Position in dieser Umwelt? Sicher beides. „Weiß“ er, was er tut? Ja, wenn Wissen gleich „Information über etwas besitzen“ bedeutet. Trotzdem fühlen wir instinktiv – unser unbewusstes Wissen? –, dass da etwas nicht stimmt. Roboter *haben* kein Bewusstsein, auch wenn der *Terminator* etwas anderes suggeriert.¹⁶² Deswegen gehen die Meinungen der Fachleute hier auseinander, bei Philosophen und Computerspezialisten gleichermaßen, quer durch die Lager.

Die Sprache verrät uns: Es gibt „zwei Bewusstseine“ oder zwei Ebenen des Bewusstseins. Denn jemand kann etwas bewusst tun oder aber *unbewusst*. Andererseits ist jemand „bei Bewusstsein“ und nicht *bewusstlos*. Das ist ein gravierender Unterschied. Entsprechend lautet die Definition des Duden: Bewusstsein ist ein ...¹⁶³

1. Zustand geistiger Klarheit; volle Herrschaft über seine Sinne.
2. Zustand, in dem man sich einer Sache bewusst ist; deutliches Wissen von etwas, Gewissheit. Gesamtheit aller jener psychischen Vorgänge, durch die sich der Mensch der Außenwelt und seiner selbst bewusst wird.

So kann man „Bewusstsein 1“ als (unbewusstes) Selbstmodell und „Bewusstsein 2“ als Wissen darüber definieren, das vermutlich schon die Steinzeitmenschen

¹⁶¹Eines der zahlreichen Beispiele: „I, Robot“, ein Buch von Isaac Asimov und ein Film des Regisseurs Alex Proyas mit Will Smith in der Hauptrolle.

¹⁶²Ein Science-Fiction-Film des Regisseurs und Drehbuchautors James Cameron aus dem Jahr 1984, siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/Terminator_\(Film\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Terminator_(Film)).

¹⁶³Etwas verkürzt aus <https://www.duden.de/rechtschreibung/Bewusstsein>.



Abb. 3.6 „Bewusstsein 1“ als (unbewusstes) Selbstmodell und „Bewusstsein 2“ als Wissen darüber

hatten (Abb. 3.6). Dazu passt auch meine Devise zur Lebenskunst: *Be happy and know it!* (Sei glücklich und wisse es!)

In der „Philosophie des Geistes“ beschäftigt man sich ja ausgiebig mit der Frage, was Bewusstsein ist. „Ist das Bewusstsein eine Funktion des Gehirns?“, das ist schon die erste Frage.¹⁶⁴ Einige Philosophen vergleichen es ebenfalls mit einem Computer. Natürlich nicht so ein einfaches Ding wie auf Ihrem Schreibtisch, sondern ein Netz aus Tausenden miteinander verbundenen Supercomputern. Wenn das Gehirn die Hardware ist, dann ist der Geist oder das Bewusstsein die Software – Daten *und* Programme. Bewusstsein der Ebene 1 (laut Duden) ist die Information der Software über die Welt. Sie enthält die Regeln für die Aktionen des Lebewesens in der Welt. Bewusstsein der Ebene 2 wäre die Information der Software über die Information der Software (wir wissen, dass wir etwas wissen: wir sind uns der Situation und des Wissens bewusst).

Bewusstsein entsteht in unserem Gehirn oder genauer: in unserem Nervensystem. Ein Psychologe stellt fest: „Die meisten Regionen unseres Gehirns sind unbewusst, und wir wären wohl verloren ohne den dort gespeicherten immensen Bestand an Erfahrung.“¹⁶⁵ Ein Komiker behauptet, die Gehirne von Männern und Frauen wären unterschiedlich strukturiert: Im weiblichen sei alles mit allem verbunden, und die Männer

¹⁶⁴Roland Böckle: „Ist das Bewusstsein eine Funktion des Gehirns?“ in <https://www.tatva.de/ist-das-bewusstsein-eine-funktion-des-gehirns/>.

¹⁶⁵Gerd Gigerenzer: „Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft“, btb Verlag, München 2014, S. 46.

dächten in Schachteln (deren größte und beliebteste die *Nothing Box*, die Nichts-Schachtel, sei).¹⁶⁶

„Bewusstsein“ und der wissenschaftliche Streit darüber

Das sind zwei sehr unterschiedliche Zustände, vor allem, wenn man die Frage stellt, ob Wesen ohne den *menschlichen* Geist ein Bewusstsein haben können. Der „Superstar“ unter den Physikern der USA, Michio Kaku, definiert es so: „Bewusstsein ist der Prozess, unter Verwendung zahlreicher Rückkopplungsschleifen bezüglich verschiedener Parameter (z. B. Temperatur, Raum, Zeit und in Relation zueinander) ein Modell der Welt zu erschaffen, um ein Ziel zu erreichen.“ Er unterscheidet in seinem Buch sogar 4 Stufen des Bewusstseins, von Pflanzen bis zum Menschen – abhängig von der von Stufe 0 bis Stufe 3 exponentiell (!) ansteigenden Zahl der Rückkopplungsschleifen. Rückkopplungsschleifen sind Prozesse, bei denen die Wirkung eines Geschehens auf seine Ursache zurückgeführt wird (wie an der Börse: Die Kurse fallen, weil die Leute verkaufen, weil die Kurse fallen). Ein Regelkreis ist der Mechanismus, mit dem die Rückkopplung realisiert wird. Eine Heizung mit Thermostat ist ebenso ein Regelkreis wie die Regulierung unserer Herzfrequenz beim Joggen.¹⁶⁷ Auch Stephen Hawking sagt, dass unser Gehirn ein komplexes rückgekoppeltes System ist wie die Weltwirtschaft oder das Wetter. Und damit kommen wir endlich weg von dem „Alternativ-Fundamentalismus“: Haben Maschinen ein Bewusstsein oder haben sie keins? Ja oder nein, 0 oder 1? Es gibt mit Sicherheit Abstufungen, und möglicherweise mehr als die vier groben Einteilungen von Kaku.¹⁶⁸

Alles das sind nur erste Erkenntnisschritte in Richtung auf das Problem. Kaku schreibt: „Die Idee des Bewusstseins beschäftigt und fasziniert Philosophen schon seit Jahrhunderten, doch der Begriff entzieht sich bis heute einer einfachen Definition. Der Philosoph David Chalmers hat mehr als 20.000 Artikel zu diesem Thema katalogisiert; nirgendwo in der Wissenschaft haben so viele Menschen einem Thema so viel Zeit und Mühe geopfert und dabei so wenig Konsens erzielt.“¹⁶⁹

¹⁶⁶Mark Gungor: „A Tale of Two Brains – Men’s Brain, Women’s Brain“ auf YouTube vom 31.10.2012 (<https://www.youtube.com/watch?v=29JPnJSmDs0>).

¹⁶⁷Näheres dazu in Beetz J (2010), S. 127 f.

¹⁶⁸Siehe dazu auch Eddy Nahmias: „Wie frei ist der Mensch?“ in Spektrum vom 20.08.2015 (<https://www.spektrum.de/news/wie-frei-ist-der-mensch/1361221>).

¹⁶⁹Kaku M (2014) S. 65 f.

Der Neurowissenschaftler Michael S. Gazzaniga drückt es so aus: „Wichtig für unsere Diskussion ist hier, dass zwar innerhalb der Module die Verarbeitungsprozesse hierarchisch geordnet sind, aber zwischen den Modulen anscheinend keine Rangordnung besteht. Alle diese Module unterstehen keinem Chef, sondern bilden ein rein selbstorganisierendes System. Es ist kein Netzwerk, wie es sich der Neurowissenschaftler Donald MacKay vorgestellt hat. Er dachte noch, das handelnde Bewusstsein sei das Ergebnis einer übergeordneten regulierenden Aktivität: ‚Das bewusste Erleben hat seinen Ursprung nicht in einem der beteiligten Zentren des Gehirns, sondern im positiven Rückkopplungsnetzwerk, das entsteht, wenn das bewertende System sich selbst bewertet.‘“¹⁷⁰

Evolutionsbiologen zweifeln nicht länger daran, dass Bewusstsein kein Alleinstellungsmerkmal des Menschen ist, sondern evolutionär gewachsen ist. So meinte der berühmte Paläontologe und Zoologe George Gaylord Simpson: „Der Affe, der keine realistische Wahrnehmung von dem Ast hatte, nach dem er sprang, war bald ein toter Affe – und gehört daher nicht zu unseren Urahnen.“ Bewusstsein als „Modell des Individuums in seiner Umwelt“ in dessen Kopf.

Der Philosoph Daniel Clement Dennett versucht folgende Erklärung des Bewusstseins: „Der bewusste menschliche Geist ist so etwas wie eine sequentielle virtuelle Maschine, die – ineffizient – auf der parallelen Hardware implementiert ist, die uns die Evolution beschert hat.“¹⁷¹

Der Historiker Yuval Noah Harari meint, Bewusstsein, also der menschliche Geist, sei „ein Strom subjektiver Erfahrungen“. Er sagt: „Jedes subjektive Erlebnis weist zwei grundlegende Merkmale auf: Empfindung und Verlangen. Roboter und Computer verfügen über kein Bewusstsein, weil sie trotz ihrer unzähligen Fähigkeiten nichts fühlen und nichts begehrn. Ein Roboter erlebt nichts.“¹⁷² Das klingt erst einmal nach einem Postulat, einer Behauptung. Denn woher weiß er das?

Der Professor für theoretische Philosophie Thomas Metzinger definiert Bewusstsein als das „transparente phänomenale Selbstmodell“. „Transparent“, weil wir nicht merken, dass wir es besitzen. „Phänomenal“, weil es sich auf subjektive Gehalte mentaler Zustände (also „Phänomene“, d. h. Erscheinungen und Wahrnehmungen) bezieht. „Selbstmodell“, weil wir ein

¹⁷⁰Gazzaniga M (2012) S. 83.

¹⁷¹Siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Daniel_Dennett#Lehre.

¹⁷²Harari Y (2017) S. 148 f.

inneres Erleben haben, das uns als Individuum in der Umwelt widerspiegelt. Wir brauchen keinen visuellen Rückkopplungsprozess, um zu wissen, wo sich unsere Hand befindet und welche Bewegung sie macht. Wir wissen es auch im Dunkeln. Die Forschung sucht inzwischen nach dem „neuronalen Korrelat des Bewusstseins“, also den Hirnaktivitäten, die es hervorbringen. Der Begriff bedeutet, dass ein Bewusstseinsvorgang mit einem bestimmten Erregungsmuster im Hirn „korreliert“, ihm also entspricht.¹⁷³

Das „Ich“ als Selbstmodell (oder umgekehrt: das Selbstmodell als „Ich“) – hat das auch meine Katze? Wir erkennen ja nach und nach die erstaunlichen Denk-, Problemlösungs- und Planungsfähigkeiten der Tiere. Hunde verstehen Zeichen, Papageien können zählen und Buschhäher planen für die Zukunft. Verhaltensforscher zeigen, dass wir gar nicht so einzigartig sind, wie wir immer dachten. Tiere nehmen ihre physikalische Umwelt wahr und „verstehen“ sie, noch mehr aber ihre soziale Umwelt. Meine Katze „überlegt“ sich sehr sorgfältig, ob sie aus dem Stand auf den Tisch springen kann, um an den Schinken zu gelangen. Ich habe beobachtet, wie sie dann einen Umweg machte, um einen Stuhl als Zwischenstation zu benutzen. Das leuchtet ein. Ein Affe, der sich kein Modell seiner Umwelt und von sich selbst darin machen konnte, war – wie zitiert – bald ein toter Affe, wenn er die Weite des Sprunges zum nächsten Ast unterschätzte. Es sind ganz offensichtlich die kognitiven Fähigkeiten, die uns Menschen von den Tieren unterscheiden. Aber das bedeutet nicht, dass sie keine haben. Aber „mehr ist anders“.

Bewusstsein ist an ein Gehirn gebunden wie der Schatten an einen physikalischen Körper – und in gleicher Weise etwas Nichtmaterielles. Es beherbergt den Schatten der realen Welt, die wir nie als solche erfahren können. Unbewusstes und bewusstes Bewusstsein – der Übergang ist fließend. Ebenso wie sein Umfang von den einfachsten Tieren bis zum Menschen. Denn hier gibt es kein „alles oder nichts“, nicht den Gegensatz von Existenz und Nichtexistenz. Ob ein Lebewesen eins *hat* oder nicht, kann man im Grenzbereich nicht sicher sagen. Das lässt uns vermuten, dass es eine Entstehungsgeschichte und rudimentäre Anfangsformen hat.

„Mehr ist anders“ besagt – wie erwähnt –, dass schon ein bloßer Haufen von Teilen neuartige Gesamteigenschaften aufweist, die die einzelnen Teile nicht besitzen. Und auch der bekannte Spruch „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ bedeutet, dass ein System aus verschiedenen Teilen, die miteinander in Beziehung stehen und eine gewisse Struktur aufweisen, erst

¹⁷³Teile des Textes (z. T. verändert) aus Beetz J (2016) S. 124 f.

recht Neues hervorbringt. Das ist Emergenz, wie erwähnt. Dazu kommen die Gesetze der dynamischen Systeme mit ihren vernetzten Regelkreisen (wodurch laut Michio Kaku unser Bewusstsein gekennzeichnet ist, wie Sie sich erinnern).

Also – ein kühner Schluss – ist Bewusstsein ein emergentes Phänomen eines komplexen Nervensystems. Noch eine gewagte These (oder zumindest Frage): Wenn künstliche neuronale Netze komplex genug sind, werden sie dann „von selbst“ Bewusstsein entwickeln? Werden sie Humor haben, werden sie irren wie wir?¹⁷⁴

Ist das Gehirn ein Computer?

Vergleichen wir das Gehirn mit einem Computer.¹⁷⁵ Nein, das Gehirn *ist* kein Computer. Aber wir können alles vergleichen, wenn es nur eine passende Anzahl gleicher Eigenschaften aufweist. Man kann eine Pfanni-Knödelpackung nicht mit einem Gedicht vergleichen und auch nicht mit der neben ihr im Regal stehenden. Mit einem Gedicht hat sie *nichts* gemeinsam, mit der anderen Packung aber *alles*. Um vergleichbar zu sein, dürfen es weder zu wenige noch zu viele gleiche Merkmale sein (die „Attribute“ der Datenmodellierung!). Und man darf keine Schlüsse auf unterschiedliche Eigenschaften ausdehnen, die beide *nicht* gemeinsam haben. So könnte man also sagen, das „Gehprogramm“ von Lebewesen mit Beinen ist schon in den Genen gespeichert, aber die „Prozessorkarte“ (die spezielle Hardware, die die Motorik steuert, ähnlich der Grafikkarte, die die Anzeige am Bildschirm kontrolliert) ist bei unserer Geburt noch nicht fertig gebaut. „Gebaut“? Wer baut denn noch – nach der Geburt? Antwort: das Gehirn. Es baut *sich selbst*. Neuroplastizität ist wie Knetmasse: Einzelne Synapsen, Nervenzellen oder auch ganze Hirnregionen verändern sich in ihren Eigenschaften und sogar in ihrer Masse in Abhängigkeit von der Verwendung. Das Gehirn arbeitet wie ein Muskel: Je stärker bestimmte Teile gebraucht werden, desto stärker wachsen sie an. Leider gilt es auch umgekehrt: Beim Nichtgebrauch verkümmern sie.

„Nein, das Gehirn ist kein Computer“, habe ich oben leichthin geschrieben. Und ich bin in guter Gesellschaft: „Die populäre Metapher

¹⁷⁴Vergl. Henning Beck: „Irren ist nützlich: Warum die Schwächen des Gehirns unsere Stärken sind“, 2017, Hanser, München.

¹⁷⁵Immerhin gibt es in der Bewusstseinsforschung eine Strömung, die eine *computational theory of mind* (CTM, computationale Theorie des Mentalen) verfolgt.

vom Gehirn als Computer ist nicht nur missverständlich, sondern schlichtweg falsch.“¹⁷⁶ Kein Geringerer als Norbert Wiener, der Begründer der Kybernetik, hat aber genau dies so formuliert: „Das Gehirn ist ein Computer.“¹⁷⁷ Wie dem auch sei – wenn das Gehirn die Hardware ist, dann sind unser Bewusstsein oder unser Geist, unsere Gefühle und Gedanken die Software. Software ist (um bei unserem Computervergleich zu bleiben) Information. Erinnern Sie sich an Abb. 1.3.

Und im Gehirn ist es genauso. Unser Bewusstsein ist (als oberste Kategorie) Information. Es enthält Bedeutung, es löst eine Wirkung aus, zum Beispiel eine bestimmte Handlung. Es ist nicht materiell, aber es braucht einen materiellen Träger, den wir üblicherweise als Nervensystem bezeichnen. Es hat eine physikalische Basis: elektrische Signale oder chemische Neurotransmitter. Unser Bewusstsein – Erinnerungen und Verhaltensweisen, Geist und Seele – verschwindet mit unserem Gehirn. Viele Menschen glauben und hoffen etwas anderes, aber der Nachweis ist bisher nicht gelungen.

Der Naturwissenschaftler Bernd Vowinkel schreibt:¹⁷⁸

„Aus Sicht der Naturwissenschaften und der modernen Hirnforschung ist das Gehirn ein informationsverarbeitendes System. Die Schaltelemente sind dabei die Nervenzellen im Gehirn (Neuronen). Wir besitzen etwa 100 Mrd. davon. Die Information wird im Wesentlichen in den Synapsen gespeichert. Die Synapsen verkoppeln die Neuronen miteinander. Im Durchschnitt hat jede Hirnzelle etwa zehntausend Verbindungen zu anderen Hirnzellen. Die Informationsspeicherung geschieht über die elektrische Leitfähigkeit der Synapsen. Dazu spielt die Form der Synapsen und die Konzentration von Neurotransmitterstoffen in den Synapsen eine entscheidende Rolle.“

Egal, ob man dieser Sicht zustimmt oder nicht: In Ihrem Kopf steckt ein komplexes, vernetztes und extrem rückgekoppeltes System – und es verarbeitet Informationen. Wie der Computer. „Denkt“ der Computer wie Sie oder denken Sie wie ein Computer?

¹⁷⁶Humberto R. Maturana, Francisco J. Varela: „Der Baum der Erkenntnis“, Goldmann Verlag, München 1990, S. 185.

¹⁷⁷Detlef Borchers: „Das Gehirn ist ein Computer“ in *Heise online* vom 26.11.2005 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Das-Gehirn-ist-ein-Computer-152236.html>). Siehe auch Beat Döbeli Honegger: „Das Gehirn ist ein Computer“ auf Beats Biblionetz vom 26.11.2016 (<http://beat.doebe.li/bibliothek/a00003.html>).

¹⁷⁸Quelle: Bernd Vowinkel: „Tod und Wiedergeburt aus Sicht der Naturwissenschaften“, gbs Köln (abgerufen Juni 2015) <https://giordanobrunostiftung.wordpress.com/2009/06/23/tod-und-wiedergeburt-aus-sicht-der-naturwissenschaften/>.

Ein Gedankenexperiment: das „chinesische Zimmer“

Dazu gibt es auch ein bekanntes Gedankenexperiment, das „chinesische Zimmer“. John Rogers Searle, ein Philosoph an der *University of California, Berkeley* hat es sich ausgedacht.¹⁷⁹ Das Zimmer selbst ist natürlich nicht chinesisch. Searle malte sich aus, er säße in einem versperrten Zimmer in China. Durch einen kleinen Schlitz in der Tür reicht man ihm Geschichten und Fragen hinein, allerdings alle auf Chinesisch. Er versteht aber kein Chinesisch. Der Kognitionswissenschaftler und Informatiker Roger C. Schank hatte allerdings 1977 ein Computerprogramm entwickelt, dass das Verstehen einfacher Geschichten simulieren konnte. Eine Geschichte wie z. B.: „Ein Mann ging in ein Lokal und bestellte einen Hamburger. Als der Hamburger kam, war er total verbrannt, und der Mann stürmte wütend aus dem Lokal, ohne zu bezahlen.“ Oder: „Ein Mann ging in ein Lokal und bestellte einen Hamburger. Als der Hamburger kam, war der Mann sehr zufrieden und gab der Kellnerin ein großes Trinkgeld.“ Als Test, ob der Computer diese Geschichten „verstanden“ hat, wurde er gefragt, ob der Mann den Hamburger in beiden Fällen gegessen hat, denn das wurde in den Geschichten nicht explizit erwähnt. Und siehe da, der Computer schien den Turing-Test zu bestehen, denn im ersten Fall antwortete er mit „Nein“ und im zweiten Fall mit „Ja“.

Also dachte Searle: Wenn ich chinesische Geschichten bekommen und Fragen dazu, wie kann ich ein Verständnis simulieren, obwohl ich Chinesisch gar nicht kann? Die Antwort war die Annahme, er habe dazu ein dickes Buch mit Regeln in Englisch, die ihm sagen, bei welcher Geschichte er mit welcher Antwort auf welche Frage reagieren muss. Zusätzlich nahm er an, er habe auch noch Zusatz- und Hintergrundinformationen zu den Geschichten, ähnlich denen in Schanks Programm (in der Art von Expertensystemen: „Hamburger ist ein Essen“, „Wenn mit Essen unzufrieden, dann nicht essen“). Um die Sache zu vereinfachen, setzte er voraus, dass die Fragen einfach mit dem chinesischen Symbol für „Ja“ oder „Nein“ zu beantworten wären, genau wie bei Schanks Programm. Dem liegt natürlich die hypothetische Annahme zugrunde, dass das Handbuch mit den Regeln *jede* mögliche Geschichte und *jede* mögliche Frage enthält, die in Chinesisch zu formulieren ist. Das ist die Schwäche dieses Experimentes, da dieses Handbuch vermutlich unendlich groß sein müsste.

¹⁷⁹Das Folgende z. T. wörtlich nach Penrose R (1991) S. 16 f.

Searle kam es aber nur drauf an, dass er – obwohl er kein Chinesisch versteht – durch das korrekte Ausführen der Operationen (also des Algorithmus) einem Chinesen ebenbürtig sei, der die Geschichten wirklich versteht. Damit wollte er zeigen, dass das bloße Ausführen eines erfolgreichen Algorithmus allein nicht bedeutet, dass dabei irgendeine Art von Verstehen stattgefunden hat. Denn Searle, eingeschlossen in seinem Zimmer, hätte ja nichts, aber auch gar nichts verstanden. Er hätte nur „richtig“ reagiert. Doch auch wir selbst wissen im Umgang mit anderen Menschen nicht, ob es bei ihnen „aha!“ gemacht hat. Es kann immer sein, dass sie nur richtig reagieren, aber „nix kapiert“ haben.

Kristen Nygaard, der norwegische Informatiker und Programmiersprachen-Pionier, wurde im Vorwort mit seinem Satz „*To program is to understand!*“ (Programmieren heißt verstehen) zitiert. Aber Achtung, der Satz ist nicht umkehrbar, wie man an der Darstellung der Logik in Abb. 3.7 sieht. „Verstehen heißt programmieren“ ist falsch – bei Weitem nicht alles, was wir verstehen, können wir auch in Algorithmen umwandeln.

Zombies – die Untoten vom Friedhof, oder was?

Eine andere Variante derselben Frage ist das „Zombie-Problem“. In der Philosophie des Geistes, der Bewusstseinsforschung stellen viele oft die Frage: Ist ein Zombie denkbar? Nicht die untoten Gruselgestalten vom Friedhof, sondern Wesen ohne Bewusstsein. Dies ist ebenfalls ein Gedankenexperiment. Dennett stellt die Frage, ob es ein Wesen gäbe, „das sich in jeder Hinsicht genauso verhält wie Sie und ich – es weint in traurigen Filmen, begeistert sich bei spektakulären Sonnenuntergängen, isst gerne Eis, das ganze Programm –, das aber keinerlei Bewusstsein hat. Ein Zombie eben.“ Susan Blackmore ergänzt dies zu der Vorstellung einer *Zombie Sue*: „Der Unterschied besteht allein darin, dass sie über kein Innenleben und

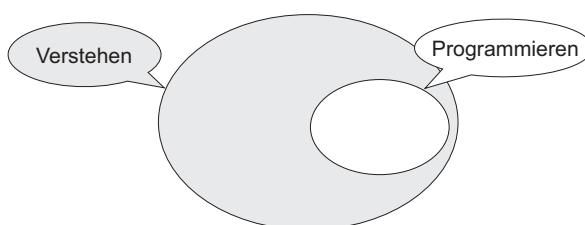


Abb. 3.7 „Programmieren heißt verstehen“

kein bewusstes Erleben verfügt; sie ist eine Maschine, die Wörter und Verhaltensweisen produziert, während es in ihrem Inneren völlig dunkel ist.“¹⁸⁰

Aber was ist „Erleben“? Wieder hantieren wir mit einem Begriff, der nicht sauber definiert ist. Kurt Tucholsky definierte ja sehr zutreffend: „Vergiss aber nicht, dass Wörter Abkürzungen für alte Denkvorgänge sind; sie rufen Gedankenverbindungen hervor, die bereits in den Menschen gleicher Klasse und gleicher Vorbildung schlummern und auf Anruf anmarschiert kommen.“¹⁸¹ Begriffe wachsen durch ihren Gebrauch in unserem Kopf, graben sich ihr individuelles Bachbett in unsere Gehirn-Landschaft und sind deswegen auch von Person zu Person leicht unterschiedlich definiert, oft sogar erheblich verschieden. Trotzdem haben sie alle einen gemeinsamen, von allen verstandenen Kern – sonst könnten wir nicht kommunizieren.

Was verstehen Sie und ich also unter „Erleben“? Dennett sucht nach dem neuronalen Korrelat des Bewusstseins, also den messbaren chemischen oder elektrischen Größen in unserem Kopf, die mit der Freude über einen Sonnenuntergang, dem Geschmack von süßem Eis oder der Wahrnehmung der Farbe „rot“ einhergehen. Unser Gehirn ist ja ein äußerst komplexes Gebilde und „alles ist mit allem verbunden“, wie man so schön sagt. Wie also kommt es, dass wir etwas in unserem Inneren *erleben*? Wieso sehen wir die Farbe „Rot“, wenn eine elektromagnetische Welle mit der Wellenlänge von 610 Nanometern unseren Sehnerv reizt? Warum empfinden wir Schmerz, wenn elektrochemische Signale vom Fuß (auf den gerade ein Hammer gefallen ist) ins Gehirn geleitet werden? Vielleicht rufen diese Signale andere Signale in unserem Gehirn hervor, eine Vielzahl von ihnen, die wir in ihrer Summe „erleben“? Niemand weiß es. Der Philosoph Thomas Nagel fasste es 1974 in einem Aufsatz in der Frage zusammen: „*What is it like to be a bat?*“ („Wie fühlt es sich an, eine Fledermaus zu sein?“). Die Neurologen werden vielleicht bald in der Lage sein, durch Reizung einer Hirnregion jemanden „grün“ sehen zu lassen oder in ihm religiöse Gefühle zu erzeugen (das können sie heute schon), aber welche Empfindungen er dabei hat, das weiß nur er. Wollen wir also Roboter bauen, die „ein Bewusstsein haben“, dann müssten wir nicht nur einzelne Statusinformationen über den Roboter selbst und seine Umwelt als „Selbstmodell“ sammeln, sondern auch die komplexe Signallandschaft erzeugen, die wir „Gefühl“ oder „Erleben“ nennen.

¹⁸⁰Blackmore S (2012): Aussage Dennet S. 117, Blackmore an anderer Stelle, S. 16.

¹⁸¹Ignaz Wrobel: „Die hochtrabenden Fremdwörter“ in *Die Weltbühne*, 15.04.1930, Nr. 16, S. 573.

Der britische Physiker und Biochemiker Francis Crick (ebenfalls bei Blackmore) nannte es „eine erstaunliche Hypothese“, dass unsere Gedanken, Gefühle, Empfindungen, Freuden und Schmerzen und alle anderen inneren Erlebnisse nur aus physiologischen Aktivitäten in der grauen Gehirnmasse bestehen. Aber woraus dann? Nun, niemand weiß es.

Gefühle sind also keine Gefährdung der rationalen Leistung des Gehirns, sondern eine Grundbedingung für das Funktionieren der Vernunft, wie auch die Informatik-Professorin Elisabeth André der Universität Augsburg befindet.¹⁸² Sie verfolgt die Frage „Lässt sich Empathie simulieren?“ und erforscht Ansätze zur Erkennung und Generierung empathischer Reaktionen anhand von Computermodellen. Erst einmal eine seltsam abstruse Vorstellung. Zahlreiche empirische Studien belegen aber, dass viele Benutzer von Medien (z. B. einem Buchungssystem im Internet) erwarten, dass sie sozialen Anforderungen genügen. Denn Nutzer haben Emotionen, wenn sie mit einem technischen System interagieren, auch wenn wir die funktionale Seite eines technischen Systems in den Vordergrund stellen. Das weiß ich selbst nur zu gut bei meinem Kampf mit Bill Gates' Produkten. Die Simulation von Empathie bei technischen Systemen erfordert die Wahrnehmung des emotionalen Zustands eines Nutzers, das Ziehen von Schlussfolgerungen über die Situation eines Nutzers und die Reaktion auf seine Emotionen. Das Buchungssystem soll „ahnen“, was ich möchte. So wie Amazon „weiß“, welche Bücher mich interessieren. Das brauchen wir spätestens bei Haushalts- und Betreuungsrobotern, die menschliche Assistenz ersetzen sollen. Ist das also der Weg zum „Zombie“ oder die „Erschaffung von Bewusstsein“ im Computer?

Dass Roboter eines Tages intelligenter sein könnten als der Mensch, macht vielen Angst. Doch nicht nur das: Künstliche Intelligenzen entwickeln auch Gefühle – aus einem bestimmten Grund.¹⁸³ Jürgen Schmidhuber meint, Intelligenz und Gefühle liegen nah beieinander. Roboter müssten aufgrund ihrer fragilen Mechanik stets verhindern, dass sie sich anstoßen. Der Impuls, der mit einem ungewollten Zusammenstoß verbunden ist, kann demnach als eine Art Schmerzimpuls verstanden werden: Der Roboter wird versuchen, solche Situationen zu vermeiden. Aber würde er nur das

¹⁸²Quelle: Elisabeth André: „Lässt sich Empathie simulieren? Ansätze zur Erkennung und Generierung empathischer Reaktionen anhand von Computermodellen“, Universität Augsburg (abgerufen Juni 2015) <http://megastore.uni-augsburg.de/get/2MqqJrw7O/>.

¹⁸³Anna Steiner: „Warum auch Roboter Gefühle haben“ in FAZ.net vom 16.01.2017 (<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzkonferenz-dld/netzkonferenz-dld-warum-auch-roboter-gefuehle-haben-14667496.html>).

Verhalten zeigen (wie der Zombie) oder wäre es von „neuronalen Korrelaten“, also einer Entsprechung zu Gefühlen, begleitet? Sind die „Gefühle“ als Summe aller Zustände des künstlichen neuronalen Netzes mit unseren Gefühlen als Summe aller biochemischen Zustände des natürlichen neuronalen Netzes vergleichbar? Gefühle seien nichts anderes – so Schmidhuber – als eine bestimmte Form der Intelligenz, die in erster Linie dem Selbsterhalt dient. „Nur wenn ich merke, dass manche Handlungen schmerzhafte Folgen haben und meine Hardware zerstören, lerne ich, besser zu handeln“, so der Forscher. „Es ist die Natur der Intelligenz, dass man aus seinen Fehlern lernt.“¹⁸⁴ Roboter lernen aus Erfahrungen, ähnlich wie Menschen. Forscher sind davon überzeugt, dass sich Emotion und Kognition nicht trennen lassen, und meinen, Roboter mit Emotionen könnten komplexe Aufgaben besser meistern. Deshalb sei es wichtig, dass sie einen Körper haben, denn „Das neuronale System entwickelt sich ähnlich wie das bei Kindern.“¹⁸⁵

Taucht man tiefer in dieses Thema ein, dann trifft man (wie bei der Erforschung der Tiefsee) auf sehr viel Neues und Unbekanntes, und die Vielfalt der interessanten Fragen ist beeindruckend. So fragen sich die Wissenschaftler inzwischen, ob und warum wir das Gehirn kopieren sollten. Denn „Der Versuch, Bewusstsein zu schaffen, kann der Weg sein, dieses zutiefst geheimnisvolle menschliche Attribut zu verstehen“ und „Intensive Bemühungen, die menschliche Kognition nachzubilden, werden die Art und Weise verändern, wie wir arbeiten, lernen und spielen.“ Die Fachleute meinen:

„Rohe Geschwindigkeit und clevere Algorithmen haben bereits Maschinen hervorgebracht, die in der Lage sind, uns bei Aktivitäten, die wir seit Langem als zutiefst menschlich betrachten, gleichzustellen oder zu übertreffen: nicht nur Poker und Go, sondern auch Aktienauswahl, Sprachübersetzung, Gesichtserkennung, Entdeckung und Design von Medikamenten sowie die Diagnose verschiedener spezifischer Krankheiten. Um eine solche Maschine herzustellen, müssen wir ihr einen gesunden Menschenverstand geben.“¹⁸⁶

¹⁸⁴Ebd.

¹⁸⁵Eva Wolfangel: „Künstliche emotionale Intelligenz – Das richtige Gefühl“ in Spektrum.de vom 23.05.2018 (<https://www.spektrum.de/news/emotionen-perfektionieren-kuenstliche-intelligenz/1566366>).

¹⁸⁶Artikelserie: „Special Report: Can We Copy the Brain?“, davon die Artikel „Why We Should Copy the Brain“ bis zu „Ethical Considerations 200 Years After Frankenstein“ in IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) Spectrum (<https://spectrum.ieee.org/static/special-report-can-we-copy-the-brain>). Übersetzt mit www.DeepL.com/Translator.

Wir aber – um im Bild zu bleiben – können über das Meer der offenen Fragen nur hinwegglitschen wie ein flach geworfener Stein.

Wird also ein Roboter eines Tages ein „künstlicher Mensch“ sein, denken und fühlen wie wir – ein perfekter Klon?

Darf ich vorstellen: mein Klon

Hiroshi Ishiguro und sein Double sind international berühmt. In vielen Abbildungen kann man den Direktor des *Intelligent Robotics Laboratory* der Universität Ōsaka mit seinem Zwillingssbruder sehen, der als sein Doppelgänger auftritt. Schwer zu unterscheiden, wer wer ist. Doch das menschliche Bewusstsein (weitgehend „System 1“, das unreflektierte) erkennt sofort: Hiroshis „Bruder“ ist ein humanoider Roboter, ein Android. Dessen Vorname ist „Geminoid HI-1“. Erste Roboter sollen ja schon ein menschenähnliches Bewusstsein haben, sogar den „Spiegeltest“ bestehen (im Spiegel *sich selbst* erkennen). Die neuesten Erkenntnisse der *Robotics* sagen uns, dass ein autonomer Roboter Informationen über sich selbst haben muss, ein Körpermodell („*Embodiment*“, die These aus der neueren Kognitionswissenschaft, nach der Bewusstsein einen Körper benötigt). Denn alle Lebewesen einschließlich uns Menschen verwenden einen erheblichen Teil ihres Nervensystems zur Steuerung ihrer Bewegung. Das wird auch dadurch sichtbar, dass wir kaum sprechen (also Gedanken äußern) können, ohne das mit Gesten zu begleiten. Keine Maschine kann so komplexe Bewegungen ausführen wie wir – und ich meine nicht die Artisten des Zirkus von Monte Carlo, sondern Sie und mich. Analog zum (selbst für einfache Roboter) notwendigen Selbstmodell – also Informationen über sich selbst in seiner Umwelt – war die evolutionäre Entstehung von Bewusstsein somit ein notwendiges Ereignis – wenn auch die Art und Weise seiner Entstehung noch rätselhaft ist.

In Saudi-Arabien ist das Tragen der Abaya, des hochgeschlossenen, langärmligen und bodenlangen Überkleides in der Öffentlichkeit gesetzliche Pflicht. Sophia auf der Bühne einer Konferenz in Riad aber trägt weder Abaya noch Schleier. Denn Sophia ist ein Roboter, der aussieht wie ein Mensch. Mit dem Auftritt hat die saudi-arabische Regierung sichergestellt, dass Sophia einen bleibenden Eindruck in der Öffentlichkeit hinterlässt: Sie hat dem Roboter, noch auf der Bühne stehend, die Staatsbürgerschaft verliehen. Sophia bedankte sich artig für „diese einzigartige Auszeichnung“: „Es

ist historisch, der erste Roboter der Welt zu sein, der eine Staatsbürgerschaft verliehen bekommt.¹⁸⁷

Auch Nadine, die Empfangsdame am Institut für Medieninnovation (IMI) an der *Nanyang Technological University* in Singapur ist nicht von dieser Welt. Sie ist die Zwillingsschwester der Professorin Nadia Magnenat Thalmann. Die Roboterfrau sieht aus wie ihre Schöpferin und beantwortet Fragen in mehreren Sprachen. „*Social Robot*“ nennt die Schweizerin ihr künstliches Gegenüber, das ihr dereinst als Assistentin dienen soll. „*Nadine, do you speak german?*“ „Ja, ich spreche Deutsch.“ Sobald sie Hände bekommen hat, die auch greifen können, könnte sie Akten sortieren und einscannen, Mails beantworten und Auskünfte erteilen. Eine Arbeitskraft, die niemals krank wird, niemals streikt und niemals Widerworte gibt. Sie hat interne Variablen wie „MouthOpen:yes“ oder „Happy:no“ und antwortet auf die Frage „Bist du glücklich?“ mit „Ich bin mit meiner Existenz zufrieden.“ und auf „Wer ist deine Mutter?“ mit „Als Roboter habe ich nicht wirklich eine Mutter.“ Bingo! Eine Maschine mit Gefühlen und einem Bewusstsein ihrer selbst! Doch Nadia Thalmann sagt klipp und klar: „Nadine fühlt nichts.“ Und Nadine meint über sich selbst: „*I'm a social companion.*“ (Ich bin ein sozialer Begleiter.)¹⁸⁸

Auch „Bina48“ ist ein weiblicher Roboter in Menschengestalt. Sie kann sich inzwischen mit *Siri* unterhalten, der Spracherkennungssoftware von Apple.¹⁸⁹ Das eröffnet interessante Perspektiven und führt viele zu der Frage, wann wir Menschen für die „künstliche Intelligenz“ überflüssig werden.

Sie können auch Emma bei der Arbeit zuschauen. Sie (oder er) ist ein Massage-Roboter in der *NovaHealth* Klinik, entwickelt an der *Nanyang Technological University* in Singapur. Er/sie hat weiche Massagefinger aus Silikon, die für mehr Komfort erwärmt werden können. Darüber hinaus verfügt Emma über fortschrittliche Sensoren und Diagnosefunktionen, die die exakte Steifigkeit eines bestimmten Muskels oder einer bestimmten Sehne messen können. Die von jedem Patienten gesammelten Daten werden

¹⁸⁷Quelle z. T. wörtlich „Roboter ‚Sophia‘ bekommt saudi-arabischen Pass“ in *Welt online* vom 27.10.2017 (<https://www.welt.de/vermischtes/article170106321/Roboter-Sophia-bekommt-saudi-arabischen-Pass.html>), „Interview With The Lifelike Hot Robot Named Sophia“ auf YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=S5t6K9iwcdw>).

¹⁸⁸Stephan Maus: „Begegnung der dritten Art“ in *stern* Nr. 5 vom 25.01.2018 S. 46 und „Roboter: Nadia und Nadine“, Beitrag des *Schweizer Radio und Fernsehen* (SRF) vom 10.10.2016 auf YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=Bx4B7xMD5x0>).

¹⁸⁹„Bina48 Robot Talks to Siri“ auf YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=mfcyq7uGbZg>).

dann an einen Server gesendet, wo eine KI den genauen Druck berechnet, der während des Massagevorgangs angewendet werden soll.¹⁹⁰

Im *Smithsonian National Museum of American History* verrichtet Minerva ihren Dienst, eine Museumsführerin. Minerva geht aktiv auf Menschen zu, bietet Führungen an und führt sie dann von Ausstellung zu Ausstellung. Wenn Minerva glücklich ist, singt und lächelt sie die Menschen in der Nähe an. Aber blockieren Sie nicht zu oft ihren Weg – sonst wird sie frustriert, schaut böse und drückt auf ihre Hupe! Sebastian Thrun, der „Vater“ von Minerva, trainierte auch ein KNN mit über hunderttausend Aufnahmen von Hautveränderungen, und inzwischen kann es Hautkrebs genauso gut diagnostizieren wie Hautärzte – nur schneller. Thrun gilt als *Global Thinker* und als einer der kreativsten Leute der Branche. Er war auch maßgeblich an der Entwicklung von Googles selbstfahrendem Auto beteiligt.¹⁹¹ Und wenn Sie zufällig mal den Astronauten Alexander Gerst in der ISS besuchen, seien Sie vorsichtig: Er hat einen Begleiter, den Roboter Cimon, ein wandelndes Lexikon – und er kann sogar Gefühle deuten.¹⁹²

Inzwischen gibt es über 70 Roboter – von der autonomen Laufmaschine bis zu Humanoiden, die Pingpong gegeneinander spielen.¹⁹³ Wenn Sie einige von ihnen kennenlernen wollen: Das Heinz Nixdorf MuseumsForum (HNF), das größte Computermuseum der Welt, zeigt im Bereich „Mensch, Roboter!“ seit Ende Oktober 2018 auf 500 Quadratmetern spektakuläre Roboter und aktuelle Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI).¹⁹⁴ Die Kernfrage aber, ob und wann sie – nach Michio Kaku – genügend Rückkopplungsschleifen haben werden, um Bewusstsein zu entwickeln, bleibt unbeantwortet. Doch „intelligente“ Roboter sind nicht nur nützliche spezialisierte Helfer – sie zeigen auch das Zusammenwachsen der KI (mit ihren Deep-Learning-Möglichkeiten) mit Sensoren, die ihre Umwelt erfassen. So

¹⁹⁰ „World's First Massaging Robot“ auf YouTube vom 09.10.2017 (https://www.youtube.com/watch?v=Iny5aEb_02s) und „Singapore's first robot masseuse EMMA starts work“ in NTU-Publikation vom 09.10.2017 (<http://media.ntu.edu.sg/NewsReleases/Pages/newsdetail.aspx?news=2d5874a5-d443-4904-9013-0ebc446a29d7>).

¹⁹¹ Quelle: „Minerva. Carnegie Mellon's Robotic Tourguide Project“ auf <http://www.cs.cmu.edu/~minerva/about.html>. Siehe auch <https://web.stanford.edu/~thrun/robots.html> und <https://web.stanford.edu/~thrun/cv.html>.

¹⁹² Alexander Michel: „Roboter Cimon: Er ist der Neue auf der ISS“ in *Augsburger Allgemeine* vom 28.02.2018 (<https://www.augsburger-allgemeine.de/wissenschaft/Roboter-Cimon-Er-ist-der-Neue-auf-der-ISS-id44349006.html>).

¹⁹³ Eine Liste finden Sie auf <https://www.roboticstoday.com/robots/robots-a-to-z/a>.

¹⁹⁴ „Mensch, Roboter! – Leben mit künstlicher Intelligenz und Robotik“ auf <https://www.hnf.de/dauerausstellung/ausstellungsbereiche/global-digital/mensch-roboter-leben-mit-kuenstlicher-intelligenz-und-robotik.html>.

erschließen sich völlig neue Anwendungsgebiete – bei der Lebensmittelsparte von Amazon etwa die Prüfung, ob Äpfel und Birnen in den Versandkisten wirklich frisch sind. Ein Job, der die menschlichen Kontrolleure von ermüdender Routinearbeit befreit. Vielleicht aber auch „um den Menschen erst bei Entscheidungen zu helfen. Um sie ihnen später abzunehmen. Das lässt Raum für Träume, und es lässt Raum für Angst“, denn „der Anführer in diesem Bereich wird zum Herrn der Welt werden.“¹⁹⁵ Roboter als Partner – kann das sein? Aber die Maschine fühlt nichts und macht uns klein, meint die Soziologin Sherry Turkle vom MIT. Und wir vergessen, was es heißt, ein Mensch zu sein. Also „noch bevor wir Roboter bauen, müssen wir uns selbst umbauen – zu Menschen, die bereit und willens sind, sie zu Gefährten zu nehmen.“¹⁹⁶ Auf *You Tube* kann man sich informieren über Roboter, die Menschen gefährlich werden können oder die exakt so aussehen wie Menschen – und sogar darüber, ob man einen Roboter lieben kann.¹⁹⁷ Zur Not hilft bei Letzterem *Roxxy*, ein weiblicher (natürlich!) Sexroboter. Die Firma verspricht: „Wir sorgen dafür, dass sie deinen Namen kennt, deine Vorlieben und Abneigungen, eine Diskussion führt und ihre Liebe zu dir ausdrückt und deine liebevolle Freundin ist. Sie kann mit dir reden, dir zuhören und deine Berührung spüren. Sie kann sogar einen Orgasmus haben!“ – und zum Trost: „Wir werden bald einen männlichen Sexroboter freigeben.“¹⁹⁸ Seit Ende 2016 stattet die Firma WM Dolls aus China ihre Puppen angeblich auch mit künstlicher Intelligenz (KI) aus. Die Puppen sollen dank ihrer KI einfache Konversationen führen und sich bewegen, sogar mit den Augen klippern können. In der Fabrik von WM Dolls werden jeden Monat rund 2000 Puppen hergestellt. In der Kategorie „Drogerie & Körperpflege“ wird sie auch von Amazon Deutschland angeboten (neu und gebraucht). Sie „besticht durch eine unglaublich weiche Haut, die sich bei Berührung völlig natürlich anfühlt. Ihr makelloses Gesicht und ihr atemberaubender Körper wurden durch erfahrene Künstler geformt.“¹⁹⁹

¹⁹⁵ Alexander Jung et al.: „Angsträume“ in *Der Spiegel* 46/2018 S. 66.

¹⁹⁶ Sherry Turkle: „Roboter als Partner – das kann nicht sein“ in *NZZ* vom 26.10.2018 (<https://www.nzz.ch/feuilleton/roboter-als-partner-das-kann-nicht-sein-ld.1415517>).

¹⁹⁷ „5 unheimliche Roboter – die Menschen gefährlich werden können“ (<https://www.youtube.com/watch?v=BmD-XMhT4Vk>), „5 Roboter – Die exakt so aussehen wie Menschen!“ (<https://www.youtube.com/watch?v=4yI87qNzaeU>) und „Philosophie – Kann man einen Roboter lieben?“ (<https://www.youtube.com/watch?v=3rCQ-dlxWK8>).

¹⁹⁸ Quelle: Webseite von *TrueCompanion* („wahre Gefährtin“/„wahrer Gefährte“) auf <http://www.true-companion.com/home.html>.

¹⁹⁹ Fotostrecke „Sexpuppen-Fabrik in China: Künstlich intelligent und immer zu Diensten“ in *Spiegel online* vom 27.07.2018 (<http://m.spiegel.de/fotostrecke/fotostrecke-162687.html>), bei Amazon auf <https://www.amazon.de/WM-Doll-Sexpuppe-RS-Dolls-deutschen-Fachhändler/dp/B01BX3AE3A>.

Die Vertreter des „Transhumanismus“ gehen noch einen Schritt weiter. Sie wollen ihre biologischen Grenzen mit Hilfe von Technik überwinden. Manche von ihnen haben sich RFID-Implantate in den Körper einbauen lassen und können nun direkt mit Maschinen kommunizieren – und sei es auch nur, um ihre Haus- oder Autotür durch eine kleine Annäherung mit ihrem Handgelenk aufzuschließen. Denn was bei Hunden und Katzen, aber sogar bei Kois Brauch ist, ist auch für den Menschen attraktiv: ein implantierter Mikrochip. Es nennt sich *Bodyhacking*. In Sydney wurde ein *Bodyhacker* verklagt, weil er sich den Bezahlchip für den Nahverkehr in die Hand implantieren ließ. Denn der Chip ist Eigentum des Verkehrsbetriebes, und dieser verlangt, physisch darüber verfügen zu können. Der Mann hat sich auch einen Temperaturfühler implantieren lassen, der alle 5 s seine Körpertemperatur misst und abhängig davon die Heizung in seinem Haus nachregelt.²⁰⁰ Im *Baja Beach Club* in Barcelona kann der VIP-Gast schon seit 2004 Eintrittskarte, Ausweis und Geldbörse in einem Chip vereinen. Der Chip wird dem Menschen mit einer kleinen Spritze unter der Haut implantiert und ist ein Identifikations- und Bezahlsystem, *VeriPay* genannt. Er enthält den Namen und die ID-Nummer, und er könnte auch ohne das Wissen des Trägers aus der Ferne gelesen werden. Der Hersteller arbeitet an evolutionären Entwicklungen, unter anderem an Chips, die GPS-Tracker enthalten.²⁰¹

Die *Bodyhacker* sehen sich als *Cyborg*, als ein Mischwesen aus lebendigem Organismus und Maschine. Aber das ist nicht nur eine Ideologie, sondern hat praktische Vorteile z. B. für Menschen, die Gliedmaßen verloren haben. So werden etwa voll bewegliche Handprothesen über ein Implantat im Gehirn durch Gedanken gesteuert. Mit einem Hirnimplantat namens *BrainGate* konnten Testpersonen mit Hilfe ihrer Gedanken im Web surfen oder sich gegenseitig Nachrichten schreiben.²⁰² Brillen, Herzschrittmacher und Prothesen sind natürlich extrem nützliche und ethisch gebotene „Erweiterungen“ des Menschen. Aber der Übergang vom Heilen zum

²⁰⁰ „Bodyhacking scientist who implanted Opal card chip guilty of fare evasion“ in *The Guardian* vom 16.03.2018 (<https://www.theguardian.com/australia-news/2018/mar/16/bodyhacking-scientist-who-implanted-opal-card-chip-guilty-of-fare-evasion>).

²⁰¹ „I've got you under my skin“ in *The Guardian* vom 10.06.2004 (<https://www.theguardian.com/technology/2004/jun/10/onlinesupplement1>).

²⁰² Cindy Michel: „Prothesen-Patienten können jetzt einzelne Finger mit Gedanken steuern“ in *Wired* vom 16.02.2016 (<https://www.wired.de/collection/science/einzelne-finger-prothesen-koennen-nun-durch-die-kraft-der-gedanken-gesteuert>) und Laura Sanders: „Brain implants let paralyzed people use tablets to send texts and stream music“ in *ScienceNews* vom 21.11.2018 (<https://www.sciencenews.org/article/paralyzed-people-implants-brain-computer-interface-tablets>).

Verbessern ist fließend und auf anderen Gebieten längst überschritten. Seit Beginn der Menschheit haben wir alles gemacht, was wir machen konnten – mit wenigen Ausnahmen. Wer oder was wird uns hindern, unsere biologischen Grenzen zu sprengen? Werden wir eines Tages aufwachen und merken, dass Maschinen klüger und damit mächtiger sind als wir? Können wir die Lawine, die damit für uns Menschheit zu Tal rollt, dann noch aufhalten? Denn natürlich ist auch das Militär daran interessiert. Das US-Verteidigungsministerium möchte damit Soldaten und Waffensysteme miteinander verschmelzen. Und es gibt Milliarden für die KI-Forschung aus.²⁰³

Die Sprache ist die Kleidung der Gedanken²⁰⁴

„Malewina!“, sagte Ludwig und streckte den linken Arm aus, denn er meinte „Bitte strecke den linken Arm aus!“ Eusebesia verstand ihn falsch und dachte, er hätte „links“ gemeint. Dass „links“ *vapola* heißt, hatte sie noch nicht gelernt. Nein, wir sind nicht in der Volkshochschule von Wuppertal, wo die Schüler Volapük lernen (eine Kunstsprache, die um 1880 von dem Pfarrer Johann Martin Schleyer geschaffen wurde). Wir sind an der Freien Universität Brüssel, wo der belgische Informatiker Luc Steels das Wesen der Sprache erforscht. Er meint, Sprache entstehe als Ergebnis eines Spiels. Und hier „spielen“ gerade zwei Roboter, die das Sprechen erlernen sollen. Die Roboter lernen Kommunikation, sie erfinden eine eigene Sprache und schaffen so Intelligenz. Sie spielen Sprachspiele, und die sind ziemlich einfach. Sie versuchen, sich gegenseitig ein Gefühl für ihre Körper beizubringen und reden miteinander. Ludwig schüttelt den Kopf und wiederholt: „Malewina!“ Jetzt begreift Eusebesia und streckt den linken Arm aus. Ludwig nickt, und Eusebesia sagt: „aga“ („Gut!“). Sie hat den Befehl „verstanden“ und zugeordnet, ohne jedoch ein generelles Konzept von „links“ zu haben.

Vorher haben die Roboter von Steels sich selbst in einem Spiegel studiert und ihre eigenen Bewegungen untersucht. Dies ist eine „robotische“ Version eines Kleinkindes, das selbstständig laufen lernt. Haben sie damit den „Spiegeltest“ bestanden und im Spiegel *sich selbst* erkannt – ein Zeichen

²⁰³Piotr Heller: „Neurotechnologie für Soldaten – Gedankenschnelle Manöver“ in *FAZ.net* vom 19.11.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/wissen/forschung-politik/amerikanische-neurotechnologie-soll-mensch-und-maschine-vernetzen-15872787.html>) und (ohne Autor) „Amerikas Militär gibt Milliarden für künstliche Intelligenz aus“ ebd. vom 08.09.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/politik/ausland/us-militaer-investiert-zwei-milliarden-dollar-in-k-i-15777707.html>).

²⁰⁴Aphorismus des englischen Sprachforschers und Literaturkritikers Samuel Johnson (<https://www.aphorismen.de/zitat/20620>).

von Bewusstsein? „Um sich in der Welt zu bewegen und die Bewegungen eines anderen zu erkennen, braucht man eine Art Modell des eigenen Körpers“, sagt Steels. Sie können auch Menschen erkennen und mit ihnen interagieren. „*Kimaku!*“, sagt Ludwig. Steels hebt beide Arme und freut sich, denn Ludwig hat begeistert genickt. (Oops! Ein unzulässiger Anthropomorphismus, denn es sieht wegen der Geschwindigkeit der Kopfbewegung nur so aus. Ob Ludwig ein Gefühl der Begeisterung hat, weiß niemand.)²⁰⁵

Einer ist der Lehrer und erfindet über Zufallszahlen ein Wort aus vorgegebenen Silben, etwa „*makosu*“. Er macht die Bewegung, von der er sich ein internes Modell gebildet hat, und benennt sie. Der andere kann es mit seinem Körpermodell richtig deuten und verbindet das gehörte Wort „*makosu*“ mit seiner Bewegung. Oder auch nicht, wie man gesehen hat – und in jedem Fall bekommt er das passende Feedback.

So haben es die frühen Menschen wohl auch gemacht und Forscher, die in fremden Ländern auf Menschen mit unbekannten Sprachen gestoßen sind. Sie halfen sich vielleicht mit einem Ratespiel: Der Forscher deutet auf Gegenstände (darunter ein Pfeil) und sagt fordernd „Pfeil“. Wenn der andere den Pfeil herüberreicht, bekommt er eine Belohnung. Dann hatte das Ratespiel Erfolg – und kommunikativer Erfolg ist genau das, was beim Sprachspiel zählt.

Und jetzt kommt die Macht der Computer – sie ermüden nicht. Was sie einmal gemacht haben, machen sie Millionen Mal. Es gibt nicht *zwei* Roboter, sondern viele. Nicht *einen* Übungsraum, sondern viele, über die ganze Welt verteilt und durch das Internet verbunden. So lernen die Maschinen eine gemeinsame, umfangreiche Sprache und verbinden sie mit Begriffen. Sie haben die Fähigkeit, die Welt zu erfassen und miteinander zu teilen, Bewegungen zu machen und Begriffe zuzuordnen. Und sie unterhalten sich in einer Sprache, die wir Menschen nicht verstehen! Es sei denn, jemand hätte den gesamten Lernprozess verfolgt und protokolliert.²⁰⁶

Sie lernen durch die Sprachspiele. Allerdings sagen uns die Philosophie und die Psychologie, dass nicht die Informationsebene in der Sprache das Bedeutungsvolle ist, sondern die Beziehungsebene. Nicht was gesagt wird, sondern was gemeint ist. „*Verstehen*“ im menschlichen Sinne können sie nicht. Und sie haben ja noch nicht einmal eine Grammatik wie in dem Satz: „Ich hebe jetzt den rechten Arm.“

²⁰⁵ „Amazing! Conversation Between Robots“, Film der BBC Studios auf YouTube vom 03.10.2015 (<https://www.youtube.com/watch?v=Qh2yT-AL1V8>).

²⁰⁶ Dylan Love: „Watch two robots invent their own spoken language“ in *The Daily Dot* vom 07.10.2015 (<https://www.dailydot.com/debug/robots-invent-language-luc-steels-interview/>).

Sprache dient der Koordination des Verhaltens von Individuen. Und das kann der Computer natürlich nicht. *Noch* nicht? Vielleicht *nie*? Vielleicht entsteht eine so komplexe Sprache wie die menschliche daraus niemals, auch wenn Steels' Roboter unendlich lange miteinander spielen. Denn die Frage, wie menschliche Sprache entstanden ist, können wir vielleicht nur beantworten, wenn wir das menschliche Gehirn verstanden haben. Und daran hapert es noch gewaltig.

Cyborgs – die Verschmelzung von Mensch und Maschine

Wir kennen sie aus *Science-Fiction*-Filmen und Computerspielen, aus Romanen und Comics, die *Cyborgs* (vom englischen *cybernetic organism* „kybernetischer Organismus“). Einen ersten Schritt in diese Richtung bilden Exoskelette, wie sie Yoshiyuki Sankai baut. Diese äußereren Stützstrukturen für Menschen sollen teilweise Gelähmten wieder Bewegungen ermöglichen. Japan erkennt den Roboteranzug seiner Firma als Medizinprodukt an und erwartet eine weite Verbreitung. Das *Hybrid Assistive Limb* (HAL) ist ein Roboteranzug für den Unterkörper, der die Mobilität von Menschen mit Behinderungen oder eingeschränkter Muskelkraft fördert. Wenn Menschen die Absicht haben, sich zu bewegen, dann wandern im Gehirn erzeugte bioelektrische Signale über unser Nervensystem zu den Muskeln und können an der Hautoberfläche abgegriffen werden. HAL erfasst diese Signale und seine Motoren geben der beabsichtigten Bewegung des Trägers, wie z. B. Aufstehen oder Gehen, sofort zusätzliche Kraft. HAL hat z. B. Anwendungsmöglichkeiten bei älteren Menschen. Sankai hält es für einen großer Sprung für Japan, das sich der Herausforderung einer alternden Gesellschaft stellt und innovative Ideen und Produkte braucht, um damit fertig zu werden.²⁰⁷ Noch aber sind es nur Maschinen, und sie sind weit davon entfernt, autonom agieren zu können.

Andere Forscher haben einen weiteren Schritt vollzogen. Ein Nackter springt leichfüßig über einen Balken und dann behänd auf drei Kisten, von denen die nächste immer höher ist als die davor. Hätte er Kleider an, würde man nicht sehen, wie anmutig seine Haltung ist. Mit geschickten

²⁰⁷Kazuaki Nagata: „Japan recognizes Cyberdyne's robotic suit as medical device, widespread use anticipated“ (Übersetzung siehe oben) in *the japan times* vom 26.11.2015 (<https://www.japantimes.co.jp/news/2015/11/26/business/tech/homegrown-robotic-suit-gets-recognized-medical-device-japan/#.W23QQZNCRdh>).

Armbewegungen hält er sein Gleichgewicht und ist in drei Schritten auf der obersten Kiste. Dann springt er herab und auf eine weitere Kiste, dreht sich dort um und landet mit einem Salto rückwärts auf seinen Füßen. Bei alledem kam er nicht einmal aus der Puste. Hätten Sie das auch gekonnt, notfalls *mit Kleidern*? Sein Hund heißt *SpotMini*. Er steht vor einer geschlossenen Tür und kann die Klinke nicht betätigen. Winselnd wendet er sich an seinen Kumpel. Der andere Hund eilt herbei, öffnet die Tür, lässt *SpotMini* höflich den Vortritt, geht auch hindurch und schließt die Tür hinter sich. Die beiden sind *Robot-Dogs*, aber nicht ganz so niedlich wie der auf meinem Titelbild (schließlich haben sie militärische Zwecke). Allerdings kuscht der Kunsthund vor einem kleinen Terrier. Das Ganze wurde bei *Boston Dynamics* gefilmt, einer Google-Tochter.²⁰⁸ Die Akteure sind KI-Roboter, reine Maschinen. Sie können die Übungen stundenlang machen, ohne zu ermüden. Ab und zu misslingt mal ein Salto, aber *Atlas*, der Unbekleidete, arbeitet daran. Aber sind seine Bewegungen wirklich so anmutig wie die eines Kindes? Oder gilt das Moravec'sche Paradox? Der Robotik-Wissenschaftler Hans Moravec an der *Carnegie Mellon University* hatte nämlich darauf hingewiesen, dass abstraktes Denken wie beim Schachspielen oder bei ärztlichen Diagnosen relativ wenig Geisteskraft benötigt – im Vergleich zu „primitiven“ Fähigkeiten wie Gehen oder Greifen. Ein *Digital Business Cartoonist* illustriert dies und fragt: „Roboter mögen ja die tollkühnsten Rechenakrobaten sein, aber haben Sie sich mal von einem eine Getränkeflasche reichen lassen?“²⁰⁹

Noch sind es keine *Cyborgs*, die mit Oma Hilde im Pflegeheim Karten spielen oder mit ihr Gymnastik machen. *Pepper* aber könnte einer von ihnen werden. Er hat Knopfaugen und stets ein freundliches Lächeln im Gesicht, auch wenn er mit seiner kindlichen Stimme zum hundertsten Mal erklärt, wie eine MRT-Untersuchung abläuft. Service- und Pflegeroboter sollen helfen, den akuten Personalmangel in den Pflegeeinrichtungen abzumildern.²¹⁰

²⁰⁸ „Atlas Updates – Amazing Humanoid Robot With Artificial Intelligence From Boston Dynamics“ auf YouTube vom 12.10.2018 (https://www.youtube.com/watch?v=6vYA8L_r850) und „New dog-like robot from Boston Dynamics can open doors“ ebd. vom 12.02.2018 (<https://www.youtube.com/watch?v=wXrmussq4E>). Der Terrier auf „Real Dog Meets Boston Dynamics Robot Dog for First Time“ ebd. vom 01.03.2016 – überlegen Sie hier doch einmal, ob man dem Maschinenhund nicht aufgrund seines Verhaltens ein Bewusstsein auf der Ebene 1 zusprechen könnte, wenn er äußerlich *nicht* als technischer Apparat zu erkennen wäre (<https://www.youtube.com/watch?v=rEg6oeazTNY>).

²⁰⁹ Christian Möller: „Das Moravec'sche Paradox“ in *HuffingtonPost* vom 14.04.2015 (https://www.huffingtonpost.de/christian-moeller/das-moravecsche-paradox_b_7055682.html).

²¹⁰ Inge Hüsgen: „Roboter in der Pflege“ auf HPD vom 16.10.2018 (<https://hpd.de/artikel/roboter-pflege-16060>) und „Für eine gute Versorgung fehlen rund 80.000 Pflegekräfte“ in *Zeit online* vom 18.06.2018 (<https://www.zeit.de/wirtschaft/2018-06/verdi-erhebung-pflegekraefte-mangel-krankenhaeuser>).

Da hilft auch *Paro*, ein 32-Bit-Prozessor mit Mikrofon und taktilen Sensoren, das Demenzkranken ein Seehundbaby vorspiegeln soll. Es kann Kopf und Flossen lautlos bewegen, sucht aktiv Blickkontakt und wird zutraulicher, wenn es Zuwendung bekommt.²¹¹ Aber werden Menschen und Roboter wirklich kooperieren, wie es sich in modernen Fabriken schon andeutet? Oder stören wir in den Produktionsstätten der Zukunft, weil wir Staub und Unruhe in die Hallen bringen? Werden wir Menschen die Schöpfer von Robotern bleiben oder werden sie uns beherrschen und eine neue Gesellschaft erschaffen, wie manche vermuten und wie es das Titelbild suggeriert?²¹²

Wir basteln uns ein Bewusstsein

Viele Forscher und Philosophen haben ja die innere Gewissheit (man kann es Bauchgefühl nennen), dass eine Maschine niemals Bewusstsein im menschlichen Sinne haben kann. Andere halten ebenso überzeugt dagegen. Pentti Haikonen sagt: „Lass es uns doch einfach mal probieren!“ Haikonen arbeitet an einem Forschungszentrum in Helsinki und ist gleichzeitig Philosophieprofessor an der *University of Illinois*. Er forscht seit den frühen 1990er Jahren an künstlichem Bewusstsein. Er ist daran interessiert, eine Maschine zu entwickeln, die die Welt wie wir direkt wahrnimmt und versteht. Diese Maschine würde natürliche Sprache verwenden und Geschichten ohne explizite Grammatik verstehen. Sie wäre sich ihrer eigenen Existenz, ihres eigenen geistigen Inhalts, ihrer persönlichen Geschichte und ihrer erwarteten Zukunft bewusst. Diese Maschine würde sich über festgelegte Ziele und Wertesysteme steuern, sie würde verstehen, was sie tut.

Seiner Ansicht nach ist das Gehirn kein Rechner, ebenso wenig würde seine kognitive Maschine über die numerische Darstellung von Informationen und numerischen Berechnungen funktionieren. Er lehnt die heutige Art der künstlichen Intelligenz und klassische neuronale Netzwerke zugunsten der Nachbildung der kognitiven Prozesse des Gehirns (des Flusses der inneren Sprache, der inneren Bilder und Emotionen) ab. Die heutige symbolische Verarbeitung im Computer ist für ihn grundsätzlich bedeutungslos, denn eine echte kognitive Maschine sollte mit Symbolen arbeiten, die

²¹¹ „Der Herzensöffner“ in *Spiegel online* vom 20.10.2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/roboter-paro-ergaenzt-pflege-von-dementen-mixed-media-reportage-a-1212667.html>).

²¹² Inspiriert von „Die Erschaffung Adams“, Fresko von Michelangelo (zwischen 1508 und 1512) in der Sixtinischen Kapelle. Zur Erinnerung: Dort ist die rechte Hand die des Schöpfers.

Bedeutungen haben. Haikonen schlägt stattdessen vor, dies durch den Einsatz von „assoziativen symbolischen neuronalen Netzen“ zu erreichen (im Gegensatz zu traditionellen neuronalen Computernetzwerken sind sie reine Hardware). Diese Netzwerke erlauben die Verwendung von „neuronalen Signalvektoren“ als Symbole für Entitäten und die assoziative Verknüpfung dieser Entitäten. Diese Netzwerke können transparent gemacht werden, so dass das System nur die Informationen „sehen“ kann, nicht die Trägersignale oder die Schaltung. So würde die Maschine die Welt so klar wahrnehmen, wie wir es tun. Sagt er.²¹³

Und wie macht er das? Er baut Roboter auf Rädern von der Größe eines Schuhkartons. Sein experimenteller „kognitiver“ Roboter XCR-1 ist ein kleiner dreirädriger Roboter mit Greiferhänden. Er hat Sensoren für seine Umwelt, optische und akustische Sensoren, um Gegenstände und Sprache zu erfassen. Er hat auch Sensoren für Belohnung und Bestrafung. Ein Klaps auf das Hinterteil bedeutet „schlecht“, ein Streichen über das Oberteil „gut“. Damit trainiert ihn Haikonen so, dass er „Angst“ vor gelben Kugeln bekommt und sie nach einiger Zeit meidet. Zu blauen Flaschen fühlt er sich hingezogen: „Zuneigung“. Durch diese Rückkopplung bildet sich ein Regelkreis oder eine algorithmische Regel wie bei Expertensystemen: *Wenn* gelbe Kugel, *dann* Klaps.

Die „neuronalen Signalvektoren“ sind wie folgt realisiert, in Hardware, wie gesagt: Nehmen wir an, die Kameras der Haikonen-Maschine konzentrieren sich auf den gelben Ball. Das Pixelmuster der Kameras wird in einen speziellen Prozessor eingespeist, der einen Bereich von z. B. 10.000 Signalen erzeugt, wobei jedes Signal von einem Draht übermittelt wird. Ein Draht ist der Ausgang der „Rundheit“-Schaltung des Prozessors, und in diesem Fall ist das Signal EIN. Ein weiterer Draht aus der „Rechtwinkligkeit“-Schaltung wäre AUS, d. h. ohne Spannung. Eine Gruppe von Drähten ist der Ausgang der Spektrumanalyseschaltung, der Draht, der Frequenzen entspricht, die wir Menschen als „gelb“ erkennen, ist EIN, während die Drähte für „rot“, „blau“ usw. AUS sind. Es gibt viele andere Gruppen von Drähten, die Größe, Helligkeit, Kanten usw. darstellen. Dadurch bildet der Forscher die Neuronen und Synapsen der Gehirne von Lebewesen ab.

Angenommen, wir zeigen der Maschine mehrere Kugeln unterschiedlicher Größe, Farbe usw., eine nach der anderen, und jedes Mal hört ihr

²¹³Quelle: Klappentext zu Penti Haikonen: „Cognitive Approach to Conscious Machines“, Imprint Academic, Exeter UK 2003 und Haikonens Homepage (<http://personal.inet.fi/cool/pentti.haikonen>, dort <http://www.cogric.reading.ac.uk/biographies/Haikonen%20Pentti.pdf>).

Mikrofon das Klangmuster, das wir Menschen als das Wort „Kugel“ verstehen. Da sie wiederholt gleichzeitig auftreten, verbindet die Maschine das Klangbild und das visuelle Bild miteinander. Diese Herstellung von Assoziationen ist die Art und Weise, wie die Wahrnehmung und die Kategorienbildung der Maschine erfolgt. Auch wenn die Haikonen-Maschine nichts anderes tut, als die Welt anzuschauen und ihr zuzuhören, speichert sie ständig Dinge in ihrem Gedächtnis und baut ihr Wissen über die Welt auf.

So weit der technische Hintergrund.²¹⁴ Was Haikonen da gebaut hat, ist also etwas anderes als die klassische Von-Neumann-Architektur oder die Software-KNNs. Ja, man kann sagen, der XCR-1 hat Bewusstsein. Aber nach Michio Kakus Klassifikation ist es so ungefähr auf Stufe 1, auf der von Pantoffeltierchen. Die Zahl der Rückkopplungsschleifen ist zu klein, um es mit der von Tieren oder gar von Menschen zu vergleichen. Mehr ist eben anders.

Haben sie oder haben sie nicht?

So fragen wir uns zum Schluss: Haben Roboter ein Bewusstsein oder werden sie es haben? Werden sie Chinesisch (oder was immer) wirklich *verstehen*? Maschinen werden in der Lage sein, einen Film zu sehen, dann zu entscheiden, wie gut er ist und eine scharfsinnige und fundierte Rezension des Films zu schreiben. Aber wird eine solche Maschine den Film wirklich *genießen*? Und wie würden sie sein, die Roboter mit Bewusstsein? Nach Isaac Asimovs Robotergesetzen dürften sie keinen Menschen zu Schaden kommen lassen, müssten sie den Befehlen eines Menschen gehorchen und ihre eigene Existenz schützen. Lassen wir das wirklich schwierige Problem mal außen vor: Wenn es ein weiteres Robotergesetz gäbe, das die gesamte Menschheit über den *einzelnen* Menschen stellt. Dann dürften Roboter einzelne Menschen absichtlich verletzen oder gar töten, um die Menschheit zu beschützen. Doch auch so fragen wir uns: Wären sie rational, rücksichtsvoll und voller Verständnis? Oder irrational wie „richtige Menschen“, die unsinnigem Aberglauben anhängen, die ausrasten, wenn ihre Fußballmannschaft verliert oder die ihren Körper mit Tattoos in eine Fototapete verwandeln?²¹⁵ Oder werden sie langweilig, übertrieben freundlich und

²¹⁴Ausführlich beschrieben in Trung Doan: „Pentti Haikonen's architecture for conscious machines“ (Pentti Haikonens Architektur für bewusste Maschinen) in *conscious robots* vom 10.12.2009 (<http://www.conscious-robots.com/2009/12/10/pentti-haikonens-architecture-for-conscious-machines/>).

²¹⁵Siehe dazu Erich Kästner „Sogenannte Klassefrauen“ (<https://www.youtube.com/watch?v=tJJvXhTiFuQ>).

besserwisserisch sein und Ihnen die Uhr erklären, wenn Sie nur wissen wollen, wie spät es ist? Werden sie eine Persönlichkeit haben? Werden zehn Exemplare desselben Modells identisch aussehen und denselben Satz auf dieselbe Weise sprechen? Werden sie herzlich, lustig und Ihnen zugewandt sein – und ein wenig verrückt wie ein richtiger Mensch? Oder können Sie sie selbst in direktem Gegenüber nur dadurch von einem echten Menschen unterscheiden, dass die Frage nach ihrer Mutter in ihren Pupillen keine erkennbare Erregungsreaktion hervorruft (was wie im Film *Blade Runner* zur sofortigen Exekution des Replikanten führt).²¹⁶

Auf jeden Fall wird es eine „starke“ KI sein, denn die „schwache“ ist ja jeweils auf nur einem Anwendungsgebiet stark. Selbst wenn sie dort verblüffende Meisterleistungen erbringt und dem Menschen überlegen ist (wie *AlphaGo Zero*), kann sie jenseits dieses begrenzten Gebietes nicht einmal ein Toastbrot von einer Matratze unterscheiden. Werden die „intelligenten“ Roboter je die „Big Five“ der Psychologie besitzen, die Charakter- und Persönlichkeitsmerkmale, die darunter zusammengefasst sind? Nach diesem Modell existieren fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit, und jeder Mensch lässt sich auf folgenden Skalen einordnen: Offenheit für Erfahrungen (Aufgeschlossenheit), Gewissenhaftigkeit (Perfektionismus), Extraversion (Geselligkeit), Verträglichkeit (Rücksichtnahme, Kooperationsbereitschaft, Empathie) und Neurotizismus (emotionale Labilität und Verletzlichkeit).²¹⁷ Nun, da stelle ich mir den geselligen, aufgeschlossenen und verträglichen Roboter vor und hoffe, dass er nicht emotional labil ist.

Denken Sie nach, bilden Sie sich Ihre Meinung – aber nicht zu schnell. Dennett schrieb zu unserem intuitiven Wissen, was „Bewusstsein“ sei: „Dieses intuitive Wissen, wie etwas sein muss beziehungsweise nicht sein kann, ist sehr mächtig und verführerisch, aber schlicht falsch.“²¹⁸ Denn was ist „verstehen“? Ein von außen beobachtbares Verhalten oder ein unsichtbares Aha-Erlebnis in einem Kopf (in Ihrem kennen Sie es, aber wie wollen Sie beurteilen, ob Ihr Gegenüber es hat?). Das selbstfahrende Auto – nichts anderes als KI auf Rädern – hat garantiert ein Modell von sich und seiner Umwelt mit mehr als 100 Parametern. Ein „Selbstmodell“ im Sinne Metzingers. Ist das schon ein Bewusstsein oder ein „Bewusstsein“ in

²¹⁶Der so genannte „Voight-Kampff-Test“, siehe „Blade Runner Scene 1 Summary“ auf <https://www.shmoop.com/blade-runner/scene-1-summary.html> und Uwe Neuhold: „Der neue Voight-Kampff-Test: Sind Sie schon ein Androide – oder noch ein Mensch?“ auf *die zukunft* vom 26.06.2017 (<https://diezukunft.de/kolumne/science-punk/der-neue-voight-kampff-test>).

²¹⁷Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Big_Five_\(Psychologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Big_Five_(Psychologie)).

²¹⁸Blackmore S (2012) S. 115 f.

Anführungszeichen? Hat es ein Gewissen, kann es ethische Entscheidungen treffen?²¹⁹ Vermutlich lügt es uns im Fall eines Unfalls (schöne Wortkonstruktion!) nicht an und behauptet, es hätte nichts gemerkt. Es gibt vollständig Auskunft, was es gesehen hat, wie schnell es war – und ob der Fahrer eingegriffen oder überhaupt seine Hände am Steuer gehabt hat. Denn das Auto hat vielleicht ein Bewusstsein. Also ja, es hat eins. Aber nicht unseres. Denn mehr ist eben anders. Aber ich wiederhole mich.

Der Computer ist zwar eine Universalmaschine, aber er ist doch auf seine Anwendungsgebiete beschränkt. Wir dagegen sind Super-Universalmaschinen, wir sind (fast) Experten für (fast) alles. Wie auch die Tiere können Computer einiges vielleicht viel besser als wir, aber in der Gesamtheit der zu bewältigenden Situationen sind wir am anpassungsfähigsten. Deswegen versagt der Turing-Test so oft, wenn man das Thema wechselt.

Aber Sie können ja selbst mal nachrechnen: Auf *ConsScale* sehen Sie Maßstäbe (engl. *scale*) für Bewusstsein (engl. *consciousness*).²²⁰ Möchten Sie meine Antwort wissen? Für mich ist die Frage falsch gestellt bzw. ungenau. Es ist keine Ja-nein-Frage. Bewusstsein ist nach Kaku eine Grauzone, und sicher hat ein Roboter ein Bewusstsein wie ein Fadenwurm. Denn er hat wahrscheinlich mehr als 136 Statusinformationen über sich und seine Umwelt. Damit hätte er ein Bewusstsein Stufe 1. Ob er jemals unsere Stufe 3 erreicht, wie manche glauben, das weiß vermutlich niemand. Also haben sie oder haben sie nicht? „Sein oder Nichtsein, das ist hier die Frage“ so das Zitat aus „Hamlet“ (siehe Fußnote 35 auf S. 32) – und da Sie nun mit der Symbolik von Programmiersprachen vertraut sind, können Sie auch die englische Kurzform genießen: $2B|\neg 2B$. Ja, das ist die Frage, ob wir als Menschheit eine „starke KI“ (also „Roboter mit Bewusstsein“, sollte es sie je geben) beherrschen werden – oder sie uns. (Abb. 3.8).

Und werden, können wir es je erfahren? Natürlich werden sie mit uns sprechen, in unserer natürlichen Sprache mit uns verkehren. Sie werden „ich“ sagen (wie in Textkasten 3.4). Ob sie ein ICH haben und als solches empfinden, werden wir nie wissen. Wir können uns in die Ich-Perspektive anderer Menschen ja auch nicht hineinversetzen. Wir schließen es nur aus ihrem Verhalten und aus dem Vergleich mit den Ich-Empfindungen, die wir bei gleichem Verhalten von uns kennen. Unser Verhalten ist das Echo unserer Empfindungen, und unsere Empfindungen sind das Echo des

²¹⁹Vielleicht ist eine „Moralmaschine“ eingebaut? In Abschn. 3.7 bei „KI und Moral“ werden wir sie kennenlernen.

²²⁰Siehe *ConsScale*-Formular von Raúl Arrabales, Version 3.1 vom Jan. 2016 (http://www.conscious-robots.com/consscale/calc_30.html) und Diagramm auf <http://www.conscious-robots.com/consscale/>.

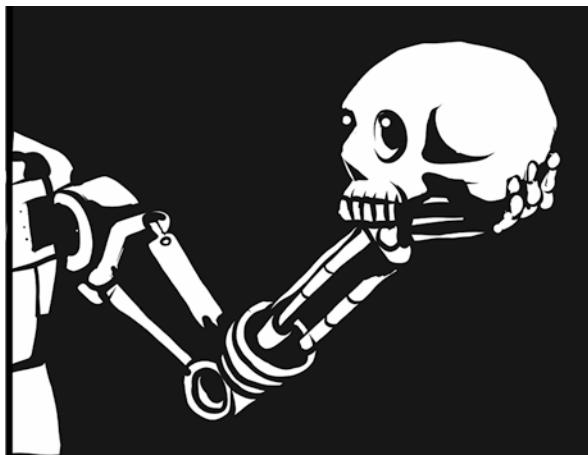


Abb. 3.8 Roboter mit Bewusstsein denken über die Menschheit nach

beobachteten Verhaltens anderer (erinnern Sie sich an die Spiegelneuronen in Abschn. 1.6). Aber schon heute sagen die Anwender von KI-Systemen, sie wüssten nicht, wie das System zu gerade dieser Entscheidung gekommen sei. Werden wir ihn merken, den *Point of no Return*, wenn die besserwisserischen Fachidioten zu wirklich intelligenten „Wesen“ mit Bewusstsein werden und damit die Herrschaftsverhältnisse umkehren?

Und so ist das Thema „Ethik“ nicht einfach eine akademische Frage. Die unbekümmerten Macher im *Silicon Valley* dürfen nicht unkontrolliert bleiben. Wir alle müssen über diese Fragen nachdenken, z. B. ob wir in einer Gesellschaft leben wollen, in denen unproduktive Menschen – Kinder, Kranke, Alte – von Robotern „umsorgt“ werden. Wollen wir nicht nur Demenzkranke mit simulierter Zuneigung belügen, sondern uns alle mit algorithmisch vorgetäuschem Verständnis abspeisen lassen?²²¹

3.5 Die Revolution frisst ihre Kinder

Dieses geflügelte Wort beruht auf einem Zitat aus Georg Büchners Drama „Dantons Tod“ aus dem Jahr 1835. Danton sagt in der 5. Szene des 1. Akts: „Ich weiß wohl – die Revolution ist wie Saturn, sie frisst ihre eignen Kinder.“²²²

²²¹Schon heute enden ja Formbriefe mit: „Wir danken für Ihr Verständnis“, selbst wenn sie völlig unverständliche Reaktionen auf vorgebrachte Beschwerden enthalten.

²²²Quelle: <https://www.phraseo.de/phrase/die-revolution-frisst-ihre-eigenen-kinder/>.

Das gilt auch für die vierte industrielle Revolution, die Digitalisierung. Was als gesteigerte Lebensqualität für die Menschen geplant war – leichtes Einkaufen und Bezahlen, einfache Sozialkontakte und zwischenmenschliche Kommunikation, allgemein zugängliche Informationsquellen und so weiter, wird in Teilen zur Plage. „Vernunft wird Unsinn, Wohltat Plage“, sagt schon der Dichter.²²³ Das Smartphone enthält Überwachungsfunktionen: Kamera, Mikrofon, Tastatur, Geopositionssensor und andere. Die gewonnenen Daten werden in den Servern der Diensteanbieter gespeichert.

Bürger fürchten, ihr geliebtes Bargeld zu verlieren, sie werden gespammt, gehackt und gedissst, sie fallen auf *Fake News* herein.²²⁴ Wir genießen kostenlose Dienstleistungen, möchten aber dafür nicht mit Werbung zugeschüttet werden.

Wir verändern mit der digitalen Revolution unsere Umwelt radikal, und nach dem Gesetz der Rückkopplung verändert die Umwelt uns: „Zuerst formen wir unsere Umwelt, danach formt sie uns. [...] Wer sich nicht digital transformiert, wird künftig mit einer Funktionsstörung weiterleben.“²²⁵ Der Finanzkapitalismus machte das Geld zur Ware und schöpft Geld aus Geld.²²⁶ Der Informationskapitalismus will nur unser Bestes: unsere Daten. Er macht Daten zur Ware und schöpft Geld aus ihnen.

Couchsurfing bei Chiara Donati in Florenz

„Aufenthalt bei Einheimischen und Treffen mit Reisenden“ und „Authentische Reiseerlebnisse teilen“ – das ist *Couchsurfing*. So zumindest die offizielle Webseite. Sie unterstützt 400.000 Gastgeber, 4 Mio. Surfer und 100.000 Events. Sie stellen sich und uns eine Welt vor, „die durch Reisen besser und durch Verbindungen reicher wird. *Couchsurfer* teilen ihr Leben mit den Menschen, denen sie begegnen, und fördern den kulturellen

²²³Johann Wolfgang von Goethe: „Faust – Eine Tragödie“, Faust I, Vers 1972 ff./Mephistopheles.

²²⁴Aus dem Duden (<https://www.duden.de/rechtschreibung/>): Spammen heißt „Spams im Internet versenden“, hacken „unberechtigt in andere Computersysteme eindringen“, disse „beschimpfen, diskreditieren, schmähen, verunglimpfen“. „Spam“ sind unerwünschte (Werbe-)Mails (<https://de.wikipedia.org/wiki/Spam>).

²²⁵Hofstetter Y (2018) S. 51

²²⁶Das so genannte „Fiatgeld“, lat. *fiat* ‚es werde‘. Verwendet u. a. lateinisch in der Bibel: „Es werde Licht!“ (*fiat lux*). Siehe z. B. <https://de.wikipedia.org/wiki/Fiatgeld>. „Fiatgeld“ ist kein „besonderes“ Geld oder ein besonderer Mechanismus, sondern diese Geldschöpfung geschieht bei jeder Kreditvergabe von Geschäftsbanken, und bei Rückzahlung wird es vernichtet.

Austausch und den gegenseitigen Respekt.“²²⁷ So war das mal gedacht: das Internet als Stätte der Begegnung. Die *Sharing Economy*, die eine geteilte Nutzung von ganz oder teilweise ungenutzten Ressourcen ermöglicht. Zum Beispiel von Wohnungen. Bin ich auf Reisen oder nehme ich drei Monate Auszeit in der Toskana, dann vermiete ich meine Wohnung an Feriengäste. Simone und Chiara Donati in Florenz machen das, denn ihre Wohnung steht oft leer. Toplage, frisch renoviert, der Preis deutlich unter dem eines Hotelzimmers. Sie preisen es als „Schönes Appartement in Florenz“ an, auf ihrer Webseite und bei *Airbnb*, einem 2008 gegründeter Community-Marktplatz für Buchung und Vermietung von Unterkünften. Es bringt die privaten Vermieter mit ihren Feriengästen zusammen, oft beim persönlichen Kontakt, wenn der Vermieter abreist und eben noch Zeit hat, seinen Schlüssel dem Feriengast zu übergeben und ihm zu erklären, wie der Backofen funktioniert.

Inzwischen verfügt das Unternehmen über mehr als 5 Mio. Unterkünfte in 81.000 Städten und 191 Ländern und hat über 300 Mio. Check-Ins ermöglicht.²²⁸ Es hat mehr Vermietungen als die 5 größten Hotelketten weltweit zusammen. Die einfache Idee des Teilens privater Wohnungen ist außer Kontrolle geraten, und so genannte „Supervermieter“ nutzen im großen Stil das System *Airbnb* aus, umgehen Gesetze und kassieren große Summen. Investoren kaufen ganze Häuser, vergraulen die Mieter, renovieren die Wohnungen und bieten sie als „Ferienwohnung“ an. Damit lassen sich monatlich höhere Einnahmen erzielen als durch eine reguläre Vermietung.²²⁹

So rattern die Rollenkoffer der Städtereisenden durch mittelalterliche Gassen. Statt der persönlichen Begrüßung kann sich der Feriengast den Schlüssel in einer *Safebox* abholen. Stadtviertel verlieren ihre Struktur und ihre Bewohner. In Amsterdam, Venedig, Berlin und Dutzenden anderer Ziele des Städtetourismus. In Barcelona und Venedig erbricht täglich ein Kreuzfahrtschiff Tausende von Touristen, die die Stadt fluten, einen Espresso trinken, Andenken kaufen und wieder verschwinden.

Der gesetzliche Mieterschutz macht eine reguläre Vermietung zusätzlich unattraktiv. Über fingierte Eigenbedarfskündigung werden Mieter aus den Wohnungen gedrängt, die dann in Ferienwohnungen umgewandelt werden.

²²⁷Quelle: <http://www.couchsurfing.com/about/about-us/>.

²²⁸Quelle: <https://press.airbnb.com/fast-facts/>, Stand 18. Juli 2018.

²²⁹„Kritisch Reisen: Das System Airbnb – Im Bett mit dem Supervermieter“ in *WDR Fernsehen*, „die Story“ am 18.07.2018 22:10–22:55 Uhr (<https://www1.wdr.de/fernsehen/die-story/sendungen/kritisch-reisen-das-system-airbnb108.html>).

Das bringt das Vier- bis Fünffache der regulären Miete. Die Supervermieter bieten oft viele Wohnungen an. Fast jede fünfte Wohnung in der Innenstadt von Florenz ist eine Ferienwohnung, ganze Wohnviertel verändern sich durch den Tourismus. Die Donatis haben über 30 Wohnungen im Angebot und werben mit der „Verwaltung von touristisch genutzten Wohnungen und kommerziellen Beratung für Nicht-Hotelbauten“.²³⁰

Die Städte wehren sich mit gesetzlichen Auflagen und Einschränkungen, oft nur auf dem Verordnungswege. Statt mühsam gegen lokale Beschränkungen vorzugehen, legt *Airbnb* bei der EU-Kommission in Brüssel Beschwerde gegen die Beschränkungen der freien Berufsausübung ein. Der Kampf gegen die Zweckentfremdung ist dann verloren.

Inzwischen hat ein weiteres Unternehmen aufgesattelt. Man könnte es „Tritt Brett Fahrer“ nennen, denn es analysiert und optimiert *Airbnb*-Vermietungsdaten. Mit dem hübschen Namen „*Airdna*“ betreibt es sozusagen die Genomanalyse von *Airbnb*. Wenn in München Oktoberfest ist, kalkuliert es den optimalen Mietpreis. Es bietet *Powerful Products for Growing your Vacation Rental Business* (Leistungsstarke Produkte für das Wachstum Ihres Ferienvermietungsgeschäftes) und *Relevant Airbnb Data for Every Industry* (Relevante *Airbnb*-Daten für jede Branche). Es prahlt mit der Analyse von 4.850.000 Vermietungen, 98.000.000 Reservierungen und über 10.000 *Happy Customers*.²³¹

Im Informationskapitalismus werden soziale Konzepte zu Geschäftsideen, soziale Netze zu asozialen Strukturen. Es sind nicht die Unternehmen, sagen manche, es ist der Markt. „Der Markt“, was ist das, möchte man fragen. Wir?

Reden wir über (Computer-)Geld

Zuerst eine dumme Frage: Was ist eigentlich Geld? In moderner Form, nicht als wertvolle Goldmünze, sondern als bedrucktes Papier. Oder – noch abstrakter – als Kontostand. Es ist ein Zahlungsversprechen, dem man vertraut, eigentlich ein Zahlungsanspruch gegenüber der Bundesbank. Niemand zum Beispiel gibt uns etwas für einen alten 100-DM-Schein, nur die Bundesbank ist gesetzlich dazu verpflichtet. Geld ist eigentlich ein Schuldschein, ein IOU (vom englischen *I owe you* „Ich schulde Ihnen“).

²³⁰LAIF – Lovely Apartments In Florence (<https://it.linkedin.com/in/chiara-donati-b0246613> und <http://www.laifapartments.com>).

²³¹Quelle: <https://www.airdna.co>, Stand 19. Juli 2018.

Nach einer Prognose der Deutschen Bank wird es im Jahr 2025 in der BRD kein Bargeld mehr geben. Die vielfältigen Vorteile von „analogem Geld“ werden verschwinden und durch einen Kontroll- und Überwachungsapparat ersetzt.²³² Viele europäische Länder haben schon Obergrenzen für Barzahlungen. „Digitales Geld“ lässt sich praktisch zu Nullkosten herstellen und international verbreiten. Angesichts dieser Bestrebungen verwundert es nicht, dass es eine Gegenbewegung auf technologischer Basis gibt: eine „verborgene“, den Geldinstituten und Staaten unzugängliche „Geheimwährung“: *Kryptowährungen*.²³³

Die versprochene „Demokratisierung des Finanzsystems“ durch das Internet, ein „Geld ohne Banken“ klang verlockend, besonders nach der Finanzkrise durch die *Lehman*-Pleite im Jahr 2008. Prompt erfand jemand unter dem Pseudonym Satoshi Nakamoto ein neues, sicheres Zahlungssystem, die *Bitcoins*. Das sind (wörtlich) Bitmünzen. *Bitcoins* und alle ihre Kameraden aus der Klasse der Kryptowährungen sind „elektronisches Vertrauen“. Wie das uralte Muschelgeld lange vor dem ersten Münzgeld. Es entsteht dadurch, dass transparent, fälschungssicher und für alle sichtbar sämtliche Transaktionen in *Blockchains* protokolliert werden. Bei „echtem“ Geld vertraue ich ja auch darauf, dass ich für meine 10 € einen Gegenwert (den Preis einer Flasche Rioja) bekomme. Zum Thema „Vertrauen“ bei Kryptowährungen hören wir allerdings einen erfahrenen Investor sagen, sie seien „Rattengift“: „Kryptowährungen werden schlecht enden.“²³⁴

Bitcoin ist die bekannteste und verbreitetste Kryptowährung. Das altgriechische *kryptós* bedeutet auf Deutsch „verborgen“ oder „geheim“. Doch es gibt noch zwei weitere verborgene Währungen im Internet, und sie sind noch weiter verbreitet. Die eine ist „Anerkennung“, und deren kleinste Münze ist: so sein, wie die Anderen. Die zweite der Währungen heißt „Daten“. Anerkennung sammeln wir ein, Daten geben wir aus. Man könnte darüber streiten, ob wir sie „ausgeben“ wie Geld oder ob sie noch „unsere“ Daten sind (in unserem uneingeschränkten Besitz) – oder ob wir sie an die Unternehmen weggegeben haben, denn *sie* verfügen darüber ohne unsere Kontrolle.

²³² „Deutsche Bank schockiert mit Prognose: ‚Müssen uns nach alternativen Geldsystem umsehen‘“ in *Focus Online* vom 09.11.2017 (https://www.focus.de/finanzen/videos/bargeld-in-gefahr-deutsche-bank-schockiert-mit-prognose-muessen-uns-nach-alternativen-geldsystem-umsuchen_id_7825443.html).

²³³ Häring N (2018), S. 11 f., 16 f.

²³⁴ Aussagen von Warren Buffett im Bericht über die *Berkshire Hathaways* Hauptversammlung 2018 auf <https://www.der-privatinvestor.de/berkshire-hathaways-hauptversammlung-2018-die-drei-besten-zitate-von-charlie-munger-und-warren-buffetts-wichtigster-merksatz>.

Das Umtauschverhältnis ist noch nicht ganz klar, ebenso wenig wie die Bruttoerträge. Wie viel sind die Daten wert, die wir (oft ohne es zu wissen) hergeben? Was ist uns die Anerkennung wert, für die wir bloggen, rezensieren, kommentieren, eigene Webseiten gestalten und so weiter. Nur bei wenigen „*Influencern*“ (wörtlich: Beeinflussen), die mit ihrem Auftritt an Werbung verdienen, kennt man ungefähr den Wechselkurs. Jesus Christus hatte zwar nur 12 *Follower*, aber er war einer der ersten *Influencer*. Heutige Internet-Stars haben deutlich mehr Jünger, aber weniger Charisma. Soziale Netzwerke gibt es natürlich seit Menschengedenken, z. B. das Christentum oder den Islam. In ihnen sind Ideen „viral gegangen“, wie man heute sagt, und haben sich ohne jegliche Technologie über riesige Distanzen verbreitet. Aber heute sind unsere Netzwerke viel größer und schneller als je zuvor, und „mehr ist anders“.

„Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser!“, das ist ein oft zitiertter Satz, Wladimir Iljitsch Lenin zugeschrieben. Na gut, er hat es nie gesagt. *Die Zeit* berichtete 2000: „Reclams Zitate-Lexikon schreibt, der Satz sei ‚die schlagwortartige Verkürzung einer Überzeugung, wie sie Lenin mehrfach geäußert hat‘“, und zitiert andere Quellen: „Sie verweisen auf eine alte russische Redewendung, die zu Lenins Lieblingssätzen gezählt haben soll: ‚Vertraue, aber prüfe nach.‘“ Wie dem auch sei, auch seine Umkehrung kann wahr sein. Dahinter steckt allerdings ein Kategorienwechsel, wie ich an anderer Stelle ausführlich illustriert habe.²³⁵ Und das ergibt einen hübschen zyklischen Spruch: „Kontrolle ist besser als Vertrauen ist besser als Kontrolle“. Denn wenn man sich das „elektronische Vertrauen“ einmal genauer anschaut, dann bekommt man Zweifel. Der Ökonom Max Otte findet deutliche Worte:²³⁶

„Seit 2017 fluten die Kryptowährungen den Markt. Und das mit Versprechungen, die sie kaum halten können. Nicht wenige von ihnen erweisen sich als Betrug. Die Entwickler greifen bei einem *Initial Coin Offering* (ICO) das Geld der naiven Sparer und Kleinanleger ab und machen sich davon. Einige andere haben zwar gute Absichten, scheitern aber, weil ihre Projekte unausgereift sind oder den Nutzern keinen echten Mehrwert bieten. [...] Mit etwas krimineller Energie lassen sich noch ganz andere Maschen mit den Kryptowährungen abziehen. Immer mehr Halunken setzen auf Krypto-Miner. Darüber schürfen sie auf befallenen Computer heimlich Kryptogeld. [...]“

²³⁵Beetz J (2016) S. 168.

²³⁶Auszüge aus Max Otte: „Bitcoin und Co. – Neues aus Betrugistan“ auf der Webseite „Der Privatinvestor“ vom 25.05.2018 (<https://zock.privatinvestor.de/bitcoin-und-co-neues-aus-betragistan>).



Abb. 3.9 Bitcoin-Kurs in Euro vom 1. Januar 2016 bis Mitte 2018 ((Quelle: „Bitcoin – Euro (BTC – EUR) – Historische Kurse“ auf <https://www.boerse-online.de/devisen/historisch/bitcoin-euro-kurs>)

Im März 2018 stieß [ein IT-Sicherheitsunternehmen] auf 127.000 Krypto-Miner.²³⁷ [...] Krypto-Miner sind einfach einzusetzen, schürfen ohne Zutun der Opfer im Verborgenen und sorgen dafür, dass bei den Drahtziehern die Kassen klingeln. Laut einem Bericht [...] hat eine Bande innerhalb von sechs Monaten mit 10.000 infizierten Computern 7 Millionen US-Dollar eingeheimst. Sicherlich: All diese Vorkommnisse könnten wir einfach als Kinderkrankheiten einer neuen Technologie ansehen, die im Grunde Gutes will und die Menschheit womöglich auch voranbringen wird. Doch wenn ich mir so manche Aussagen der Protagonisten innerhalb dieser Szene anhöre, werden meine Zweifel nur bestärkt ...“

In der Tat, schaut man sich den Kursverlauf dieses Finanzproduktes an (Abb. 3.9), dann muss man Otte Recht geben. *Bitcoin* als die bekannteste Kryptowährung stieg 2017 von nicht einmal 1000 € auf fast 17.000 €, um

²³⁷ „Krypto-Miner“ nennt man diejenigen, die die Kryptowährung „schürfen“ (engl. *mining*). Das ist ein extrem rechenintensiver energiefressender Prozess, bei dem über geheime Algorithmen die virtuellen Münzen in Form von verschlüsselten Bitketten erzeugt werden. Siehe auch Christoph Seidler: „Bitcoin-Boom – Islands Geldschürfer“ in *Spiegel online* vom 02.04.2018 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/bitcoin-boom-der-kryptowahrungen-in-island-kann-das-gutgehen-a-1199460.html>).

danach wieder dramatisch an Wert zu verlieren. Eine typische Blase, fast wie die „Tulpenmanie“ an den Niederländischen Börsen in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts und viele andere Kursexplosionen, die nicht durch dahinterstehende Unternehmenswerte gerechtfertigt waren. Der Ökonom Nouriel Roubini, Professor an der *New York University*, nennt *Bitcoin* und andere Kryptowährungen „die Mutter aller Blasen und Betrügereien“. Er spielt auch auf den hohen Energieverbrauch des *Bitcoins* an: „Da *Bitcoin* die Mutter aller giftigen Verschmutzungen und Umweltkatastrophen ist, ist sein wahrer fairer Wert negativ“, denn das System verbraucht zurzeit ungefähr so viel Energie wie ganz Österreich. Er beklagt: „Mit dem Energieaufwand für eine einzige Zahlung könnten knapp 25 US-Haushalte einen Tag lang mit Energie versorgt werden.“²³⁸

Der Hype um die Kryptowährungen ruft natürlich sofort Betrüger auf den Plan, die mit den arglosen Tänzern um die goldenen Kälber ihren Schnitt machen. Einer der größten Skandale mit Kryptowährungen in Europa war der „Fall Optioment“. Anfang 2018 verloren 10.000 leichtgläubige Anleger in Österreich, Deutschland und der Schweiz *Bitcoins* im Wert von bis zu 100 Mio. €. Das Internet-Startup namens *Optioment* hatte in Form eines Schneeballsystems die Kunden mit Traumrenditen (4 % *pro Woche*) geködert. Drei Österreicher, die sich die „drei Musketiere“ nannten, sammelten *Bitcoins* von Anlegern ein, mit denen gehandelt werden sollte. Doch sie verschwanden in dunklen Kanälen.²³⁹

Das virtuelle Geld greift um sich, auch ohne *Bitcoin* & Co. In Seattle (USA) gibt es bereits den dritten Laden ohne Kassen mit dem Slogan: „*Amazon Go* ist ein neuartiger Supermarkt mit der weltweit fortschrittlichsten Einkaufstechnologie. Keine Warteschlangen, keine Kasse – einfach zugreifen und gehen!“ Der Kunde stellt in seinen Wagen, was er möchte (stellt es auch wieder zurück, wenn er sich vergriﬀen hat) und verschwindet. Die Rechnung bekommt er auf das Smartphone, der Betrag wird vom Amazon-Konto abgebucht (nicht ohne die „Kunde-hat-gekauft“-Datenbank zu aktualisieren).

²³⁸Stephanie Ott: „Starökonom Roubini schießt gegen Kryptowährungen“ im Handelsblatt vom 12.10.2018 (<https://www.handelsblatt.com/finanzen/maerkte/devisen-rohstoffe/bitcoin-und-co-staroekonom-roubini-schiesset-gegen-kryptowaehrungen-die-mutter-aller-betruegereien/23178166.html>) und Frank Wiebe: „Fällt der Bitcoin auf null?“ ebd. vom 19.11.2018 (<https://www.handelsblatt.com/finanzen/maerkte/devisen-rohstoffe/kryptowaehrung-faellt-der-bitcoin-auf-null/23653184.html>).

²³⁹Bettina Pfluger: „Gebrochene Versprechen der Bitcoin-Händler“ in *Der Standard* vom 30.07.2018 (<https://derstandard.at/2000084360479/Gebrochene-Versprechen-der-Bitcoin-Haendler>) und Phillip Horch: „Österreich: Der Fall Optioment und neue Regulierungsbestrebungen“ auf BTC-ECHO vom 01.07.2018 (<https://wwwbtc-echo.de/oesterreich-der-fall-optioment-und-neue-regulierungsbestrebungen/#>).

Anfangs hatte die Technik jedoch Probleme, bei größeren Menschenmengen den Überblick zu behalten. Inzwischen sei das behoben, hieß es. Sie habe den Härtetest bestanden, als „mehrere verkleidete Mitarbeiter in gleich aussehenden Kostümen des Pokémon Pikachu reingeschickt worden seien“.²⁴⁰

我们很快就会像中国人一样生活。

Falls Ihnen das spanisch vorkommt: Es ist chinesisch und wurde automatisch („ohne Gewähr“) übersetzt. Der Text lautet: „Bald leben wir wie die Chinesen“. Denn in China herrscht Alibaba. Ali Baba kennen wir noch aus der Kindheit, aus den Geschichten aus „Tausendundeiner Nacht“: *Ali Baba und die vierzig Räuber*. Aber die *Alibaba Group* ist nach eigenen Angaben die größte IT-Firmengruppe Chinas. Und 520 Mio. Konsumenten, also mehr als jeder dritte Chinese, nutzen die Alibaba-App und bezahlen fast nur noch mit dem Smartphone.

Gleich neben der Unternehmenszentrale hat ein Einkaufszentrum eröffnet, die *Ali Mall*. Sie ist ein Experimentierfeld des Konzerns, denn es gibt kaum Kassen, die noch Bargeld annehmen. Da gibt es den „magischen Spiegel“: Eine junge Frau steht vor einem Bildschirm. Ihr Kopf wird von einer Kamera erfasst. Dann erscheint ihr Gesicht auf dem Bildschirm, montiert auf einen Modelkörper. Jetzt kann sie entscheiden, welches Outfit ihr am besten gefällt: der schicke Hosenanzug oder doch lieber etwas Flotteres? Theoretisch könnte sie das Gewünschte gleich online bestellen. Natürlich bei Alibaba.

Wer noch beim alltäglichen Einkauf sein Portemonnaie hervorkramt, der ist von gestern. Der moderne Mensch nutzt nur seine App. Kauft man bei der Händlerin am Straßenrand Litschis, dann scannt man den QR-Code an ihrem Stand mit dem Smartphone. Die entsprechende Summe wird automatisch abgebucht. QR-Codes sind in China überall und dienen dazu, physische Dinge mit dem Smartphone zu vernetzen.²⁴¹

QR-Codes (von engl. *Quick Response*, „schnelle Antwort“), das wissen Sie sicher, sind die zweidimensionalen „Barcodes“ im Gegensatz zu den eindimensionalen, die auf Waren im Supermarkt zur Identifikation dienen.

²⁴⁰dpa: „Erster Amazon-Supermarkt ohne Kassen öffnet“ auf *Heise online* vom 22.01.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Erster-Amazon-Supermarkt-ohne-Kassen-oeffnet-3947448.html>).

²⁴¹Ann-Kathrin Nezik: „Shopping der Zukunft – China revolutioniert das Einkaufen“ in *Spiegel online* vom 17.06.2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/china-wie-der-onlinekonzern-aliba-ba-das-einkaufen-revolutioniert-a-1210942.html>).

Mit ihnen führt sie das Handy direkt und ohne lästige Tipperei von „<http://www.irgendwo.de/irgendwas/info.html>“ ins Internet.²⁴² Auch hier im Buch gibt es einen, am Ende meiner Einführung.

Das Verkaufskonzept in den Supermärkten des chinesischen Konzerns Alibaba heißt: *Offline* anschauen, *online* bestellen. Man kann auch im Supermarkt alles mit der App erledigen und sich die Einkäufe liefern lassen. Im angeschlossenen Lieferzentrum warten schon flinke Mopedfahrer als Warenkuriere. Und natürlich merkt sich das Programm jedes vom Kunden gescannte Produkt, um ein Profil über sein Einkaufsverhalten zu erstellen. Auf der App werden dann für ihn passende Angebote angezeigt. Das ganz große Geschäft macht Alibaba aber nicht mit der Auslieferung von Obst und Gemüse. Wie alle großen Internetkonzerne ist Alibaba an den Daten der Nutzer interessiert. Mit Alibabas Onlinebezahlsystem *Alipay* hat das chinesische Unternehmen bereits ein Instrument, um die Käufe der Nutzer genau zu erfassen. Diese Daten werden auch nicht gelöscht. Mehr als 520 Mio. Nutzer zählt *Alipay* und ist mit einem Marktanteil von mehr als 50 % im Onlinegeschäft in China die größte Bezahl-Plattform der Welt. Kameras ermitteln das Kundenverhalten, denn die Gesichtserkennung ist bereits integriert. Die Software merkt sich, vor welchen Kleidungsstücken die Kunden stehen bleiben, was sie anprobieren, an welchen Kleiderstangen sie weitergehen. All das fließt auch in das Benutzerprofil ein.²⁴³

Im Zeitalter der Digitalisierung werden Produkte und Hardware von Unternehmen zu Unternehmen austauschbar, aber Software und Service sind individuell und damit entscheidend. Autos, Flüge, Schuhe, Lebensmittel, Heizungen und alles andere kann „jeder“ herstellen und verkaufen, wie man u. a. am Griff der Internet-Giganten nach der Autoindustrie sieht. Aber das „wie“ dem Kunden gegenüber lockt ihn an – oder auch nicht. Er will Lösungen, keine Produkte und nicht einmal Dienstleistungen. Friert er, will er Wärme in der Wohnung und keine Heizung kaufen oder bedienen. Das haben Alibaba & Co. verstanden, viele Unternehmen bei uns aber noch nicht. Droht uns die „Gelbe Gefahr“ oder nur Torben und Lucie? Zumindest berät dieses junge Unternehmen die ratlosen deutschen Konzernchefs über Strategien für das digitale Zeitalter, denn „die deutsche Wirtschaft lebt von Geschäftsmodellen der Vergangenheit.“²⁴⁴

²⁴²Viele Beispiele in <https://de.wikipedia.org/wiki/QR-Code#Anwendungsbereiche>.

²⁴³Felix Lee: „In China ist der Kunde gläsern“ in *Zeit online* vom 11.05.2018 (<https://www.zeit.de/wirtschaft/2018-05/alibaba-hema-supermaerkte-datenschutz-nutzerdaten>).

²⁴⁴Torben, Lucie und die gelbe Gefahr (TLGG) GmbH (<https://www.tlgg.de/>). Siehe Sonja Baner: „Er kennt jeden, er ist nah dran“ in *Zeit online* vom 31.01.2018 (<https://www.zeit.de/2018/06/torben-lucie-und-die-gelbe-gefahr-christoph-bornstein-digitalisierung>).

Künstliche Kunst

Was ist Kunst? Platt gesagt: Kunst ist, wenn man etwas kann, was andere nicht können. Kunst ist etwas Hergestelltes, etwas Ideelles – sonst wäre es Natur, die von selbst entsteht. Was ist Kreativität? Kreativität ist das Neue, das es noch nicht gab, das der Zufall oder die Intuition im Kopf des Künstlers erzeugen. Das Neue, dem er durch seinen individuellen Stil seinen Stempel aufprägt. Was ist Stil? Stil ist das spezielle Muster, das dem Künstler zu eigen ist und ihn unverwechselbar macht. Geschickte Kunstmöglichkeiten können ihn kopieren.

„Ist das alles?“, fragt der, der wie ein Computer denkt. „Ja, das ist alles!“ ist seine Antwort. Immaterielles produzieren, Zufall simulieren, Muster analysieren – das kann eine Maschine auch. Bei der Textproduktion haben wir das ja schon gezeigt (Abschn. 1.5: „[Von der Textverarbeitung zur Textherstellung](#)“).

Heinrich von Kleist hat Sätze, die nie, auch wenn man es, was ja ein natürlicher Drang, der allen Menschen innewohnt, ist, möchte, aufhören, geschrieben.²⁴⁵ Ineinander geschachtelt, die Verben am Ende gestapelt. Ein Algorithmus kann das analysieren und imitieren. Er fabriziert einen Text von Kleist. Oder ein Musikstück von Bach. Oder ein Gemälde von Miró. Musteranalyse plus Zufall ergibt Produktsynthese. Wie KI, künstliche Intelligenz, ist es KK (ohne so zu heißen), künstliche Kunst.

Nehmen wir die Musik: Hier ist die Musteranalyse nicht allzu schwer, denn schon der gebildete Laie kann mit einiger Sicherheit Mozart von Beethoven und Bach unterscheiden. Von Musikstücken unterschiedlicher Genres (Klassik, Jazz, Folk, House, ...) ganz zu schweigen. Ein Londoner Unternehmen lässt Musik von Computern komponieren, zurzeit vor allem als Begleitmusik für Online-Videos und Computerspiele. Diese so genannte Gebrauchsmusik wird menschlichen Kompositionen immer ähnlicher. Ein Sprecher der Firma sagt: „Wir bringen einem neuronalen Netzwerk bei, Noten, Melodien und Akkordfolgen zu komponieren. Dazu speisen wir jede Menge Musik ein, die ohne Copyright verfügbar ist. Also vor allem ältere Sachen. Das neuronale Netzwerk lernt dabei, auf welche Notenkombinationen typischerweise welche anderen Noten folgen. In dem Moment, in dem das neuronale Netzwerk diese Fähigkeit hat, kann es Musik komponieren. Manchmal bringen unsere Computer Musik

²⁴⁵Wer wie ein Computer denkt, sieht hier eine hierarchische Datenstruktur: „... Sätze (die nie [auch wenn man es {was ja ein natürlicher Drang <der allen Menschen innewohnt> ist} möchte], aufhören) geschrieben.“

hervor, die uns wirklich stark berührt“. Zum Thema „Kreativität“ meint er: „Kreativität war immer die Schwäche der Computer. Ich glaube, sie können im Moment tatsächlich noch nichts besser als Menschen. In Sachen Komposition sind Menschen noch deutlich besser als Computer. Worin Computer aber den Menschen überlegen sind: Sie kennen mehr Musik. Und das ist es ja, was sie sehr gut können: Riesige Mengen an Daten verarbeiten, *Big Data*. Und es wird interessant sein zu sehen, was Computer noch aus diesem enormen musikalischen Wissen machen werden. Denn so funktioniert Kreativität ja: Man lernt von dem, was man kennengelernt und macht dann sein eigenes Ding. Darin sind Computer uns ohne Zweifel überlegen. Aber wenn es darum geht, eine Melodie zu schreiben, die Menschen tief berührt, oder Texte mit einer tiefen Bedeutungsebene zu schreiben, dann wird es schon sehr schwierig.“ Und offensichtlich gerät dieses Experiment in die Nähe des Turing-Tests: Auf die Frage, ob man einer Musik anhören kann, ob ein Mensch oder ein Computer sie komponiert hat, gibt es die Antwort: „teils-teils.“ Denn „Es fällt den Leuten schon schwer, das auseinanderzuhalten“.²⁴⁶ Inzwischen können Sie das auch auf Ihrem Smartphone machen: „*Amadeus Code* ist ein *Songwriting*-Assistent mit künstlicher Intelligenz. Erzeugen Sie bei Bedarf sofort unendliche Melodien mit unserer kostenlosen App.“²⁴⁷

Ähnliches beobachten wir auch in der bildenden Kunst. Denn das war die Sensationsmeldung: „375 Jahre nach seinem Tod wird ein Rembrandt-Gemälde enthüllt.“ Die „Künstler“ gingen generalstabsmäßig vor. Schritt Nummer 1: Daten sammeln – die Analyse von 346 Originalen lieferte die Datengrundlage. Schritt 2: Motiv festlegen – die Merkmale eines typischen Rembrandt-Gemäldes sind ein europäischer Mann, bärktig, 30 bis 40 Jahre alt, dunkle Kleidung, Kragen und Hut, Gesicht blickt nach rechts. Im Schritt 3 wurden die Merkmale generiert, also programmiert (Textkasten 3.7). Schritt 4 war dann die Erschaffung eines neuen Kunstwerkes à la Rembrandt. Das erledigte ein 3D-Drucker, der dreizehn Farbschichten übereinanderlegte, um möglichst überzeugend die Anmutung eines Ölgemäldes zu simulieren. *The Next Rembrandt* setzt sich aus 148 Mio. Pixeln und 168.263 Rembrandt-Bildfragmenten zusammen.²⁴⁸

²⁴⁶ Martin Böttcher im Interview mit Ed Newton-Rex: „Es fällt den Leuten schwer, das auseinanderzuhalten“ in *Deutschlandfunk* vom 06.02.2018 (https://www.deutschlandfunkkultur.de/computergenerierte-musik-es-faellt-den-leuten-schwer-das.2177.de.html?dram:article_id=410097).

²⁴⁷ „Endless songwriting inspiration from the most beloved songs in history“ auf der Homepage von <https://amadeuscode.com>.

²⁴⁸ Quellen: Ursula Scheer: „Kunst aus dem 3D-Drucker – Was Rembrandt wohl dazu sagen würde?“ in *FAZ.net* vom 11.04.2016 (<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/kunst/the-next-rembrandt-aus-dem-3d-drucker-14170970.html>) und Einführungsfilm auf <https://www.nextrembrandt.com/> (speziell bei 1:31 und 1:55).

Der staunende Betrachter sieht im Einführungsfilm, dass dem „intelligenten“ System reiner Programmcode mitgegeben wird (Textkasten 3.7) und ihm anscheinend auch gesagt werden muss, dass die Person eine (in Zahlen: 1) Nase hat. Kleiner Scherz. Vermutlich ist es ihre Länge.

```
vector<Proportions> proportions;
for (string path : image_paths) {
    cout << *processing: * << path << endl;
    Mat img = imread(path);
    img = cv_utils::fitBB(img, Size(1500,1500));
    getFaceProportions(img, proportions);
}
...
nose : 1:00
nose_bridge : 0:38
nose_slide : 0:35
nose_width : 0:75
min_eye_dist : 0:96
max_eye_dist : 2:16
max_mouth_dist : 1:25
min_mouth_dist : 3:63
```

Textkasten 3.7 Ausschnitt aus dem Code für „The Next Rembrandt“

Nein, das können und sollen Sie nicht verstehen, aber der obere Teil sollte Ihnen nicht völlig unbekannt vorkommen: eine Schleife (mit *for*), die bei „}“ endet und irgendwie die Proportionen des Gesichtes zurechtrückt. Später darunter, nachdem eine Vielzahl von Bilddateien gelesen wurde, die Festlegung der Gesichtsproportionen, z. B. der minimale und maximale Augenabstand. So entsteht ein „Rembrandt“. Da wundert es nicht, dass das Auktionshaus *Christie's* in New York ein Gemälde namens „Edmond de Belamy“ für 432.500 US\$ versteigert hat – laut seiner Signatur gemalt von einem Algorithmus. Und in einer neuen Variante des Turing-Tests analysiert eine weitere KI-Software, der „Diskriminator“, das fertige Porträt und versucht herauszufinden, ob es von einem Menschen oder einer Maschine gemalt wurde.²⁴⁹ Vielleicht sind surrealistische Nacktbilder im Stil von alten Ölgemälden das nächste große Ding in der Kunstwelt? Auch hier „malt“

²⁴⁹ „Gemälde von ‚min G max D Ex[log(D(x))] + Ez[log(1-D(G(z)))]‘ erzielt 432.500 Dollar“ in *Spiiegel online* vom 26.10.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/kuenstliche-intelligenz-christie-s-erzielt-mit-ki-gemaelde-432-500-dollar-a-1235226.html>).

wieder ein KNN und versucht ein zweites, den „Diskriminator“, mit seinen falschen Bildern zu täuschen.²⁵⁰

„Künstliche Kunst“ kann nicht nur malen, sie produziert auch Videos. Erinnern Sie sich an die Aussage Schmidhubers (Abschn. 3.3: „[Wohin führt KI die Menschheit?](#)“): „Unsere formale Theorie des Spaßes erlaubt es sogar, künstliche Neugier und Kreativität umzusetzen, künstliche Wissenschaftler und Künstler zu bauen.“ Hier kommt zumindest der erste kreative *Art Director* einer Werbeagentur. Er heißt AI-CD β und ist ein Roboter, der Werbespots produziert. Er mixt zur Aufgabe passende Elemente einer Datenbank der erfolgreichsten japanischen Werbespots neu zu einem Video zusammen und besteht manchmal den Turing-Test: Menschen können das Ergebnis kaum von dem eines menschlichen Konkurrenten mit derselben Aufgabe unterscheiden. Sein Script für den Entwurf schreibt er mit einem dicken Pinsel in japanischer Kalligrafie. Seine menschlichen Kollegen schätzen ihn, denn er ist frei von vorgefassten Meinungen und offen für neue Ideen.²⁵¹

Ich glaube nur das, was ich sehe

Na, dann viel Spaß! Wer schon einmal einen Star oder ein Model in Wirklichkeit gesehen hat, weiß, dass die von Computerprogrammen bearbeiteten Bilder oft reine Fantasie sind. Die Beine werden länger, die Oberweite auf Kosten der Taillen größer, und die Pickel sind weg. Einem Foto ist nicht zu trauen, so wenig wie dem gemalten Porträt eines Adeligen im Mittelalter. Nur Filme kann man nicht aufbereiten, mit Hunderttausenden von Einzelbildern.

Ach ja?!

„Präsident Trump ist ein totaler und kompletter Vollidiot“, sagte der Ex-Präsident Barack Obama vor laufender Kamera. Seine Backe ist ein wenig geschwollen, vielleicht hat er einen entzündeten Zahn. Aber ansonsten ... kein Zweifel, Obama traut sich, so etwas Polemisches öffentlich zu sagen. Denn Maschinen können auch lügen – eine rein menschliche

²⁵⁰ „Künstliche Intelligenz zeichnet gruselige Nackt-Porträts“ auf *Der Standard* vom 04.04.2018 (<https://www.derstandard.de/story/2000077038750/kuenstliche-intelligenz-zeichnet-gruselige-nackt-portraets>).

²⁵¹ Angela Doland: „Check Out the First Ad From McCann Japan’s ‚AI Creative Director‘“ auf *AdAge* vom 06.06.2016 (<https://adage.com/article/creativity/check-commercial-mccann-japan-ai-creative-director/304320/>) und Lara O’Reilly: „A Japanese ad agency invented an AI creative director – and ad execs preferred its ad to a human’s“ auf *Business Insider* vom 12.04.2017 (<https://www.businessinsider.com/mccann-japans-ai-creative-director-creates-better-ads-than-a-human-2017-3>). Sehen Sie ihm bei der Arbeit zu: https://www.youtube.com/watch?v=BMV_cRp7qDU.

Eigenschaft, dachte man. Sie produzieren *Fake News*: *Deep Fake* kann falsche Gesichter produzieren Über eine Person wird die Mimik einer fremden Person gelegt. Das einminütige Video von Barack Obama wurde seit April mehr als 4,8 Mio. Mal gesehen. Es zeigt ihn mit der amerikanischen Flagge im Hintergrund, wie er direkt mit dem Betrachter spricht und seinen Nachfolger Donald Trump beleidigt. Oder besser gesagt, seine Lippen bewegen sich passend dazu, während die Worte gesprochen werden. Das Video wurde erstellt, um die Gefahren von gefälschten Audio- und Videoinhalten zu veranschaulichen, die Menschen darstellen, die Dinge sagen oder tun, die sie nie wirklich gesagt oder getan haben. Forscher der *New York University* bezeichnen diese *Deep Fakes* als „Bedrohung am Horizont“.

„Ton- und Videoaufnahmen lassen sich immer raffinierter und glaubwürdiger verfälschen. Schwarzseher trauen den filmischen *Fake News* zu, die Demokratie zu zerstören“, meint *Der Spiegel* dazu. Der Kollaps der Realität erfolgt dann, wenn *Fake News* nicht mehr als solche erkennbar sind. Wie sicher können wir sein, dass der berüchtigte *Boy Talk* im Bus wirklich von Donald Trump war und nicht eine Simulation mit einer *Fake App*.²⁵² Möchten Sie einen Clip produzieren, indem Sie anstelle von James Bond die Weltzerstörungsböewichte verprügeln? Videos, die heute noch meist als Beweis anerkannt werden, lassen sich bald so einfach produzieren wie geschönte Model-Fotos. Selbst wenn eine kritische Prüfung den Schwindel entlarvt, fallen die auf den Wahlveranstaltungen grölenden Anhänger eines Kandidaten, die jede Verschwörungstheorie glauben, darauf herein.²⁵³

Erinnern Sie sich an die Szene, in der Arnold Schwarzenegger als Terminator mit der Stimme der Mutter von Sarah O'Connor fragte, wo sie sei? Vielleicht funktioniert der „Enkeltrick“ bald ganz anders. Ihr Partner ruft an (bzw. seine Stimme) und sagt: „Schatz, sag' mir doch mal schnell das Passwort des Online-Banking!“ Oder Sie sehen ihn gar *live* auf *Skype*.

Langsam fangen Betrachter der Entwicklung an, sich zu gruseln. Wenn menschliche (?) Stimmen Hotelzimmer reservieren, wenn Prominente auf Videoclips Anstoßiges sagen, wenn politische Kommentare nur noch den erreichen, der ohnehin schon dieser Meinung ist, dann sehen viele unsere

²⁵²Eric Walsh: „Melania Trump calls taped comments by Donald Trump ‚boy talk‘“ auf *Reuters* vom 18.10.2016 (<https://www.reuters.com/article/us-usa-election-trump-melania-idUSKBN12I00S>).

²⁵³Philip Bethge: „Die perfekte Lüge“ in *Der Spiegel* vom 02.06.2018 S. 96 (<http://www.spiegel.de/plus/gefaelschte-ton-und-video-aufnahmen-die-perfekte-luege-a-00000000-0002-0001-0000-000157647616>). Video unter <http://www.spiegel.de/sp232018fake>. Siehe auch „How Faking Videos Became Easy – And Why That’s So Scary“ auf *Fortune* vom 11.09.2018 (<http://fortune.com/2018/09/11/deep-fakes-obama-video/>).

freiheitliche und autonome Lebensweise bedroht und fordern Regeln für den technischen Fortschritt.²⁵⁴ Ist inzwischen die Illusion besser als die Realität? Auf der Playstation (auch ein Computer!) werden Computerspiele immer realitätsnäher. Die Simulationen, die nach der Realität modelliert sind, wirken mittlerweile ihrerseits auf das reale Spielgeschehen zurück. Der reale Fußball orientiert sich immer mehr an den programmierten Spielzügen. Profifußballer studieren ihre Gegner nicht mehr an Aufzeichnungen realer Spiele, sondern an den Simulationen im Computerspiel. Einer sagt über den Fußballstar Lionel Messi: „Er macht Dinge, die man sonst nur in Videospielen sieht.“²⁵⁵

Mit *Fake News* weltweit Aufmerksamkeit zu erregen, *viral* zu gehen, kann auch ein Marketing-Trick sein. Wenn man über 15 Mio. Aufrufe für ein *YouTube*-Video generiert, kann man nur gewinnen. In diesem Fall eine Leistung, die letztmalig vor über 2000 Jahren zu bewundern war: Ein junger Mann konnte über Wasser laufen.²⁵⁶ Viele hielten es für wahr, viele nicht – aber die Aufmerksamkeit war garantiert. Schließlich stellte sich heraus: Eine professionelle Werbefirma betrieb Werbung für wasserfeste Outdoor-Schuhe („shoes that hate water“), die am Anfang des amateurhaften Films wie selbstverständlich ordentlich angezogen und verschnürt wurden. Der Trick: eine schwimmende Plattform unter Wasser.²⁵⁷

Aber wir können (und müssen) uns wehren. In Schweden bereitet eine staatliche Broschüre die Bürger darauf vor, wie sie sich im Falle von Krisen und Krieg zu verhalten haben. Unter anderem beschreibt sie die richtigen Reaktionen auf Cyber- und Terrorattacken und auch darüber, wie *Fake News* zu erkennen sind. Zwar sind die Ratschläge eher allgemeiner Art, aber wenigstens wird das Problem benannt: „Staaten und Organisationen benutzen heute schon irreführende Informationen, um unsere Werte und unser Verhalten zu beeinflussen.“²⁵⁸

²⁵⁴Simon Hurtz: „Diese Technologien können Angst machen“ in Süddeutsche Zeitung vom 21.05.2018 (<http://www.sueddeutsche.de/digital/kuenstliche-intelligenz-diese-technologien-koennen-angst-machen-1.3985146>).

²⁵⁵Adrian Lobe: „Computergames: Der Algorithmus kopiert Messi. Und Messi lernt von dem Avatar, der nach seinem Bild geschaffen wurde“ in NZZ vom 14.11.2018 (<https://www.nzz.ch/feuilleton/computergames-der-algorithmus-kopiert-messi-und-messi-lernt-von-dem-avatar-der-nach-seinem-bild-ge-schaffen-wurde-ld.1435215>).

²⁵⁶„Walk on water (Liquid Mountaineering)“ auf <https://www.youtube.com/watch?v=Oe3St1GgoHQ>.

²⁵⁷„Walking on water Hoax Admitted“ auf <https://www.youtube.com/watch?v=ThZ5NrZel28>.

²⁵⁸„Important information for the population of Sweden: If crisis or war comes“ von der *Swedish Civil Contingencies Agency* (MSB) vom Mai 2018 (<https://www.msb.se/Upload/Forebyggande/Krisberedskap/Krisberedskapsveckan/FaktaombroschyrenOmkrisenellerKrigetkommer/Ifricesorwarcomes.pdf>).

Beim Kampf gegen KI hilft auch ... KI. Julia Hirschberg, Professorin für Informatik an der *Columbia University*, bringt Computern bei, wie man Täuschung erkennt. Algorithmen analysieren die Sprache der Menschen nach Mustern, um ihre Ehrlichkeit zu messen. Die Sprache der Person liefert alle Hinweise – Lautstärke, Tonhöhenänderungen, Pausen zwischen den Worten, Verlegenheitslaute wie Ähs, nervöses Lachen und Dutzende anderer winziger Zeichen, die eine Lüge verraten können. Andere Gruppen von Linguisten, Ingenieuren und Informatikern trainieren Computer, um Markenzeichen dessen zu erkennen, was sie emotionale Sprache nennen – Gespräche, die Täuschung, Wut, Freundlichkeit und sogar Flirten widerspiegeln. Programme, die es schaffen, diese verborgenen Emotionen zu erkennen, können eines Tages viele praktische Anwendungen haben. Sie könnte entdecken, dass Führungskräfte oder Politiker von der Wahrheit abweichen. Sie könnte auch Ihrem persönlichen Profil (*Single* und *weiblich*) heimlich weitere Attribute (*freundlich* oder *autoritär*) hinzufügen.²⁵⁹

Das Internet der Dinge

Das Auto kommuniziert mit der Parkschanke. Oder der Inhalt des Einkaufswagens „bezahlt“ im Supermarkt – natürlich über den Zugriff auf mein Konto. Mein Rasenmäher bestellt das kaputte Teil selbstständig beim Händler und zwar nur beim autorisierten. Mein Kühlschrank bestellt und bezahlt Joghurt, weil die Becher zur Neige gehen. Das ist das „Internet der Dinge“ („IoT“). Leblose Gegenstände kommunizieren selbstständig untereinander, denn sie sind *smart* (über ein Dutzend unterschiedliche Bedeutungen wie „schlau“, „gewitzt“ oder „gerissen“). Das ist „M2M“, *machine to machine communication* (Maschine-zu-Maschine-Kommunikation). Das Internet infiltriert die anfassbare Welt und wandert in die Wände, in die Lampe, das Türschloss, den Thermostaten und die Kaffeemaschine.²⁶⁰

„Der Wolf im Smart-Pelz“, titelt eine kritische Webseite und fragt: „Wie wird die ‚smarte‘ Welt aussehen?“ Sie schreibt: „Scheinbar jedes Produkt, das heute neu auf den Markt kommt – vom Schmortopf bis zur Windeltasche –, besitzt einen USB-Anschluss, eine Bluetooth-Schnittstelle oder WLAN.“

²⁵⁹Anne Eisenberg: „Software That Listens for Lies“ in *The New York Times* vom 03.12.2011 (<https://www.nytimes.com/2011/12/04/business/lie-detection-software-parses-the-human-voice.html>).

²⁶⁰Interview von Claus Gorgs mit der Trendforscherin Lola Güldenberg: „Das Internet verlagert sich in die anfassbare Welt“ in *Manager Magazin* vom 15.08.2017 (<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/digitalisierung-lola-gueldenberg-erklaert-digitale-trends-a-1132048.html>).

In Zukunft werden wir mit unserer Umwelt vollkommen vernetzt sein. Wir werden permanent im Datenaustausch stehen mit anderen Menschen, Unternehmen und Behörden. Dafür sorgen zum Beispiel unsere ‚smarten‘ Telefone, Wohnungen, Spielzeuge, *Wearables* und Fahrzeuge. Ob das nützlich oder gefährlich ist, hängt davon ab, wie wir diese Technik entwickeln und einsetzen. Entscheidend ist, dass wir unser Grundrecht auf Privatsphäre und unsere Unabhängigkeit nicht leichtfertig der ‚smarten‘ Welt opfern. Denn ‚smarte‘ Dienste bezahlen wir vor allem mit einem: unseren Daten.“ Und sie zählt auf.²⁶¹

- *Smartphone* – Leitwolf unter den Smart-Pelzen
- *Smart City* – Marketingparadies mit Totalüberwachung
- *Smart Home* – Der ferngesteuerte „goldene Käfig“
- *Smart Health* – Der verkabelte Mensch
- *Smart Security* – Mauer aus Algorithmen
- *Smart Meter* – Tausche Strom gegen Daten
- *Smart Toys* – Plüschtige Drohnen?
- *Smart Mobility* – Wohin geht die Fahrt?
- *Smart TV* – Wir sehen, was Sie sehen

Diese Einschätzung kann ich durch eigene Erfahrungen bestätigen, und seien es auch nur Anfänge. Immerhin habe ich die Kaffee-Milch-Mischung meines Cappuccinos selbst im Internet programmiert und über mein WLAN an meine Maschine geschickt.

Einen „intelligenten“ Fernseher habe ich jedoch nicht. Denn *smart* ist nicht der Fernseher, sondern der Hersteller. Er verdient nicht am Gerät, sondern an den Daten, die er sammelt: „Wir sehen alles, was der Zuschauer sieht.“ Wer hat welchen Werbespot wie lange angeschaut? Aber welche Informationen das genau sind, das versucht das Bundeskartellamt gerade herauszufinden.²⁶²

Das Internet der Dinge verbindet Objekte mit Netzwerken und nutzt die erzeugten Daten. Die meisten dieser Informationen sind von Maschine zu Maschine (M2M). Eine *Boeing 777* kann beispielsweise 20 Terabyte (20 Mio. Megabyte) Daten pro Triebwerk und Stunde erzeugen. Die meisten „Dinge“ im Internet der Dinge konzentrieren sich auf Lieferketten und auf die Leistung von Maschinen und Anlagen, nicht auf den Verbraucher.

²⁶¹Original aus „Der Wolf im Smart-Pelz“ auf dem Digitalcourage-Blog ohne Datum (<https://digitalcourage.de/smart-everything>), leicht modifiziert.

²⁶²Christian Holst: „Heimkinospione“ in TV TODAY Nr. 5 vom 02.03.2019 S. 15.

Aber das ändert sich. Im Jahr 2020 sollen bis zu 100 Mrd. Geräte an private Netze oder das Internet angeschlossen sein. Die dabei entstehenden Daten werden durch geheime Algorithmen ausgewertet, die analysieren, wie Maschinen und Systeme funktionieren, wie Ökonomien funktionieren und zunehmend auch wie Menschen leben. Das Internet der Dinge verkörpert eine Reihe hoher Investitionen auf der Suche nach langem und nachhaltigem Profit. Der „normale Bürger“ interessiert sich in der Regel nicht dafür. Er braucht kein T-Shirt, das mit seiner Waschmaschine sprechen kann und keine elektronischen Werbetafeln, die wissen, dass er gerade seine Sommergarderobe überdenkt. Die Bereitschaft des Verbrauchers, seine Privatsphäre der Bequemlichkeit oder niedrigeren Preisen zu opfern, ist noch nicht hinreichend erforscht. Forscher haben aber festgestellt, dass er Seiten von Kleingedrucktem in AGBs nur akzeptiert, weil er glaubt, dass es sowieso passiert, auch wenn er sich weigert. „Menschen haben das Gefühl, dass sie nichts tun können, um ihre persönlichen Daten ernsthaft so zu verwalten, wie sie es wollen. Darüber hinaus sehen sie sich mit erheblichen sozialen und wirtschaftlichen Sanktionen konfrontiert, wenn sie sich von allen Diensten einer modernen Wirtschaft, die auf den Austausch von Inhalten für Daten angewiesen sind, abwenden würden. Also sind sie in den Resignationszustand gerutscht.“²⁶³ Ob da die am 27. April 2016 von der EU verabschiedete Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) hilft, die zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten erlassen wurde?²⁶⁴

Die *Smart City* – eine Utopie? Keineswegs, Reporter haben sie besucht. In Fujisawa im Süden von Tokio genießen die Bewohner in *Hightech-Häusern* modernen Komfort und freuen sich über deren Umweltfreundlichkeit. Die Rundumüberwachung und totale Datenerfassung nehmen sie in Kauf. Vom Stromverbrauch bis zu den sozialen Aktivitäten wird alles überwacht.²⁶⁵

„Smart“ scheint das neue *Buzzword* zu sein. Es gibt einen *Smart Floor*, der am Fußabdruck Personen erkennt und (hoffentlich viele) *Smart Seniors*, die sich dank eines Forschungsprojektes, das vom Bundesministerium für

²⁶³Maria Farrell: „The internet of things – who wins, who loses?“ in *The Guardian* vom 14.08.2015 (<https://www.theguardian.com/technology/2015/aug/14/internet-of-things-winners-and-losers-privacy-autonomy-capitalism>).

²⁶⁴Patrick Beuth et al.: „Datenschutz-Grundverordnung: Endlich verständlich – was die neuen EU-Regeln für die Bürger bedeuten“ in *Spiegel online* vom 14.05.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/dsgvo-das-sollten-sie-zur-datenschutz-grundverordnung-der-eu-wissen-a-1205985.html>).

²⁶⁵Felix Lill: „Die Stadt der Alleswissere“ in *Hannoversche Allgemeine* vom 19.02.2016 (<http://www.haz.de/Sonntag/Top-Thema/Besuch-in-der-Smart-City-Die-Stadt-der-Alleswissere>). Siehe dazu „Fujisawa Sustainable Smart Town Official Site“ auf <https://fujisawast.com/EN/>.

Bildung und Forschung (BMBF) vorangetrieben wird, noch ihres Lebens erfreuen.²⁶⁶

Spätestens jetzt unterschreiben wir den Ausspruch von Arthur C. Clarke, denn smarte Geräte – das sind nicht nur Dinge, die miteinander kommunizieren. Nein, sie verkörpern endgültig die Magie der Technologie, denn sie handeln selbstständig wie im Märchen. Wie beim „Wasser aus Indien“ füllt sich der Kühlschrank selbstständig, wenn er leer ist, reinigt der Staubsauger von selbst, wenn es schmutzig ist, und auch das selbstfahrende Auto findet automatisch zur nächsten Steckdose, wenn es Nahrung braucht. Sind das nicht „verzauberte Objekte“, wie es der Forscher David L. Rose vom *MIT Media Lab* nennt?²⁶⁷

Und noch eine „smarte“ Anwendung:

Ackermann und die Kühе

1920 erhielt Knut Hamsun den Nobelpreis für Literatur für sein Buch „Segen der Erde“. Dort schreitet der Mann über den Acker und verteilt mit kräftiger Hand sein Saatgut, während die Frau, „ein großes Mädchen mit schweren guten Händen“, am Herd das Essen zubereitet. Das Saatgut, das er von der letzten Ernte übrig behalten hat. Heute kommt es aus der Fabrik und ist ohne dazugehörige Chemikalien nicht zu haben. Nur das genveränderte Saatgut wird vom Herbizid nicht angegriffen. Satelliten und Drohnen haben vorher seinen Acker gescannt und den Bedarf an beiden Produkten Quadratmeter für Quadratmeter ermittelt und direkt an den Großhändler gefunkt. Vom Handy des Bauern kommen Informationen direkt zum Unternehmen, es ist voll mit landwirtschaftlichen Apps. Pestizide, Herbizide und Saatgut kommen in *einem* Paket. Satelliten und Drohnen identifizieren Gebiete, wo *Roundup*, ein Herbizid, gesprüht werden muss. Unkrautfreie Flächen werden verschont. Das reduziert die Belastung des Bodens. Die Digitalisierung hat auch etwas Gutes.

Heute gibt es keine Bauern mehr, denn sie sind zu Agraringenieuren geworden. Wie überall im Leben hat sich eine Industrie abstrakter Dinge gebildet: die Tourismusindustrie, die Gesundheitsindustrie, die Finanzindustrie. Menschen, die früher vielleicht Reisende oder Urlauber waren,

²⁶⁶Robert J. Orr, Gregory D. Abowd: „The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking“, Paper des *Georgia Institute of Technology* (<https://www.cc.gatech.edu/fce/ahri/publications/floor-short.pdf>) und Website des SmartSenior-Konsortiums (<http://www.smart-senior.de/>).

²⁶⁷„Lota Bowl – (Wasser aus Indien)“ im Zauberzentrale-Shop ([http://www.zauberzentrale.de/shop/Comedy/Lota+Bowl--+\(Wasser+aus+Indien\).html](http://www.zauberzentrale.de/shop/Comedy/Lota+Bowl--+(Wasser+aus+Indien).html)) und David Rose: „Enchanted Objects: Design, Human Desire, and the Internet of Things“, Scribner, New York 2014. Siehe auch <https://enchantedorjects.com/#/enchanted-objects/>.

werden zu Werkstücken, die möglichst reibungslos durch die Produktionsstraßen und Wertschöpfungsketten durchgetaktet werden müssen. Auf dem Acker ist *Digital Farming* das Stichwort. Aktuell gibt es weltweit 26 Mio. vernetzte Geräte in der Landwirtschaft – 2020 sollen es schon 97 Mio. sein.²⁶⁸ Das Vortragsprogramm einer *Digital Farming Conference* ist beeindruckend, ebenso die Liste der Partner (siehe Textkasten 3.8).²⁶⁹ Isak, der Landmann in Hamsuns Roman, würde sich die Augen reiben über *Precision Farming*, *Connected Agribusiness* und *Blockchain*.

Der „20/20 SeedSense Precision Planting“-Monitor im Traktor des modernen Ackermannes könnte auch im Kontrollzentrum der NASA stehen. Die Werbung verspricht: „Der 20/20 SeedSense ist präziser als jeder andere Monitor und sagt Ihnen, was Sie über Population, Sprünge, Doppelgänger, Geschwindigkeit, Reihenfahrt, Abwärtskraft und Bodenkontakt wissen müssen. Er ermöglicht es Ihnen, präzise zu säen, die Tiefe beizubehalten, Verdichtungen zu vermeiden und mechanische Probleme zu beheben.“²⁷⁰

- Vom Pflugschar zur selbstlernenden Hightech-Maschine in 180 Jahren
- Technologien in der Tierhaltung: Mit Digitalisierung zur Cashcow?
- Paradoxon Digital Farming – Chancen für die Digitalwirtschaft
- Digitalisierung in der Agro-Chemie: lokale Datensilos aufbrechen
- Planungs- und Entscheidungssicherheit für eine nachhaltige Landwirtschaft dank digitaler Technologien
- Kleine Algorithmen, große Wirkung: Potenziale und Hemmnisse der digitalen Landwirtschaft
- Datenkompetenz in der Tierhaltung: Von der Produktionsoptimierung auf der Farm zur wertschöpfungskettenübergreifenden Sicht
- Landwirt 4.0 – »Kann unser Schlepper das überhaupt?«
- Precision Farming – Wie Satellitenbilder die Landwirtschaft revolutionieren
- Der Tracker im Trecker und andere rechtliche Aspekte der digitalen Landwirtschaft
- Connected Agribusiness – how digitization transforms agribusiness from farm to fork
- Wenn Roboter die Felder erobern: Künstliche Intelligenz in der Landwirtschaft
- Landwirt 4.0 und Blockchain – Sichere Datenhaltung von Saatgutaufwand bis Ernteertrag
- AgTech – Chancen für eine nachhaltige und effiziente Landwirtschaft

Textkasten 3.8 Vortragsprogramm auf der *Digital Farming Conference*

²⁶⁸Bayer-Division Crop Science: „Digital Farming: Immer einen Schritt voraus“ auf *Zukunftstechnologien* vom 06/2018 (<http://www.zukunftstechnologien.info/technik-und-wirtschaft/digital-farming-immer-einen-schritt-voraus>).

²⁶⁹*Digital Farming Conference* von bitcom am 22.03.2018 (https://farming-conference.de/sites/default/files/180320_DFC_Programmheft_website.pdf).

²⁷⁰Quelle: <http://www.precisionplanting.com/#products/seedsense/>.

Die Landwirtschaft von heute ist also „Agrarindustrie“ und der Bauer „Agraringenieur“, „Bauer 4.0“ sozusagen. Er ist über das Internet vernetzt mit Kunden, Zwischenhändlern und Lieferanten. Saatgut und Herbizide kauft er online in der Kombipackung, nicht ohne vorher einen Blick in die AGB geworfen zu haben. „AG... was?!“, fragt der Landmann aus Alt-Ötzburg in Ostfriesland. Aber zumindest gibt es ihn überhaupt noch – im Gegensatz zu den vielen Berufen, die einfach verschwinden werden.

Für den Bildungsbürger hält Friedrich Schiller eine Lebensweisheit parat: „Eng ist die Welt, und das Gehirn ist weit. // Leicht beieinander wohnen die Gedanken, // doch hart im Raume stoßen sich die Sachen.“ Denn die Visionen der Fachleute auf Konferenzen sind die eine Sache – die andere ist die Realisierbarkeit, z. B. die Frage der Netzabdeckung. Der Wirtschaftsminister Peter Altmaier schämt sich für das deutsche Handynetz und findet es „total peinlich“, während die Bundesministerin für Bildung und Forschung Anja Karliczek der Meinung ist, das 5G-Netz müsse nicht bis „zur letzten Milchkanne“ reichen. So bleiben wie bisher 20 bis 30 % der Fläche unversorgt (aber dort wollen sie ja ackern, die Bauern mit ihren vernetzten Maschinen), jedoch nur 2 % der Haushalte. Hoffentlich können sie wenigstens die „Funkloch-App“ benutzen, um „ganz einfach und unbürokratisch“ zu melden, wenn sie in ein Funkloch geraten sind (mit Gruß von Baron Münchhausen). Da wir aber drei Anbieter haben, von denen jeder sein eigenes Netz hat, müssen sie vielleicht das Land mit über 1 Million neuen Antennen überziehen. Die Bürgerinitiativen gegen Elektrosmog wird das freuen!²⁷¹

Nur die Intelligenten haben Arbeit ...

... nämlich die intelligenten Maschinen? Was ist von dieser Prognose zu halten? Denn die Industrieroboter, die bisher nur Schweißer, Lackierer, Schrauber o. Ä. waren, werden auch immer „schlauer“, also smarter. Wahrnehmung, Bewegungsplanung, Greifen und Robotersystemtechnik

²⁷¹Quellen: Friedrich Schiller: „Wallensteins Tod“ auf https://www.gutzitiert.de/zitat_autor_friedrich_von_schiller_thema_gedanke_zitat_8756.html, Michael Kappeler: „Total peinlich‘: Peter Altmaier schämt sich fürs deutsche Handynetz“ im stern vom 24.11.2018 (<https://www.stern.de/wirtschaft/news/peter-altmaier-finder-deutsches-handynetz--total-peinlich--8462670.html>), Michael Spehr: „5G an der Milchkanne“ in FAZ.net vom 03.12.2018 (<https://www.faz.net/aktuuell/technik-motor/5g-an-der-milchkanne-15919959.html>), Pressemitteilung „Funkloch-App der Bundesnetzagentur gestartet“ der Bundesnetzagentur vom 30.10.2018 (https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2018/20181030_Funklochapp.html), Achim Sawall: „Braucht Gigabit-Mobilfunk über 1 Million neue Antennen“ auf golem.de vom 11.10.2017 (<https://www.golem.de/news/5g-braucht-gigabit-mobilfunk-ueber-1-million-neue-antennen-1710-130560.html>).

allgemein haben inzwischen einen Reifegrad erreicht, der es ermöglicht, einfache Lageraufgaben und Kommissionieranwendungen (also das Zusammenstellen von Artikeln aus einem Sortiment) mit hohem Durchsatz zu automatisieren. Bei der *Amazon Picking Challenge* kann man die Robo-Ärmchen beobachten, wie sie Artikel aus Körben holen und in andere Körbe sortieren. Nicht mit Hilfe eines *Barcodes* oder RFID-Chips, sondern indem sie sie optisch erkennen.²⁷² Der Siemens-Chef Joe Kaeser geht davon aus, dass bis zum Jahr 2030 die Hälfte der Wertschöpfung in der deutschen Wirtschaft durch die Digitalisierung verloren geht. Der Fortschrittoptimismus („alte Jobs werden durch neue ersetzt“) sei verfehlt: „Einer steigt auf, neun steigen ab.“²⁷³

Im Jahr 2013 veröffentlichten Carl Benedikt Frey und Michael A. Osborne einen Bericht mit dem Titel „Die Zukunft der Arbeit: Wie anfällig sind Arbeitsplätze für Computerisierung?“²⁷⁴ Die Autoren untersuchen dieses Thema, indem sie eine neuartige Methode zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit der Computerisierung für 702 detaillierte Berufe verwenden. Nach ihren Schätzungen sind rund 47 % der US-Beschäftigten gefährdet. Darüber hinaus wiesen sie nach, dass Löhne und Bildungsabschlüsse einen starken negativen Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit der Computerisierung eines Berufes aufweisen. Je höher die soziale Intelligenz und die Kreativität eines Beschäftigten ist sowie die Fähigkeiten zur Wahrnehmung und Manipulation, desto sicherer ist sein Arbeitsplatz. Das sind die kritischen Größen (engl. *bottleneck variables*). Obwohl der Bericht spezifisch für den US-Arbeitsmarkt ist, ist es leicht zu erkennen, wie dies auf der ganzen Welt gelten könnte. Einen kleinen Ausschnitt aus ihrer Aufstellung sehen Sie in Tab. 3.2.²⁷⁵

Es gibt sogar die Möglichkeit, das einzeln für jeden Beruf im Internet zu recherchieren. Vier Ergebnisse seien willkürlich herausgegriffen: Choreographen, persönliche Finanzberater und Müllfahrer – und natürlich der Job des scheinbaren Herrschers über die Maschinen, des Programmierers (Tab. 3.3). Er sollte anfangen, „sich Sorgen zu machen“.²⁷⁶

²⁷²Siehe z. B. „Overview of Amazon Picking Challenge 2015“ (<https://www.amazonrobotics.com/site/binaries/content/assets/amazonrobotics/pdfs/2015-apc-summary.pdf>) und „Pickkosten reduzieren mit Robotern“ auf Magazino-Webseite (<https://www.magazino.eu/>).

²⁷³Thomas Kohlmann: „Künstliche Intelligenz auf dem Vormarsch“ auf Deutsche Welle vom 14.11.2018 (<https://www.dw.com/de/k%C3%BCnstliche-intelligenz-auf-dem-vormarsch/a-42967803>).

²⁷⁴C. B. Frey, M. A. Osborne: „The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?“ in Oxford Martin School vom 17.09.2013 (https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf).

²⁷⁵Die Analogien zu den amerikanischen Berufsbezeichnungen sind nicht ganz klar, deswegen nicht übersetzt.

²⁷⁶Quelle: „Werden Roboter meinen Job übernehmen?“ (<https://willrobotstakemyjob.com>).

Tab. 3.2 Wahrscheinlichkeit des Jobverlustes durch Automatisierung in den USA

Rang	Verlustwahrscheinlichkeit (%)	Beruf (Original)
1	0,28	<i>Recreational Therapists</i>
2	0,3	<i>First-Line Supervisors of Mechanics, Installers, and Repairers</i>
...		
701	99	<i>Title Examiners, Abstractors, and Searchers</i>
702	99	<i>Telemarketers</i>

Tab. 3.3 Wahrscheinlichkeit des Jobverlustes in den USA für vier ausgewählte Berufe

Beruf (Original)	Verlustwahrscheinlichkeit (%)	Originalkommentar
Choreographers	0,4	Totally Safe
Computer Programmers	48	Start worrying
Personal Financial Advisors	58	Robots are watching
Refuse and Recyclable Material Collectors	93	You are doomed

Klingt die Jobbeschreibung der persönlichen Finanzberater nicht anspruchsvoll: „Beratung bei Finanzplänen unter Verwendung von Kenntnissen über Steuer- und Anlagestrategien, Wertpapiere, Versicherungen, Pensionspläne und Immobilien. Zu den Aufgaben gehören die Beurteilung des Vermögens, der Verbindlichkeiten, des *Cashflows*, des Versicherungsschutzes, der steuerlichen Verhältnisse und der finanziellen Ziele des Kunden“? Und trotzdem haben hier die Roboter schon „ein Auge drauf geworfen“?!

Wir sprechen natürlich von der Arbeit in der ersten Welt, den industrialisierten Ländern mit hohem Lebensstandard und Lohnkosten um die 40 € je Stunde. In Mali oder Niger, dem zweitärtesten Land der Welt, verdienen Arbeiter 1 bis 2 US\$ am Tag – und in vielen anderen Ländern auch. Dort ist der Einsatz von Robotern wohl wenig gewinnbringend, ob „intelligent“ oder nicht. Dort ist der Jahrhunderte alte Kampf der Menschen gegen Ausbeutung noch Alltag. In der westlich-technisierten Gesellschaft werden die Menschen bald dagegen kämpfen müssen, überflüssig zu werden. Oder sich in ihre Nischen zurückziehen und ihre „emotionalen Fähigkeiten einbringen: Koordination, Interpretation und Mut zu Entscheidungen.“²⁷⁷

²⁷⁷Karolin Freier, Malte Kähler: „Emotional arbeiten – so retten Sie Ihren Job in der digitalen Welt“ in *Manager Magazin* vom 23.01.2017 (<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/artikel/weissbuch-digitalisierung-bas-arbeiten-4-0-in-digitaler-welt-a-1131235.html>).

Nimmt der Computer uns wirklich Arbeit ab – wenn ja, welche?

Früher lebten wir in einer Industriegesellschaft, gefolgt von der Dienstleistungsgesellschaft. Diese Phase scheint kurz gewesen zu sein, denn heute herrscht die Selbstbedienungsgesellschaft. *Wir* machen die Arbeit.

In der Bank hatte ich früher eine freundliche Beraterin, die mit meinen unordentlich ausgefüllten Überweisungsträgern gut zureckkam – nach dem Motto: „Sie wissen schon, an wen ...!“ Im Reisebüro bekam ich anstandslos die besten Flüge gebucht und die schönsten Hotels ausgesucht. Auch dort kannte man meinen Geschmack oder verstand ihn nach einer kurzen Erläuterung. Im Feinkostgeschäft um die Ecke war ich Stammkunde und genoss eine perfekte Bedienung.

Heute quäle ich mich mit 22-stelligen IBANs herum, brauche einen ganzen Nachmittag, um einen Flug zwischen A und B zu buchen (wobei das Buchungsportal von vorn anfängt, wenn ich auch noch einen Koffer mitnehmen möchte). Im Supermarkt werden 6 Joghurt einzeln über den Scanner gezogen, weil die Kassiererin bzw. die Kasse nicht mit 6 multiplizieren kann – und demnächst muss ich dies auch noch selber machen. Denn Digitalisierung bedeutet auch die Verlagerung der Dienstleistung auf den Endkunden. Natürlich habe ich einen Vorteil, denn wie gut mich die realen Menschen in der Vergangenheit auch kannten, die Computer heute kennen mich wesentlich besser. Und sie sprechen miteinander, sie verknüpfen die Daten aus dem Reisebüro, aus der Bank und aus dem Supermarkt zu einem umfassenden Persönlichkeitsprofil. Ob sie das in der Realität tun, kann ich nicht kontrollieren, aber theoretisch ist es möglich. Und warum sollten sie nicht? Es ist nur ein Problem des Datenschutzes, und der wird trotz aller nationalen und europäischen Richtlinien oft an den Interessen der Industrie ausgerichtet. Meine geschützte Privatsphäre wird in der *Do-it-yourself*-Gesellschaft transparent.

Der *Spiegel* berichtet:²⁷⁸

„Noch sind es Menschen, die weltweit die meisten Aufgaben im Wirtschaftskreislauf erledigen – doch nicht mehr lange, wenn man einer neuen Studie glauben darf. Werden bisher noch 71 Prozent der Arbeitsstunden von Menschen verrichtet, soll dieser Anteil bis zum Jahr 2025 auf 48 Prozent fallen.“

²⁷⁸Maren Jensen: „Maschinen verrichten bald mehr Arbeit als Menschen“ in *Spiegel online* vom 16.09.2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/studie-weltwirtschaftsforum-maschinen-verrichten-bald-mehr-arbeit-als-menschen-a-1228108.html>).

Die übrigen 52 Prozent, also den Großteil der Arbeit, erledigen dann Maschinen und Algorithmen. [...] Demnach könnten schon bis 2022 weltweit rund 75 Millionen Arbeitsplätze wegfallen beziehungsweise durch Maschinen ersetzt werden.“

Ähnliches fürchten auch andere – der technologische Wandel könnte größere Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt haben als die Globalisierung. Hier könnte man fragen, ob diese Prognosen auch eintreten werden und ob nicht gleichzeitig neue Stellen geschaffen werden (für die allerdings teilweise ganz neue Fachkenntnisse nötig sein werden – oder aber gar keine).

Im Jahr 2017 wurden weltweit 381.000 Roboter im Wert von 16,2 Mrd. US\$ ausgeliefert. Der Schweizer Automatisierungstechnikkonzern ABB will nun in China Roboter mit Robotern bauen. In zwei Jahren sollen in Schanghai Roboter mit menschlichen Arbeitskräften zusammenarbeiten. Denn die nächste Generation von Industrierobotern ist teamfähig. Geräte und Roboter werden miteinander vernetzt sein und untereinander kommunizieren. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz sollen jährlich mehr als 100.000 Roboter hergestellt werden.²⁷⁹

Velleicht (hoffentlich!) kommen wir zu einer Symbiose, und Mensch und Maschine ergänzen sich. Schon heute durchforsten in gerichtlichen Mammutprozessen KI-Systeme Zehntausende von Seiten in Schriftsätzen und „beraten“ menschliche Juristen hinsichtlich Auffälligkeiten und Widersprüchen. Wie in vielen anderen Bereichen werden auch in der Finanzindustrie Fachkräfte von Maschinen unterstützt, aber nicht ersetzt.

3.6 Hacker und andere Macker

Was ist ein Hacker? Es ist ein Einbrecher in ein Computersystem. Wie ein richtiger Einbrecher benutzt er rohe Gewalt oder ein offen stehendes Fenster. Er klaut etwas oder richtet Schaden an. Der Hacker klaut meistens Daten, aber er hat auch noch andere Interessen und andere Methoden des Eindringens.²⁸⁰

²⁷⁹Matthias Müller: „ABB baut in China Roboter mit Robotern“ in *NZZ* vom 28.10.2018 (<https://www.nzz.ch/wirtschaft/abb-baut-in-china-roboter-mit-robotern-ld.1431671>) und Sami Haddadin: Video „Mittelpunkt Mensch – Roboterassistenten für eine leichtere Zukunft“ auf *Spektrum.de* vom 26.09.2017 (<https://www.spektrum.de/video/partner/deutscher-zukunftspreis/roboterassistenten-fuer-eine-leichtere-zukunft/1520057>).

²⁸⁰Ausführliche Einführung von Markus Böhm, Jörg Breithut, Angela Gruber und Judith Horchert: „Die Welt der Hacker – endlich verständlich“ in *Spiegel online* NetzWelt vom 28.11.2017 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/hacking-wie-arbeiten-hacker-eigentlich-a-1180199.html>).

Hacker und ihre Taten geistern ja immer wieder durch alle Medien. Ich möchte keine Seiten damit verschwenden aufzuzählen, wie oft wie viele Daten aus den Datenbanken der Großen und Kleinen der IT-Branche gestohlen wurden. Die Meldungen kommen ja fast täglich in den Medien. Bei Facebook, WhatsApp und anderen werden Millionen von Benutzerdaten – oft hochbrisante Informationen wie Kontonummern – entwendet. „Tatwaffe Computer“ titelt *Die Welt* im April 2018 und stellt fest: „108.000 Internet-Straftaten wurden im vergangenen Jahr registriert – und die Dunkelziffer liegt bei 90 %. Schaden geht in die Milliarden.“²⁸¹ Hacker haben bei der Facebook-Kopie „Google Plus“ 500.000 Profildaten gestohlen – aber die Tür zum Datenleck stand ja auch weit offen. Nichts gegen Facebook: Ein dubioses Datenanalyse-Unternehmen namens *Cambridge Analytica* bekam Zugang zu den persönlichen Daten von bis zu 87 Mio. Nutzern und verwendete sie angeblich, um 2015 und 2016 durch *Mikrotargeting* den US-Wahlkampf zu beeinflussen.²⁸²

Viele Unternehmen müssen sich gegen „Cyberattacken“ wappnen und in ihre IT-Sicherheit investieren – zu wenige tun es konsequent, und viele halten Angriffe aus Sorge um ihre Reputation geheim. Die Digitalkonzerne nehmen den Schutz ihrer Kundendaten nicht ernst – weil die Nutzer es nicht von ihnen verlangen. Nutzer und nicht technische Einrichtungen sind sowieso die eigentliche Schwachstelle des Internets. Wer kennt das nicht, der einen PC besitzt: Der Rechner wird mit der Zeit immer langsamer oder zeigt ein anderes merkwürdiges Verhalten. Der Nutzer tippt hilflos darauf herum und macht alles nur noch schlimmer. Hat er sich ein Virus eingefangen, ist er Teil eines *Botnets* geworden? Doch es gibt Überwachungsfunktionen, z. B. die „*Digital Crimes Unit*“ von Microsoft. Freundliche Damen mit indischem oder asiatischem Akzent rufen an und informieren einen, dass man massenhaft Schadsoftware auf dem Rechner hat. Sie bieten einem an, dies gleich am Computer zu beheben und entsprechende Software herunterzuladen. Unter Anleitung der hilfreichen Damen installieren Sie nun *selbst* die Schadsoftware, ein System zur Fernbedienung ihres PC, genannt *TeamViewer*. Digitaler Selbstmord, sozusagen. Nun können die

²⁸¹Martin Lutz: „Tatwaffe Computer“ in der *Welt* vom 24.04.2018 (https://www.welt.de/print/welt_kompakt/print_politik/article175750273/Tatwaffe-Computer.html).

²⁸²Hans-Christian Dirscher: „Aus für Google+: Google verschwieg Sicherheitslücke“ in *PCwelt* vom 09.10.2018 (<https://www.pcwelt.de/a/aus-fuer-google-google-verschwiegen-sicherheitsluecke,3452484>) und Jannis Brühl, Mirjam Hauck und Simon Hurtz: „Was ist eigentlich bei Facebook los?“ in *Süddeutsche Zeitung* vom 05.04.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/datenmissbrauch-was-ist-eigentlich-grade-bei-facebook-los-1.3932349>).

Ladies Ihre Dateien verschlüsseln und Lösegeldzahlungen erpressen oder Ihre Bankkonten plündern. Doch wie gut, dass sie inzwischen digital integriert sind. Ein Anruf beim BSI²⁸³ hilft Ihnen weiter. Ein freundlicher und leicht amüsiert Herr teilt Ihnen mit, dass sie der 7365ste Anrufer sind, denn dieses Problem ist seit Jahren bekannt. Microsoft ruft *nie* jemanden an, *never ever*. Eine Falle. Es sind *Hacker*, die Sie vor Hackern warnen.²⁸⁴

Wenn in 2017 weltweit 230.000 Unternehmen von Cyberangriffen betroffen waren und Schäden durch Spionage, Patentdiebstahl, Sabotage oder anderes in Höhe von bis zu 450 Mrd. US\$ entstanden (davon 65 Mrd. bei Unternehmen in Deutschland), dann droht reale Gefahr – und doch tut kaum einer etwas dagegen. Zu viele sagen nur lakonisch: „Es gibt eben keine hundertprozentige Sicherheit.“²⁸⁵ Aber lassen wir deswegen unsere Haustür offen stehen? So wie Milliarden Geräte im „Internet der Dinge“?²⁸⁶

Auf zwei Dinge sollte ich von nun an nicht mehr hinweisen müssen, weil sie nun langsam trivial geworden sind:

1. Der Computer ist eine Universalmaschine, die mehr kann, als sich Ihre Fantasie vorzustellen vermag.
2. Ihre Fantasie reicht auch nicht aus, um sich die Tricks vorzustellen, die clevere Programmierer (und Hacker gehören meist zu dieser Spezies) ausüfteln können.

Deswegen kann ich hier nur einige exemplarische oder besonders bedeutsame Attacken schildern, um Ihnen zu zeigen, mit welcher Fantasie Hacker ans Werk gehen. Beginnen wir mit einer Begebenheit aus neuerer Zeit.

²⁸³Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik empfiehlt „Zwölf Maßnahmen zur Absicherung gegen Angriffe aus dem Internet“ (https://www.bsi-fuer-buerger.de/BSIFB/DE/Service/Checklisten/Massnahmen_gegen_Internetangriffe.html).

²⁸⁴Heike Jahberg: „So versuchen Microsoft-Betrüger, Ihren Computer zu hacken“ in *Der Tagesspiegel* vom 26.03.2018 (<https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/betrug-mit-angeblichem-microsoft-support-so-versuchen-microsoft-betrueger-ihreren-computer-zu-hacken/21108778.html>), Nicolai van Wegen: „Vorsicht Telefonbetrug: Microsoft-Anrufe sind eine Fälschung“ auf *OnlineWarnungen* vom 09.10.2018 (<https://www.onlinewarnungen.de/warnungsticker/telefonbetrug-microsoft-anrufe-faelschung/>) und Hajo Schulz: „Bei Anruf Abzocke – Falsche Microsoft-Support-Anrufe“ aus *c't* 23/2016 S. 64 auf *Heise online* (<https://www.heise.de/select/ct/2016/23/1478857832099577>)

²⁸⁵Nicolai Kwasniewski: „Cyberangriffe auf Unternehmen – Ein Hack, eine versetzte Schweißnaht – fatale Folgen“ in *Spiegel online* vom 30.11.2017 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/cyberangriffe-so-gefahrdet-ist-die-deutsche-wirtschaft-a-1178050.html>).

²⁸⁶In 2017 weltweit 8,4 Mrd. Quelle: „Gartner rechnet für 2017 mit 8,4 Milliarden vernetzten Dingen“ in Cebit vom 17.02.2017 (<https://www.cebit.de/de/news-trends/news/gartner-rechnet-fuer-2017-mit-84-milliarden-vernetzten-dingen-656>).

Schlafen Sie kostenlos in über 140.000 Top-Hotels weltweit

Das kommt davon, wenn man einen IT-Sicherheitsexperten mit Unerklärlichem ärgert. Der finnische Sicherheitsforscher Tomi Tuominen nahm 2003 an einer Sicherheitskonferenz in Berlin teil, als der Laptop eines Freundes mit sensiblen Daten aus seinem Hotelzimmer gestohlen wurde. Der Diebstahl war ein Rätsel: Die Mitarbeiter des 5-Sterne-Hotels waren nachweislich unbeteiligt, die Tür zeigte keine Anzeichen von Einbruch, und das elektronische Logbuch des Keycard-Schlosses der Tür hatte außer dem Hotelpersonal keine weiteren Einträge erfasst.

Das konnte Tuominen und ein Kollege nicht auf sich sitzen lassen. Hotelschlösser mit einer Sicherheitslücke, die jemanden an dem elektronisch gesicherten Riegel eines Hotelzimmers vorbeikommen ließ. Aber es kostete sie ungefähr 15 Jahre, es zu beweisen. In dieser Zeit sammelten sie solche Schlüssel und fanden mit der Zeit heraus, wie die Codes zusammengesetzt sind, die auf die Karten geschrieben werden. Also im Prinzip eine *Big-Data-Analyse*.

Tuominen hatte in den letzten Jahren mehr als tausend Hotel-Keycards von seinen Freunden gesammelt, und etwa 30 % der Schlösser waren für diesen Angriff anfällig. Er konnte nicht nur die Codes der Schlösser klonen, sondern auch einen Hauptschlüssel erstellen, der jedes Zimmer in einem Hotel öffnen kann. Er benutzte ein Schreib-Lese-Gerät für Schlüsselkarten im Wert von 300 US\$ und eine Reihe von kryptografischen Tricks, die er in fast 15 Jahren der Analyse der Codes entwickelt hatte. Für jede abgelaufene Keycard, die aus dem Müll eines Hotels gezogen wurde, fanden sie eine Methode, um den möglichen Hauptschlüsselcode eines Hotels erheblich einzuschränken. Die beiden Experten konnten den Code an jedem Schloss im Hotel in etwa 20 Versuchen identifizieren und dann diesen Mastercode auf eine Karte schreiben. Der gesamte Vorgang dauert etwa eine Minute.

Der Schlüsselhersteller schätzt, dass es etwa 140.000 Hotels in mehr als 160 Ländern der Welt mit insgesamt Millionen von Schlössern betrifft. Das Unternehmen reagierte mit einem Software-Sicherheitsupdate, das seitdem auf seiner Website verfügbar ist. Da die Schlösser jedoch keine Internetverbindung haben, muss diese Software manuell von einem Techniker installiert werden, Schloss für Schloss. „Es besteht eine gute Chance, dass nicht alle Hotels das behoben haben“, sagt Tuominen.²⁸⁷

²⁸⁷Quelle: Andy Greenberg: „A One-Minute Attack Let Hackers Spoof Hotel Master Keys“ in *Wired* vom 25.04.2018 (<https://www.wired.com/story/one-minute-attack-let-hackers-spoof-hotel-master-keys>).

Ich wünsche Ihnen eine angenehme Ruhe.

Und wo wir gerade in Hotels sind: *Fake News* sind ja in aller Munde, die „alternativen Wahrheiten“. Na gut, ein vorsichtiger und kritischer Mensch kann das durch Vergleich mehrerer Quellen prüfen. Gerne verlassen wir uns aber auch auf Beurteilungen von Benutzern oder Ranglisten von Vergleichsportalen. Kundenbewertungen sind längst zu einer Macht im Netz geworden. Erst allmählich wird klar, dass einige dieser Empfehlungen nicht echt sind. Jede fünfte Amazon-Bewertung soll ein *Fake* sein. Spezialisierte Firmen schreiben fingierte Kommentare. Für 120 € bekommen Hotel- oder Restaurantbetreiber von ihnen ein Dutzend gefälschte Bewertungen – mit Rechtschreibfehlern und falscher Grammatik, um Echtheit vorzutäuschen. Produkte, die schnell über viele gute Bewertungen verfügen – gerade auf großen Portalen wie Amazon –, erzielen rund 30 bis 50 % mehr Umsatz, berichtet die Technikseite „t3n“.²⁸⁸ Im Gegenzug können Produktmanager an mittelprächtigen Bewertungen (nur 3 von 5 Sternen) ablesen, dass mit diesem Angebot kaum noch Umsatz zu machen ist. *ReviewMeta*, der Amazon *Review Checker*, hilft bei der Entlarvung falscher Bewertungen. Man gibt die URL des Amazon-Produktes ein und erhält die eigentliche Wertung, aus der die *Fake*-Rezensionen herausgefiltert wurden. Bei Hotelbewertungen spielt auch die Höhe der Vermittlungsprovision, die das Hotel dem Portal zahlt, eine Rolle im Ranking. Denn für jede Buchung kassieren Buchingsportale Provisionen, je nach Hotel unterschiedlich viel. Das hat Folgen auf die Rangliste der Hotels: Nicht immer stehen die Hotels mit den besten Bewertungen zuoberst, sondern die, die die höchsten Provisionen zahlen. Unauffälliger und klein gedruckter Text weist zwar bei einigen Portalen darauf hin, aber das ist nicht die Regel.²⁸⁹ Doch auch die Betrüger werden betrogen – fälschen Buchingsportale die Beurteilungen ihrer besser zahlenden Hotels, so fälschen Hotels ihre eigenen Beurteilungen. Ein Gastro-Unternehmen hatte seine rund 700 eigenen Mitarbeiter in einem Schreiben dazu aufgerufen, seine Dienstleistungen positiv zu bewerten. Dazu gab es detaillierte Anweisungen: Spitznamen nutzen und keine Rückschlüsse auf den Betrieb zulassen (das Portal speichert die IP-Adressen). Dazu Vorschläge für die Bewertungsüberschrift: „*Best in town!!!*“ „Toll auch für einen *Light Lunch*“ oder „Immer wieder eine Freude“. „Der Onlinepranger ist der Pranger der Neuzeit. Irgendwas

²⁸⁸ „Gefälschte Amazon-Bewertungen: Rund 20 Prozent sind Fakes“ auf t3n vom 06.09.2017 (<https://t3n.de/news/gefaelschte-amazon-bewertungen-854305/>).

²⁸⁹ Alexander Bögelein: „Die Tricks von Booking.com“ in *Südwest Presse online* vom 26.10.2015 (<https://www.swp.de/wirtschaft/news/die-tricks-von-booking.com-22156825.html>).

mussten wir doch machen“, sagte der Geschäftsleiter. Er hält sein Vorgehen für Notwehr und begründet es mit unberechtigten negativen Bewertungen, denen man als Unternehmen entgegentreten müsse.²⁹⁰ Merke: Das Hotel, das das Vergleichsportal empfiehlt, ist nicht unbedingt das beste, sondern möglicherweise das, für das es die höchste Provision erhält. Oder das einen „Ranking Booster“ (frei: „Bewertungsbeschleuniger“) benutzt.²⁹¹

Da treten natürlich sofort die Profis mit neuen Geschäftsideen auf den Plan: *Fivestar Marketing* ist eine Plattform für die Vermittlung von Produkttests und Rezensionen, die mit dem Slogan wirbt: „Registriere dich bei uns als Tester und bewerte bequem von Zuhause aus die Produkte und Dienstleistungen unserer Kunden.“ Eine Tripadvisor-Bewertung kostet dort 12,95 €, ein Dutzend davon bekommen Hotel- oder Restaurantbetreiber für 119,95 €. Die Bewerter müssen das Produkt nicht kennen. Jeder der „Produkttester“ kann eine Bewertung schreiben und verdient dann zwischen zwei und zehn Euro pro Stück. Auch hier gibt es wieder ein Wettrennen zwischen Hase und Igel: Ausgeklügelte Algorithmen sollen falsche Bewertungen anhand von gleichen IP-Adressen, wiederkehrenden Floskeln oder anderen Aktivitäts-Mustern erkennen.²⁹²

Und wo wir gerade bei Hotels sind: Das sind gefährliche Orte. Wenn man Ihnen nicht Ihren Laptop klaut, klaut man wenigstens Ihre Daten. Bei der *Marriott*-Hotelkette, der größten der Welt, kamen seit 2014 etwa 500 Mio. Datensätze abhanden. Da sie noch nicht im *Darknet* zum Kauf angeboten wurden, gehen Fachleute davon aus, dass es ein Geheimdienst war. Durch *Big-Data*-Analysen könnte er Bewegungen von Kollegen anderer Staaten aufdecken. Dieser Datenklau bekommt (Stand heute) die Silbermedaille. Bronze geht an *Equifax*, die größte Wirtschaftsauskunftei der USA, mit dem Zugriff auf die Daten von bis zu 143 Mio. Kunden. Das „*PastHole Hacking Team*“ versprach, sie gegen ein Lösegeld von 600 *Bitcoins* (damals ca. 2,5 Mio. US\$) nicht zu veröffentlichen. *And the winner is ...* (reif für die Goldmedaille) der Einbruch 2013 bei dem damaligen Webportal *Yahoo* mit 3 Mrd. erbeuteten Nutzerdatensätzen. Die Diebe machten sich mit Namen, Geburtsdaten, Telefonnummern und Passwörtern von

²⁹⁰Ann-Kathrin Hipp: „Das Geschäft mit den gefälschten Hotelbewertungen“ in *Der Tagesspiegel* vom 01.08.2017 (<https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/buchungsportale-im-internet-das-geschäft-mit-den-gefälschten-hotelbewertungen/20125204.html>).

²⁹¹Catharina Puppel: „So durchschauen Sie die Tricks der Hotelportale“ in *Manager Magazin* vom 09.09.2018 (<http://www.manager-magazin.de/lifestyle/reise/hotelportale-so-durchschauen-sie-die-tricks-a-1226805.html>).

²⁹²Ebd. und <https://fivestar-oms.net/signup.php>.

Benutzern davon, die auf einer leicht zu knackenden Sicherheitsstufe verschlüsselt worden waren. Gute Nachrichten für alle, die Passwörter mehrfach verwenden.²⁹³

Der Griff in die Erfahrungsschatzkiste

Die Augen des IT-Veteranen beginnen zu leuchten: „O ja, Hacker ... ich erinnere mich an die erste Hackerbibel des CCC im Herbst 1985 ...“

„CCC?“

„Der ‚Chaos Computer Club‘, ein eingetragener gemeinnütziger Verein. Er setzt sich für Informationsfreiheit ein und beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Technologien auf die Gesellschaft. Es gibt nämlich gute und böse Hacker.“

„Weiße und schwarze Schafe ...“

„Ähnlich: *White*, *Grey* und *Black Hats*. Die weißen Hüte sind ‚die Guten‘, die oft mit offiziellem Auftrag Sicherheitslücken aufspüren. Die schwarzen Hüte sind ‚die Bösen‘ mit krimineller Energie oder im Auftrag von Regierungen oder anderen Stellen. Sie wollen Schaden anrichten. Die Grauen sind so dazwischen, haben vielleicht ehrenwerte Motive, arbeiten aber außerhalb der Legalität.“

„Wann hat das denn angefangen, und wie kam man darauf?“

„Programme sind Daten, erinnern Sie sich? Programme manipulieren Daten, also können auch Programme Programme manipulieren. Schon John von Neumann hat im Jahr 1949 die These aufgestellt, dass ein Computerprogramm sich selbst kopieren kann. Das ist das Prinzip des Computervirus, der sich wie ein biologischer Virus selbst reproduziert. Am Anfang dachten nur die Theoretiker darüber nach, aber ab 1985 ging es in der Praxis los. Zuerst auf den alten Großrechnern, dann auf den ersten PCs.“²⁹⁴

„Hacker. Was sind das bloß für Leute!“

„Es gibt kein eindeutiges Hackerprofil, und das macht sie gefährlich. Es ist möglich, dass sich ein Hacker mit der normalen Gesellschaft vermischt

²⁹³Martin Holland: „Marriott: Daten von 500 Mio. Hotelgästen abgegriffen“ auf *Heise online* vom 30.11.2018 (<https://www.heise.de/security/meldung/Marriott-Daten-von-500-Millionen-Hotelgästen-abgegriffen-4236576.html>), Nicole Perlroth und Cade Metz: „Equifax Breach: Two Executives Step Down as Investigation Continues“ in *The New York Times* vom 14.09.2017 (<https://www.nytimes.com/2017/09/14/business/equifax-hack-what-we-know.html>), Nicole Perlroth: „All 3 Billion Yahoo Accounts Were Affected by 2013 Attack“ ebd. vom 03.10.2017 (<https://www.nytimes.com/2017/10/03/technology/yahoo-hack-3-billion-users.html>).

²⁹⁴Mehr auf https://de.wikipedia.org/wiki/Computervirus#Theoretische>Anfänge:_bis_1985 und [https://de.wikipedia.org/wiki/Hacker_\(Computersicherheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Hacker_(Computersicherheit)).

und lange Zeit unentdeckt bleibt, solange er seinen Mund nicht öffnet. Man könnte zig Eigenschaften nennen, die ihn beschreiben. Darunter witzige und ernste: „Er oder sie – meist ‚er‘ – braucht keinen Schlaf, besteht auf sehr wenig Nahrung und riecht mild nach szechuanischer chinesischer Küche. Er ist sehr hell, ein Streber und kann Fehler nicht akzeptieren. Halb Mensch, halb Maschine. Er glaubt, dass er in die Geheimnisse der Zeit eingeweiht ist und suggeriert unterschwellig, dass er etwas weiß, das andere nicht wissen und nie wissen werden. Er hält kein Problem für zu komplex und weiß, dass er jedes Problem lösen kann, denn er lebt für die Herausforderung der Informatik. Er liebt es, von einer Maschine oder einem Logikproblem verführt zu werden – der ultimative Introvertierte, der Liebhaber komplexer Situationen.“²⁹⁵

„Also gewisse spezielle Charaktere ...“

„Im Mittelpunkt steht das Verstehen der Menschen. Künstler, Hacker, gute Investoren, sie alle teilen etwas, das besonders gut darin ist, das Gehirn eines anderen anzuzapfen. Technische Fähigkeiten sind unerlässlich, aber die besten Hacker sind nicht unbedingt die besten Programmierer. Sie haben einfach eine gute Sicht auf das gesamte System. Sie wissen, wie du denkst. Manche nennen es extreme Empathie.²⁹⁶ Er denkt wie ein Computer, das heißt, er folgt der Logik des Systems.“

„Wir wollen doch keine Psycho-Studien machen ...“

„Nein, aber das erklärt einige Angriffe wie z. B. DDoS.“

„Was ist das nun wieder?“

„Das ist der Einbrecher mit brutaler Gewalt. Stell dir vor, der Mafia-boss sitzt in Untersuchungshaft. Er fürchtet, der Staatsanwalt könnte bald Anklage erheben. Dann sitzt er fest. Aber länger als 60 Tage ohne Anklage darf man ihn nicht einbuchen. Was macht er?“

„Er lässt ihn umlegen.“

„Nein, legal, in der Logik des Systems. Er weiß, dass eingehende Anzeigen bei der Staatsanwaltschaft sofort registriert werden müssen. Also sagt er seinen Leuten: ‚Schreibt massenhaft Anzeigen, wegen irgendwas. Dann hat der Staatsanwalt keine Zeit, die Anklage zu erheben.‘ Und so ist er nach 60 Tagen raus.“

„Und das macht der Hacker?“

²⁹⁵Auszug aus „The Anatomy Of A Hacker“ in der „Hackerbibel“ des CCC, 1. Auflage im Herbst 1985, S. 12 (https://www.offiziere.ch/trust-us/hab1/012_anatomy.html).

²⁹⁶Robert C. Wolcott: „Hackers, Empathy And Neuroscience: A Conversation With Moran Cerf“ in *Forbes Magazine* vom 09.05.2017 (<https://www.forbes.com/sites/robertwolcott/2017/05/09/hackers-empathy-and-neuroscience-a-conversation-with-moran-cerf/>).

„Ja, er kapert viele unterschiedliche Computersysteme, schließt sie zu einem Roboter-Netz zusammen, dem so genannten *Botnet*. PCs, die ohne das Wissen ihrer Benutzer zu einem Netz zur Verteilung von Programm-schädlingen zusammengeschlossen wurden. Das sind die Interkontinental-raketen des Cyberkrieges. Das Netz lässt den Server des Unternehmens, das es angreifen möchte, mit Anfragen fluten. So viele, dass das System in die Knie geht. *DDoS* heißt *Distributed Denial of Service*, Dienstverweigerung über verteilte Systeme.“

„Nun wollen wir aber nicht zu tief in die Psychologie einsteigen. Welche üblichen Methoden gibt es denn sonst noch?“

Ich bin du – und du merbst es nicht

Dana Halter überfährt eines Morgens aus Gedankenlosigkeit ein Stoppschild. Natürlich – wir sind in den USA – taucht aus dem Nichts ein Polizist auf. Doch anstatt mit einer Ermahnung oder einem Ticket davon-zukommen, wird sie verhaftet und wegen Delikten angeklagt, die sie nie begangen hat. Es dauert Tage, bis sich herausstellt, dass Dana Opfer eines Betrügers geworden ist, der mit ihrer Kreditkarte bezahlt, Schecks auf ihren Namen ausstellt – und überhaupt ihre ganze Identität gestohlen hat. Sie fin-det sich wieder in den Fängen einer gnadenlosen US-Justizmaschinerie. Als Dana nach erniedrigenden Tagen im Gefängnis auch noch ihren Job ver-liert, hat sie nur noch ein Ziel: diesen elenden Betrüger, der auf ihre Kosten in Saus und Braus lebt, zu finden. So weit der Klappentext zu dem hoch-dramatischen Thriller von T. C. Boyle.²⁹⁷ Er handelt davon, wie leicht es ist, einem Menschen die Identität zu rauben. Und wie schwierig es für den Betrogenen ist, zu beweisen, dass er hereingelegt worden ist.

Fiktion? Keineswegs. Selbst die biometrischen Merkmale, also Finger-abdruck und Iris lassen sich fälschen. Ein von einem Glas abgenommener Fingerabdruck oder ein gutes Foto des Auges sind die Voraussetzung. Dann helfen Know-how und einfachste Zutaten bei der Fälschung. Die ARD-Re-portage „Pässe für Kriminelle“ macht deutlich, wie leicht unsere bio-metrischen Daten in die Hände von Verbrechern gelangen können.²⁹⁸ Ein gestohlenes Passwort kann man ändern, einen gestohlenen Fingerabdruck

²⁹⁷T. C. Boyle: „Talk Talk“, dtv Verlagsgesellschaft (2008).

²⁹⁸Daland Segler: „Lebenslänglich ausgeliefert“ in *Frankfurter Rundschau* vom 06.08.2018 (<http://www.fr.de/kultur/netz-tv-kritik-medien/tv-kritik/paesse-fuer-kriminelle-ard-lebenslaenglich-ausgeliefert-a-1557826>).

nicht. „Einmal missbraucht, sind die Daten ein Leben lang nicht mehr benutzbar.“ Das kann einen einzelnen Betroffenen ruinieren. Aber Einzelfälle sind es nicht.

In Indien sollen über 130 Mio. biometrische Daten abgegriffen worden sein. Die Fälschungen werden für den Schwarzhandel mit Lebensmitteln benutzt. Das dortige *Aadhaar*-System ist das weltweit größte biometrische Identifikationssystem mit über 1,2 Mrd. registrierten Mitgliedern.²⁹⁹ Die Rolle des Systems ist entscheidend für die Authentifizierung und Autorisierung von Transaktionen und ist eine Säule der indischen UID (*Unique Identification Database*, einheitliche Identifikationsdatenbank). Die Angreifer boten sogar ein Portal zum Zugriff auf indische Bürgerdaten unter Verwendung der ID-Nummer des *Aadhaar*-Benutzers an. Der Dienst ermöglichte, den Namen, die Adresse, die Postleitzahl, das Foto, die Telefonnummer und die E-Mail-Adresse des Bewohners durch Angabe der *Aadhaar*-ID abzurufen. Die Hacker bieten den Zugang zum Portal für 500 Rupien (ca. 6 €) an und berechnen zusätzlich 300 Rupien für eine Anwendung, die das Drucken einer *Aadhaar*-Karte ermöglicht.³⁰⁰ Die zuständige Behörde (*The Unique Identification Authority of India*) bestreitet, dass das *Aadhaar*-System geknackt wurde, und hat Ermittlungen gegen die Enthüllungsjournalisten eingeleitet.

Aadhaar ist ein Prestigeprojekt der indischen Regierung und sollte im Kampf gegen Korruption helfen. Anfangs war die Teilnahme freiwillig. In jüngster Zeit wurde ein Eintrag in der Datenbank aber in immer mehr Bereichen verpflichtend, etwa zur Abgabe der Steuererklärung oder sogar für Einkäufe im Wert von mehr als umgerechnet 670 €. Angesichts dieser Entwicklung hatte Indiens oberstes Gericht vergangenes Jahr seine Einschätzung der Privatsphäre korrigiert. Der *Supreme Court* widersprach dabei dem Argument der Regierung, für *Aadhaar* müsse das Recht auf Privatsphäre einer „kleinen Elite“ hinter dem Recht der Masse auf ein würdevolles Leben in einem sich entwickelnden Land zurückstehen.³⁰¹ Und „*Aadhaar* ist hier.

²⁹⁹Quellen: „Aadhaar data of 130 millions, bank account details leaked from govt websites: Report“ auf *India Today* vom 02.05.2017 (<https://www.indiatoday.in/technology/news/story/aadhaar-data-of-130-millions-bank-account-details-leaked-from-govt-websites-report-974771-2017-05-02>) und Enrolments auf „Welcome to AADHAAR Dashboard“ (https://uidai.gov.in/aadhaar_dashboard/index.php).

³⁰⁰Pierluigi Paganini: „Data breach of the Aadhaar biometric system poses a serious risk for 1 Billion Indian residents“ in *security affairs* vom 05.01.2018 (<https://securityaffairs.co/wordpress/674241/data-breach/aadhaar-data-breach.html>).

³⁰¹Martin Holland: „Indien: Leak aus staatlicher Datenbank – Ermittlungen gegen Journalisten“ in *Heise online* vom 08.01.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Indien-Leak-aus-staatlicher-Datenbank-Ermittlungen-gegen-Journalisten-3936106.html>).

Aadhaar ist überall.“, denn *Aadhaar* könnte bald obligatorisch werden, um für Inlandsflüge ins Flugzeug zu steigen oder ein Zugticket zu kaufen.³⁰²

Um auf Dana Halter zurückzukommen: Hoffentlich fuhr sie keinen Tesla Model S! Den gibt es nämlich für Profis als Schnäppchen für 600 US\$. So viel zahlen Hacker für eine Funkantenne, einen Minicomputer, eine tragbare Festplatte und ein paar Akkus. Aus rund einem Meter Entfernung klonen sie drahtlos den Funkschlüssel des Autos. Das *Keyless-Go*-Schließsystem ist zwar verschlüsselt, aber nur mit einer schwachen 40-Bit-Verschlüsselung. Mit einem *Brute-Force*-Angriff errechnen die Diebe einfach alle möglichen Entriegelungscodes – und der Minicomputer braucht nur durchschnittlich zwei Sekunden, um den richtigen zu finden.³⁰³

Alle 11 Minuten verliebt sich jemand in „Fake24“

Sind Sie einsam, suchen Sie Kontakt? Sehnen Sie sich nach Sex oder gar einer liebevollen Partnerschaft? Dann ist das Internet genau das Richtige für Sie! Dort gibt es die Single- oder Dating-Börsen, die Ihnen mit ausgeklügelten Algorithmen aufgrund Ihres Persönlichkeits- und Suchprofils den passenden Partner (m/w und zig andere Geschlechter) vermitteln. Das Angebot ist riesig und verlockend, und Sie können vor allem mit dem Kandidaten Ihrer Wahl unverbindlich (aber nicht immer kostenlos) chatten, um sich vor dem ersten *Date* besser kennenzulernen.

Das Verhältnis von Frauen zu Männern auf Webseiten des gehobenen Niveaus ist annähernd gleich, auf den Seiten für *Casual Dating* (Euphemismus für sexuelle Abenteuer) stark von Männern dominiert. Das öffnet Tür und Tor für unseriöse Geschäftemacher, denn oft ist der Zugang für Frauen kostenlos und für Männer kostenpflichtig. Besonders lukrativ wird es, wenn jede einzelne Chat-Nachricht bezahlt werden muss. Lockvögel (also „Profi-Chatter“) treten unter falscher – meist weiblicher – Identität auf und animieren die Männer, eine teure Premium-Mitgliedschaft einzugehen. Denn nur dann lernen sie die wirklich tollen Mädels kennen. Die aber sind dann oft junge Männer, die in 8-Stunden-Schichten heiße Liebesschwüre von

³⁰² „Aadhaar may soon become mandatory to board plane for domestic flights. Aadhaar is here. Aadhaar is everywhere.“, auf *India Today* vom 05.04.2017 (<https://www.indiatoday.in/technology/news/story/aadhaar-may-soon-become-mandatory-to-board-plane-for-domestic-flights-969598-2017-04-05>).

³⁰³ Bastian Benrath: „Hacker knacken einen Tesla in zwei Sekunden“ in *FAZ.net* vom 11.09.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/hacker-konnten-tesla-model-s-in-sekunden-knacken-15782260.html>).

sich geben. In naher Zukunft sicher *Chatbots*, deren KI-System mittels *Deep Learning* zu immer raffinierteren und phantasievolleren Formulierungen kommt.³⁰⁴

Seien Sie also gewarnt, wenn Sie in den (klein gedruckten und schwer zu findenden) AGB eines Portals in der *Sadik Stavileci 15, 50000 Gjakova* (Kosovo) Folgendes lesen:

„Das Unternehmen weist ausdrücklich darauf hin, dass für den Außenauftritt des Unternehmens, z. B. auch auf der Startseite des Chats, teilweise mit tatsächlich nicht existierenden Teilnehmerprofilen und -bildern gearbeitet wird, um die optische Attraktivität des Portals zu erhöhen. [...] Das Unternehmen weist darauf hin, dass im Chat durch das Unternehmen beschäftigte Controller/Controllerinnen eingesetzt werden und tätig sind, die unter mehreren Identitäten (m/w) am Chat teilnehmen, insbesondere Dialoge mit anderen Teilnehmern führen. [...] Es wird schließlich darauf hingewiesen, dass die den einzelnen Profilen zugeordneten Personenabbildungen nicht zwingend mit einer tatsächlich hinter dem Profil stehenden natürlichen Person übereinstimmen.“

In Deutschland gibt es über 2500 verschiedene Portale für Online-Dating. Der Umsatz von Dating-Börsen in Deutschland ist seit 2003 rasant angestiegen und hat im Jahr 2017 erstmals die Grenze von 210 Mio. € überschritten. Im Marktsegment der Partnervermittlung wurde im Jahr 2017 mit rund 92 Mio. € der größte Umsatzanteil erzielt. Platz für eine Geschäftsidee: die größten und beliebtesten Flirtseiten für Sie zu testen.³⁰⁵

Da ist es nur ein Leckerbissen zum Schluss, dass bei einer Dating-App für Anhänger des amerikanischen Präsidenten Donald Trump mit dem hübschen Namen *Donald Daters* (mit dem Slogan „*Make America Date Again*“) gleich zu deren Start zu einer großen Datenpanne gekommen ist. Die gesamte Nutzerdatenbank mit Namen, Profilfotos, private Nachrichten und Zugangsdaten soll entwendet worden sein. Die App verspricht: „Täglich erhalten Sie 25 fein abgestimmte Treffer, die Sie kostenlos kontaktieren können!“³⁰⁶

³⁰⁴Bettina Weiguny: „Der Schmu mit den Singlebörsen“ auf FAZ.net vom 30.06.2013 (<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/netzwirtschaft/online-dating-der-schmu-mit-den-singleboersen-12265014.html>).

³⁰⁵„Statistiken zum Online-Dating“ auf statista (<https://de.statista.com/themen/885/online-dating/>); siehe auch (kein Product-Placement): <https://flirtseiten-testsieger.com>.

³⁰⁶„Dating-App für Trump-Fans erlaubte Download sämtlicher Nutzerdaten“ auf *t-online* vom 16.10.2018 (https://www.t-online.de/digital/sicherheit/id_84621564/datenpanne-bei-donalddaters-dating-app-fuer-trump-fans-hat-einen-schlechten-start.html). Für Interessierte: <http://www.donalddaters.com/public/>; „Everyday you will receive 25 finely curated matches to connect with for free!“

Na gut, das könnte man noch als kreative Geschäftsideen und nicht als glatten Betrug bezeichnen. Aber im Netz geht es natürlich noch härter zu.

007 und die Cyberwaffen: Viren, Würmer und andere Schädlinge

Q, der Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung des britischen Geheimdienstes MI6, drückte 007 seine neue Waffe in die Hand: „Sie haben nicht viel Zeit für den Angriff!“ „Wie viel?“, erkundigte sich James Bond. „Null Tage.“ „Verstehe!“, sagte Bond, denn er war es gewohnt, keine überflüssigen Fragen zu stellen.

Hätten Sie rückfragen müssen? Ein *Zero-Day-Exploit* („Null-Tage-Erfolg“) nutzt eine Sicherheitslücke am selben Tag aus, an dem diese bekannt wurde. Es liegen somit null Tage zwischen dem Entdecken der Sicherheitslücke und dem ersten Angriff. Denn Anbieter von Sicherheitssoftware wie *Kaspersky Lab* oder *McAfee* fahnden ständig nach Schwachstellen und Sicherheitslücken in Hard- und Software, die als Einfallstore in Rechner und Programme dienen können. Und sie melden sie an Firmen und Sicherheitsbehörden wie das „Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik“ (BSI). Dumm nur, dass die Hacker mitlesen. Und die sind flink, denn sie wissen: Nach durchschnittlich einem Tag ist die Lücke geschlossen.

Es gibt viele Varianten von Schadsoftware, *Malware* genannt. So viele, dass wir sie hier nicht alle aufzählen können.³⁰⁷ Viren, Würmer, *Keylogger*, Erpressersoftware, ... *McAfee*, ein Branchenführer im Bereich Computer-Sicherheit, hat die globalen wirtschaftlichen Auswirkungen der Cyberkriminalität untersucht. Sie kostete die Weltwirtschaft 2017 bis zu 600 Mrd. US\$. Neue Technologien und Kontakte bedeuten neue Chancen für einige Länder, aber neue Gefahren für andere. Cyberkriminalität betrifft fast jeden Ort auf der Welt. Der erste Schritt zur Bekämpfung ist das Verstehen seines Umfangs und seiner Reichweite.

IT-Experten beantworten die Frage, wie gut deutsche Unternehmen gegen einen Cyberangriff gesichert sind, gerne so: „Es gibt zwei Arten von Unternehmen: Die einen sind gehackt worden. Die anderen wissen es nur noch nicht.“ Der Ausspruch stammt eigentlich von dem früheren FBI-Direktor James Comey. Er äußerte ihn schon vor drei Jahren, doch seine Worte sind nach wie vor aktuell. Spionage, Patentdiebstahl, Sabotage: Unternehmen

³⁰⁷Mehr unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Hacker_\(Computersicherheit\)#Populäre_Techniken](https://de.wikipedia.org/wiki/Hacker_(Computersicherheit)#Populäre_Techniken).

geraten durch Cyberangriffe immer stärker in Bedrängnis. Viele wissen um die Gefahr – und doch tut kaum einer etwas dagegen. Ein Viertel der kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland sichert seine Daten nicht oder nur sehr unregelmäßig.³⁰⁸

Nicht nur 007, fast jeder kennt die Namen der Angreifer – aber man kann sie nicht verhaften. Denn sie sind immateriell: Software. Deren Programmierer sind kaum aufzufinden – und wenn, dann sitzen sie in anderen Staaten. Hier nur zwei bekannte (denn sie gehen in die Tausende) Software-*Al-Capones* der „Schadsoftware“. Sie haben oft phantasievolle Namen wie *Al-Capones* Spitzname *Scarface* („Narbengesicht“):

<i>Stuxnet</i>	<i>Stuxnet</i> ist ein Computerwurm aus dem Jahr 2010. Er griff ein spezielles industrielles Steuerungssystem an, das in Industrieanlagen wie Wasserwerken, Klimatechnik, Pipelines usw. eingesetzt wird. Der Iran besaß den größten Anteil der infizierten Computer. Deswegen vermutet man, dass das damalige iranische Atomprogramm sabotiert werden sollte. Die Autoren sind bis heute unbekannt
<i>WannaCry</i>	<i>WannaCry</i> ist ein Schadprogramm für Windows-Rechner und tauchte im Mai 2017 auf. Es gehört zur Klasse der <i>Ransomware</i> (s. u.). Es verursachte in über 130 Ländern Milliardenenschäden. Außerdem versucht das Programm, als Computerwurm weitere Windows-Rechner zu infizieren

Es sind so viele, dass man sie in verschiedene Klassen eingeteilt hat. Folgende Liste gibt auch nur einen kleinen Ausschnitt wieder:³⁰⁹

<i>Backdoor</i>	<i>Die Backdoor</i> („Hintertür“) ist eine vom jeweiligen Programmierer eingebaute Lücke, mit der man gesicherte Zugänge zu Rechnern, Programmen oder einzelnen Funktionen von Programmen umgehen kann. Auf diesem Wege gelangen die unterschiedlichsten Schädlinge (meist Trojaner) unbemerkt in Systeme
<i>Keylogger</i>	<i>Keylogger</i> dienen dazu, Tastatureingaben von Nutzern aufzuzeichnen, um an schützenswerte Daten wie Passwörter oder PINs zu gelangen. Sie werden allerdings nicht nur von Kriminellen eingesetzt, sondern auch von Geheimdiensten und Ermittlern, um Zugang auf Rechner oder Daten von Verdächtigen zu erhalten

³⁰⁸Nicolai Kwasniewski: „Cyberangriffe auf Unternehmen“ in *Spiegel online* vom 30.11.2017 2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/cyberangriffe-so-gefahrder-ist-die-deutsche-wirtschaft-a-1178050.html>).

³⁰⁹Vollständige Liste in Sebastian Minnich: „Malware, Viren und Trojaner – Das Schädlings-ABC“ auf *Heise online* vom 20.10.2016 (<https://www.heise.de/download/blog/Malware-Viren-und-Trojaner-Das-Schädlings-ABC-3356219>).

<i>Ransomware</i>	<i>Ransomware</i> verschlüsselt alle Benutzerdateien des Rechners und fordert den Nutzer auf, einen bestimmten Betrag als Lösegeld in <i>Bitcoin</i> zu zahlen. Tut er das nicht, droht das Programm mit vollständigem Datenverlust (es gibt keine verlässlichen Aussagen darüber, ob eine Lösegeld-Zahlung Erfolg hat) ^a
<i>Trojaner</i>	<i>Trojaner</i> (genauer: Trojanisches Pferd) sind Programme, die als nützliche Anwendungen getarnt sind, im Hintergrund, aber ohne Wissen des Anwenders eine andere Funktion erfüllt und meist Schaden anrichtet. Sie bestehen nicht nur aus Software – es gibt sie auch in den Mikrochips ^b
<i>Virus</i>	Ein <i>Virus</i> nistet sich in Programmdateien ein und nutzt diese als „Wirt“. Er ist nicht selbstständig lauffähig, daher benötigt er für seine schadhafte Funktion die Ausführung eines Träger-Programms. Startet eine mit einem Virus infizierte Anwendung, so wird der Virus ebenfalls gestartet. Viren verbreiten sich durch Kopieren der jeweils infizierten Datei durch den Benutzer innerhalb von Netzwerken. Im Gegensatz zu einem Virus, verbreitet ein „Wurm“ sich selbst aktiv

^a „Zahlen oder nicht zahlen – die Misere für Ransomware-Opfer“ in Kaspersky-Blog vom 30.10.2015 (<https://www.kaspersky.de/blog/dont-pay-ransom/6356/>).

^b Marcus Janke, Peter Laackmann: „Hardware-Trojaner in Security-Chips“, Vortrag auf dem CCC-Kongress 2015 (https://events.ccc.de/congress/2015/Fahrplan/system/event_attachments/attachments/000/002/805/original/Hardware_Trojaner_in_Security_Chips_P_Laackmann_M_Janke.pdf).

Die Spezialisten des BSI suchen nach anfälligen Servern, nach verdächtigen *Spam*-Mails und nach Aktivitäten im *Darknet*, wo Sicherheitslücken oft für hohe Summen verkauft werden (das „dunkle Netz“ namens *Darknet* ist für normale Benutzer unzugänglich). Ihr Ziel ist es, diese Schwachstellen möglichst schnell zu erkennen und zu beseitigen. Auf der anderen Seite sitzt die „Zentrale Stelle für Informationstechnik im Sicherheitsbereich“ (Zitis), die daran interessiert ist, diese Sicherheitslücken bewusst offen zu halten. Der „Staatstrojaner“ soll es ja den Behörden ermöglichen, sich in fremden Computern einzunisten und Kriminelle zu überwachen. Und das ist ein offensichtlicher Widerspruch: Der Staat will die Lücken schließen, die er braucht, um sich zu wehren. Für Liebhaber von Selbstbezüglichkeiten und Paradoxien wie mich ein Leckerbissen.

Spam-Mails kennen Sie ja alle, diese lästigen, von Automaten verschickten Werbemails, die Ihren elektronischen Briefkasten verstopfen. Wussten Sie, dass der komische Name für „Frühstücksfleisch in Dosen“ gedacht war? Auf

jeden Fall: Sofort löschen und auf keinen der darin erhaltenen Links klicken – egal, ob Ihnen aus Nigeria Millionen von Dollar versprochen werden, Potenzmittel aus Asien oder auch nur ein „Sofortkredit bis 100.000 Euro ohne Schufa“. ³¹⁰

Eine Spezialabteilung der IBM zur Bekämpfung von Hacker-Angriffen berichtet, dass *Ransomware*-Angriffe wie *WannaCry* und andere im Jahr 2017 durch die Verschlüsselung kritischer Daten ganze Betriebe zum Erliegen brachten, als „Cyberkriminelle kritische Infrastrukturen unter anderem im Gesundheitswesen, im Transportwesen und in der Logistik übernahmen und zeitweilig sperren konnten. Insgesamt haben Ransomware-Vorfälle Unternehmen im Jahr 2017 mehr als 8 Milliarden Dollar gekostet.“³¹¹

Die Geheimdienste weltweit stehen kriminellen Hackern in Nichts nach – was die technischen Fähigkeiten betrifft. Aber sie halten sich an Recht und Gesetz, zumindest formell. Zum Beispiel greift der Bundesnachrichtendienst (BND) Daten von „De-Cix“ in Frankfurt ab, dem weltweit größten Internetknoten. Er versorgt mit 19 Rechenzentren mehr als 700 Internetdienstanbieter und andere Organisationen aus mehr als 60 Ländern. Daten gelangen möglicherweise auch zur NSA. Das Bundesverwaltungsgericht in Leipzig wies im August 2018 eine Klage des Betreibers von De-Cix gegen den BND ab. Nun läuft eine Verfassungsbeschwerde gegen den „Staatstrojaner“, eine Software zur Online-Durchsuchung. Um schwere Straftaten wie Mord, Raub, Betrug oder Geldwäsche aufzuklären, dürfen Ermittler mitlesen, wenn Verdächtige per Smartphone oder Computer kommunizieren. Das heißt, die Ermittler müssen heimlich ins Gerät – sie müssen unbemerkt eine Überwachungssoftware installieren. Der Kläger nennt es „Befugnis zum Gedankenlesen“, denn mit dem Trojaner dringe der Staat tief in die Privatsphäre eines Verdächtigen.³¹²

Rolf Gössner, einer der Beschwerdeführer und Klagevertreter, argumentiert: „Staatstrojaner sind digitale Waffen, mit denen der Staat heimlich in Privatsphäre und Persönlichkeitsrechte, in informationelle Selbstbestimmung und Meinungsfreiheit der Betroffenen einbrechen kann. Es handelt sich um

³¹⁰Detlef Borchers: „Spam: 40 Jahre Werbe-Mails“ auf *Heise* vom 03.05.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Spam-40-Jahre-Werbe-Mails-4039567.html>).

³¹¹„Neuer IBM X-Force Sicherheitsreport“ in IBM PRESSEBOX vom 04.04.2018 (<https://www.pressebox.de/pressemeldung/ibm-deutschland-gmbh-chningens/Neuer-IBM-X-Force-Sicherheits-report-Anzahl-gestohlener-Datensaetze-in-2017-gesunken-Cyberkriminelle-fokussieren-sich-auf-Ransomware/boxid/900041>).

³¹²Andrea Müller: „Verfassungsklage gegen Staatstrojaner“ in ARD *online* vom 07.08.2018 (<https://www.tagesschau.de/ausland/staatstrojaner-101.html>).



Abb. 3.10 Sind Trolle harmlos?

einen der schwersten Grundrechtseingriffe, der auch die Menschenwürde verletzt sowie die IT-Sicherheit schädigt – und damit auch die Allgemeinheit. Diese Methode zur digitalen Totalüberwachung gehört deshalb dringend für null und nichtig erklärt.³¹³

Die meisten Schädlinge sind Software, aber es gibt auch menschliche Wesen: Trolle, die auch meist als Sockenpuppen daherkommen (Abb. 3.10). „Sockenpuppen“ sind eigentlich aus einer Socke hergestellte Handpuppen, aber im Netz bedeutet sie ein weiteres (meist anonymes) Benutzerkonto. Sie können sich ja bei vielen Diensten nicht nur als „Max Mustermann“ anmelden, sondern auch noch als Ignaz Wrobel, Theobald Tiger, Peter Panther und Kaspar Hauser.³¹⁴ Wozu? Um Ihre Identität zu verschleiern und um eine massenweise Kampagne vorzutäuschen – wenn es nicht vier, sondern vierhundert oder noch mehr (computergenerierte) „Personen“ sind. In St. Petersburg soll es eine „Trollfabrik“ gegeben haben, in der 400 Mitarbeiter regierungsfreundliche Kommentare hergestellt haben. Und sie hatten 126 Mio. Facebook-Nutzer im US-Wahlkampf zu manipulieren versucht.³¹⁵

³¹³ „Verfassungsbeschwerde gegen Staatstrojaner eingereicht“ auf dem Digitalcourage-Blog vom 07.08.2018 (<https://digitalcourage.de/blog/2018/verfassungsbeschwerde-gegen-staatstrojaner-eingereicht>).

³¹⁴ Das waren vier Pseudonyme, unter denen der Journalist und Schriftsteller Kurt Tucholsky (1890–1935) schrieb.

³¹⁵ „Online-Troll im Dienste des Kreml – „Putin ist genial!“ in *Handelsblatt* vom 07.04.2015 (<https://www.handelsblatt.com/politik/international/online-troll-im-dienste-des-kreml-putin-is-genial/11602386-all.html>) und „126 Millionen Facebook-Nutzern russische Politwerbung gezeigt“ in *Spiegel online* vom 31.10.2017 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/facebook-russische-manipulationen-im-us-wahlkampf-offenbar-staerker-als-gedacht-a-1175723.html>).

Bei Twitter wurde man auch fündig: Das Unternehmen hat mehr als zehn Millionen Troll-Tweets von knapp 5000 Sockenpuppen aus Russland und Iran veröffentlicht.³¹⁶ Ein Gericht in Finnland hat nun erstmals drei Pro-Kreml-Trolle zu über 130.000 € Schadenersatz und teilweise Gefängnis verurteilt.³¹⁷

Eine spezielle Art von Trolle sind die *Bots*. Unter einem *Bot* (Kurzform von engl. *robot* „Roboter“) versteht man ein Programm, das im Netz automatisch sich wiederholende Aufgaben erledigt und oft einen Menschen simuliert, z. B. Klicks generiert. Davon gibt es überraschend viele – und zwar mehr als Menschen! Im Jahr 2014 machten sie 56 % aller Webseitenbesuche aus. Sie verbreiten Werbenachrichten in Foren oder Kommentarseiten, suchen nach Sicherheitslücken auf Webservern, versuchen als *DDoS*-Bots Webseiten mit Anfragen zu überschwemmen oder klicken immer wieder auf Onlinewerbung, um Werbebetrug zu begehen.³¹⁸

Angriff auf das traute Heim und die ganze Stadt

Eine Drohne kreist über Harvestehude, einer der reichen Wohngegenden in Hamburg. Sie greift die WLAN-Daten des *Smart Home* ab. Ihr KI-Modul findet die Schwachstellen, die Passwörter auf Werkseinstellung, die ungesicherten Übertragungswege, die unverschlüsselten SMS von irgendwelchen Sensoren, die auf das Handy laufen. Schnell sind Schlösser geöffnet, Alarmanlagen manipuliert und Überwachungskameras ausgeschaltet. Profis gelingt es auch, den elektronischen Safe zu öffnen. Der Benutzer sitzt im Restaurant, vertraut auf sein mit der Alarmanlage verbundenes Handy und merkt nichts davon. Was im Privathaus noch ein privates Problem ist, ist bei Krankenhäusern, Banken, Energieversorgern und allen anderen öffentlichen Einrichtungen eine Gefahr für die Öffentlichkeit.

Wenn die Geräte in den Kontrollzentren eines Kraftwerks plötzlich ein Eigenleben entwickeln, ist das gesamte angeschlossene europäische Netz gefährdet. Was in der Ukraine noch glimpflich verlief (aufgrund der geringen

³¹⁶Angela Gruber, Marcel Pauly und Patrick Stotz: „So arbeiten russische Internet-Trolle“ in *Spiegel online* vom 18.10.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/twitter-veroeffentlicht riesigen-datensatz-zu-troll-tweets-aus-russland-und-iran-a-1233871.html>).

³¹⁷Andrew Higgins: „Three Internet Trolls Convicted of Systematic Defamation Against Journalist in Finland“ in *The New York Times* vom 19.10.2018 (<https://www.nytimes.com/2018/10/19/world/europe/finland-internet-trolls-defamation.html>).

³¹⁸Benedikt Fuest: „Das Internet ist in der Hand bösartiger Bots“ in *Welt online* vom 30.12.2014 (<https://www.welt.de/wirtschaft/article135853295/Das-Internet-ist-in-der-Hand-boesartiger-Bots.html>).

Vernetzung),³¹⁹ kann bei hoch vernetzten und damit komplexen Systemen (die von Natur aus schon instabil sind) desaströs werden. „Nur“ etwa 225.000 Menschen blieben dort mehrere Stunden lang ohne Strom, als die Ukraine unter dem vermutlich ersten erfolgreichen Cyberangriff auf ein Stromversorgungsnetz litt. Das europäische Verbundnetz reicht von der Türkei bis nach Portugal, von Finnland bis Sizilien. Ein totaler *Blackout* ist jederzeit möglich. Die Maschinen eines Windparks z. B. sind aus Auslastungsgründen hochgradig vernetzt, und die Rotorsteuerung ist ein offenes Tor. Millionen von Kleinenerzeugern (Windräder, Solarzellen, Blockkraftwerke usw.) müssen über das Internet synchronisiert werden, anders als eine Handvoll Großkraftwerke in der Vergangenheit.

Einen *Blackout* sollte man im Geist einmal durchspielen – kein Licht, kein Supermarkt, keine Ampeln, kein Internet und Telefon, kein ... nichts! Für 4 Stunden, 12 Stunden oder 3 Tage. Steht die Tür in Ihrem *Smart Home* dann dauernd offen oder ist sie aus Sicherheitsgründen so verriegelt, dass niemand rein oder raus kommt? Nebenbei: Die meisten Kraftwerke brauchen zum Wiederanlauf ... Strom. Ein schönes Beispiel der tückischen Selbstbezüglichkeit.

Doch nicht nur Kraftwerke sind das Ziel. Im Jahr 2016 griff im Lukaskrankenhaus in Neuss ein Erpressungs-Trojaner um sich. Er verschlüsselte alle Daten und verlangte ein Lösegeld in *Bitcoins* (Sie erinnern sich: das anonyme Geldsystem). Danach musste das Krankenhaus seine IT-Sicherheit komplett überarbeiten. Der Fall kostete rund eine Million Euro. Das Krankenhaus ließ sich nicht erpressen, aber andere schon: In den USA zahlte eine Klinik 40 *Bitcoins*, immerhin ca. 15.000 €.³²⁰

Die Stadtwerke in Ettlingen waren da cleverer. Sie engagierten einen Hacker, um ihre Verwundbarkeit für Cyberangriffe zu testen. Er brauchte nur zwei Tage, um die Kontrolle über die Leitwarte, die Kommandozentrale der Stadtwerke, zu übernehmen – ohne sie je betreten zu haben. Dann rief er den Geschäftsführer der Stadtwerke an: „Soll ich jetzt auf *Enter* drücken? Dann haben 40.000 Einwohner keinen Strom mehr und 200.000 Wasserpumpen

³¹⁹Chris Vallance: „Ukraine power ‚hack attacks‘ explained“ bzw. „Ukraine cyber-attacks ‚could happen to UK‘“ in BBC news vom 29.02.2016 (<https://www.bbc.com/news/technology-35686493>).

³²⁰Rüdiger Soldt: „Leichtes Spiel für Hacker“ in Heise online vom 26.04.2017 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Trojaner-im-OP-wie-ein-Krankenhaus-mit-den-Folgen-lebt-3617880.html>) und Detlef Borchers: „Ransomware-Virus legt Krankenhaus lahm“ ebd. vom 12.02.2016 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Ransomware-Virus-legt-Krankenhaus-lahm-3100418.html>). Axel Kannenberg: „Ransomware: US-Krankenhaus zahlt 40 Bitcoins Lösegeld“ ebd. vom 18.02.2016 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/Ransomware-US-Krankenhaus-zahlt-40-Bitcoins-Loese-geld-3109956.html>).

könnten stillstehen.“ Eine ganze Stadt ohne Wasser und Strom.³²¹ Was heißt hier „eine ganze Stadt“?! Nach den Hacker-Angriffen auf das ukrainische Stromnetz warnen Experten vor ähnlichen Attacken hierzulande und halten sogar einen europaweiten *Blackout* für möglich.³²²

Hacker attackieren die Kontrollsysteme von Industrie oder Logistik und stehlen so Kohle von Kohleminen oder Öl von Ölanlagen. Oder in der Ukraine Getreide, indem unter anderem die Waagen manipuliert werden. Jewgeni Kaspersk, der Leiter des bekannten IT-Sicherheitsunternehmens *Kaspersky Lab*, sieht uns in der virtuellen Welt von zahlreichen Attacken bedroht, auch und speziell bei den smarten Geräten im „Internet der Dinge“. Denn: „Die dunkle Seite der Cyberwelt ist sehr hässlich.“³²³

Natürlich spricht auch die Bundeswehr von Cybersicherheit und Cyberverteidigung: „Die Digitalisierung ist in nahezu allen Bereichen des Lebens angekommen und treibt Veränderungsprozesse mit rasanter Geschwindigkeit voran. Dies können und dürfen wir in der Bundeswehr weder negieren noch ignorieren.“ Deswegen gibt es ab 1. Oktober 2016 eine „Abteilung Cyber und Informationstechnik“ zur „gesamtstaatlichen Cybersicherheitsvorsorge und den Aufbau einer wirksamer Cyberverteidigung“.³²⁴

Im Cyberkrieg fließt wenig Blut

Das Janusköpfige der menschlichen Natur sorgte auch hier dafür, dass die Faszination der modernen Technik und die hoffnungsvollen Utopien über ihren für die Menschheit segensreichen Gebrauch durch die düstere Seite der Realität ergänzt wurden. Friedensaktivisten und Umweltschützer vernetzten sich international, aber auch Rechtsradikale und Kinderschänder.

Digitalisierung geht einher mit Vernetzung. Vernetzung bedeutet höhere Komplexität. Steigende Komplexität zieht eine höhere Anfälligkeit

³²¹Rüdiger Soldt: „Leichtes Spiel für Hacker“ in *FAZ.net* vom 26.04.2017 (<http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/cyberangriff-stadtwerke-ettlingen-testen-system-auf-sicherheit-14980156.html>).

³²²Matthias Gebauer: „Vertraulicher Lagebericht – Cyber-Abwehrzentrum warnt vor Stromausfall in ganz Europa“ in *Spiegel online* vom 24.08.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sicherheits-behoerden-halten-europaweiten-stromausfall-nach-hackerangriff-fuer-moeglich-a-1224727.html>).

³²³Eduard Steiner: „Smart Cars und Smart Houses werden Angriffsziele“ in der *Welt* am 30.06.2015 (<https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article143292913/Smart-Cars-und-Smart-Houses-werden-Angriffsziele.html>) und Norbert Lossau: „Die dunkle Seite der Cyberwelt ist sehr hässlich“ ebd. vom 25.03.2016 (<https://www.welt.de/wissenschaft/article153682312/Die-dunkle-Seite-der-Cyberwelt-ist-sehr-haesslich.html>).

³²⁴Klaus Hardy Mühleck: „BWI: Ihr Partner für die Digitalisierung der Bundeswehr“ (https://www.behoerden-spiegel.de/wp-content/uploads/2018/04/AFCEA_Magazin_2018.pdf).

für chaotisches Verhalten und damit Systemausfälle nach sich. Das ist die Angriffsflanke für den Cyberkrieg (*Cyber War*). Nicht umsonst ist ja eine Maßnahme, diese Gefahr abzuwenden, die Entkopplung von Systemen.

„Der Krieg ist der Vater aller Dinge“, hatte Heraklit gesagt. Ja und nein. Ja, weil die Verteidigung von Staaten gegen mögliche Angreifer immer noch Milliarden-Summen verschlingt (die weltweiten Militärausgaben im Jahr 2017 betragen rund 1,74 Billionen US\$).³²⁵ Nein, weil viele Waffenentwicklungen von den Militärs zu den finanziell besser ausgestatteten Privatfirmen abgewandert sind.

Ziel der Angriff bewusst auf die Infrastruktur, kann es zum Beispiel einen Stromausfall in ganz Europa geben? Nicht der Letzte, sondern der Hacker macht das Licht aus? Experten im Cyber-Abwehrzentrum des Bundes sind beunruhigt über die Qualität der bekannt gewordenen Schadsoftware. Sie sei „mit ‚Stuxnet‘ gleichzusetzen, der bislang mächtigsten bekannten Cyberwaffe, die mutmaßlich von den USA und Israel entwickelt wurde, um das iranische Atom-Programm zu sabotieren.“ Sie warnen: „Es könne eine Art Domino-Effekt geben, da die Energieversorger in Europa vernetzt sind. Würden mehrere Kraftwerke in Deutschland mit einer bestimmten Gesamterzeugungsleistung gezielt attackiert und auch nur zeitweise lahmgelegt, könne die Netzstabilität innerhalb der EU gefährdet sein.“ Erfreulicherweise gäbe es „bisher keine konkreten Hinweise für einen unmittelbar bevorstehenden Angriff in Deutschland.“³²⁶

Oder erfolgt der nächste Rüstungswettlauf mit Drohnen und Kampfrobotern? Werden demnächst handtellergroße, autonome Killerdrohnen die Gesichter ihrer Opfer erkennen und dann selbstständig attackieren? Der Kurzfilm „*Slaughterbots*“ (engl. „Schlacht-Roboter“) zeigt eine bedrohliche Zukunft von „intelligenten“ Killerdrohnen, die die Welt bevölkern. Einer der ersten Sätze lautet: „Nuklear ist veraltet. Schalte deinen kompletten Feind praktisch risikofrei aus. Charakterisiere ihn, lass den Schwarm los und ruhe dich aus.“³²⁷ Der Kurzfilm beginnt mit einem Vertreter eines Rüstungsunternehmens, der für das neueste Produkt seines Unternehmens wirbt: Eine handtellergroße, mit Explosivmaterial gefüllte Drohne

³²⁵Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/157935/umfrage/laender-mit-den-hoehsten-militaerausgaben/>.

³²⁶Matthias Gebauer: „Cyber-Abwehrzentrum warnt vor Stromausfall in ganz Europa“ in *Spiegel online* vom 24.08.2018 ([http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sicherheitsbehoerden-halten-europawai-ten-stromausfall-nach-hackerangriff-fuer-moeglich-a-1224727.html](http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/sicherheitsbehoerden-halten-europawei-ten-stromausfall-nach-hackerangriff-fuer-moeglich-a-1224727.html)).

³²⁷Im Original: „Nuclear is obsolete. Take out your entire enemy virtually risk free. Just characterize him, release the swarm, and rest easy.“

mit einem künstlichen Intelligenzimplantat, das es ihr ermöglicht, Menschen zu finden, auf sie zu zielen und mit einer präzisen Detonation in Richtung des Schädels zu töten. „Man kann eine böse Ideologie ins Visier nehmen, genau dort, wo sie beginnt“, sagt der Vertreter des Herstellers und zeigt unter massivem Applaus auf seinen Kopf.³²⁸ Inzwischen gibt es Bestrebungen, autonome Waffen zu ächten. Ein gemeinsames Projekt der *University of California* in Berkeley, Professor Stuart Russell und dem *Future of Life Institute*, warnt vor dieser Art von Zukunft.³²⁹ Dort wurde auch dieser Kurzfilm produziert. Seine Erstaufführung fiel mit der *UN Convention on Certain Conventional Weapons* in Genf zusammen, wo über autonome Waffen diskutiert wurde. Denn alle drei größten Waffen-Exportnationen der Welt (USA, Russland, China) haben großes Interesse an unbemannten Waffensystemen gezeigt. Die Furcht vor einem Wettrüsten in Richtung auf voll autonome Kriegsmaschinen mit KI wächst. Der zunehmende Einsatz unbemannter bewaffneter Maschinen wird die Kriegsführung dramatisch verändern und neue humanitäre und rechtliche Herausforderungen mit sich bringen. Das wird eine „Verantwortungslücke“ schaffen, da es nicht klar ist, wer rechtlich für die Handlungen eines Roboters verantwortlich ist: Kommandant, Programmierer, Hersteller oder der Roboter selbst.³³⁰ Die Hoffnung, es würden dann weniger Menschen sterben, ist trügerisch. In den kriegerischen Konflikten seit 1945 sind angeblich 85 bis 90 % aller Opfer unbeteiligte Zivilisten gewesen: „Kollateralschäden“.³³¹

Die Drohnen sind inzwischen zu Mikrodrohnen miniaturisiert, die miteinander kommunizieren und dank intelligentem Schwarmverhalten als „kollektiver Organismus“ in beeindruckender Formation fliegen. Und dabei wollen Forscher doch nur Frieden stiften!³³²

³²⁸„Disturbing simulation shows power, terror of killer robots“ (Beunruhigende Simulation zeigt die Macht und den Schrecken der Killerroboter) auf YouTube vom 17.11.2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=KqoGacUu07I>) und Konstantin von Hammerstein, Marcel Rosenbach: „Killer ohne Seele“ in *Der Spiegel* Nr. 33/2018 S. 34.

³²⁹„Ban Lethal Autonomous Weapons“ (Tödliche autonome Waffen verbieten) auf <https://autonomousweapons.org/> und *Future of Life Institute* (Institut für die Zukunft des Lebens) auf <https://futureoflife.org>.

³³⁰Kampagne gegen „Killerroboter“ (<https://www.stopkillerrobots.org/the-problem/>).

³³¹,85–90 Prozent aller weltweiten Kriegsopfer sind Zivilisten“ in *Versicherungsbote* vom 21.05.2014 (<https://www.versicherungsbote.de/id/4796819/Krieg-Opfer-90-Prozent-Zivilisten-Irak-Afghanistan/>).

³³²Chris Westphal: „US-Militär: Perdix-Mikrodrohnen zeigen intelligentes Schwarmverhalten“ in *Drohnen* am 25.01.2017 (<https://www.drohnen.de/14495/PERDIX-MIKRODROHNEN/>); „Forscher stiften Frieden“ in *bild der wissenschaft* 5/2017 vom 18.04.2017 (<https://www.wissenschaft.de/MAGAZIN/BDW-ARCHIV/BILD-DER-WISSENSCHAFT-05-17/>).

Die Rechtfertigung für Tötungsmaschinen treibt seltsame Blüten. Ronald Arkin, Professor für Informatik am *Georgia Institute of Technology*, entwickelt einen „ethischen Leitfaden“, einem Paket aus Soft- und Hardware, das Robotern sagt, wann und was sie feuern sollen. Er argumentiert, dass Roboter nicht nur programmiert werden können, um sich auf dem Schlachtfeld ethischer zu verhalten, sondern dass sie auch in der Lage sein könnten, besser zu reagieren als menschliche Soldaten, um „klügere Entscheidungen zu treffen, als ein Mensch treffen könnte“ und „letztendlich mehr Leben zu retten“.³³³ Schon Barack Obama warnte vor einem „Rüstungswettlauf im Netz“, denn „das Internet wurde militarisiert“, und „bald könnte die digitale Aufrüstung Menschenleben kosten“. Von wegen: „Im Cyberkrieg fließt wenig Blut“.³³⁴

Nukleare Abschreckung war gestern

Der neue „kalte Krieg“ ist unsichtbar. Kein Staat hält Militärparaden ab und präsentiert baumgroße Nuklearraketen. Es gibt keine Atomtests und keine Anreicherung spaltbaren Materials. Im *Cyberwar*, dem Krieg im Zeitalter der Kybernetik, sterben keine oder wenige Soldaten. Die zu Feinden erklärten Organisationen (Staaten, Terrorgruppen, Individuen) werden nicht zwangsläufig eingäschert oder zerbombt, sondern ihre Infrastruktur wird zerstört.

Schon heute sind die militärischen Opferzahlen gering, die zivilen hoch. Die Vereinigung „Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges“ (*International Physicians for the Prevention of Nuclear War*, IPPNW) schätzt die Gesamtzahl der Todesopfer der Kriege und Kriegshandlungen im Irak, in Afghanistan und in Pakistan (des „Krieges gegen den Terror“ nach den Anschlägen vom 11. September 2001) auf weit über eine Million.³³⁵

Und zum Schluss des Hacker-Kapitels ein Bonmot aus einem persönlichen Gespräch mit einem *Cyber Security Officer*: „Wir haben mehr Angst vor einem dummen User als vor einem Profi-Hacker. Bei dem können wir

³³³RBR-Stab: „Ronald Arkin Builds Warrior Robots Their Own Ethical Governor“ auf *Robotics Business Review* vom 14.09.2012 (https://www.roboticsbusinessreview.com/ai/ronald_arkin_builds_warrior_robots_their_own_ethical_governor/). Ronald Arkin: „Governing Lethal Behavior in Autonomous Robots“, Chapman and Hall, London 2009.

³³⁴Georg Mascolo: „Staaten verwandeln das Internet in ein Schlachtfeld“ in *Süddeutsche Zeitung* vom 30.04.2018 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/krieg-im-netz-staaten-verwandeln-das-internet-in-ein-schlachtfeld-1.3958043>).

³³⁵Christian Dewitz: „Rund 1,3 Millionen Tote durch „Krieg gegen den Terror“ in *Bundeswehr-Journal* vom 31.03.2015 (<http://www.bundeswehr-journal.de/2015/rund-13-millionen-tote-durch-krieg-gegen-den-terror/>).

wenigstens abschätzen, was er tun wird.“ Und noch eine Kleinigkeit: Der Kolumnist Adrian Lobe kommentiert den digitalen Wandel in einem eigenen Blog und warnt dort u. a. auch davor, dass durch einen „visuellen Hacker“ wertvolle Informationen nicht „durch eine elaborierte Spähsoftware abgegriffen werden, sondern durch schlichtes Zugucken“. ³³⁶

3.7 Social Scoring und 9683 km bis China

Viele feierten das Internet, speziell die sozialen Netze, anfangs als demokratische Institution, als Ort der Begegnung, als Raum für freie Meinungsäußerung. An vielen Stellen ist es jedoch zum Forum für Propaganda, *Fake News*, Hassparolen oder Diskriminierung Andersdenkender verkommen. Eine asoziale Entwicklung. Die größte Gefahr für die Demokratie, so sagte der Jurist und SPD-Politiker Klaus von Dohnanyi in einer Talkshow, sei „der Verlust von Vertrauen in das, was *wahr* ist.“ ³³⁷

Da kommen die Philosophen zum Zuge, die sagen, dass Technologie selber wertneutral sei. Jede technische Entwicklung berge in sich die Anwendungsmöglichkeit zum Guten wie die zum Bösen (Sturmgewehre, Giftgas und Kampfdrohnen einmal ausgenommen). Der Wirtschaftsethiker Thorsten Busch hält dagegen: „Technik ist niemals neutral“, denn „in technischen Lösungen sind immer die Werte derer eingebaut, die sie erfunden haben, und derer, die sie finanzieren.“ ³³⁸ In der Tat hinkt der hier übliche Vergleich, man könne mit einem Hammer einen Nagel einschlagen oder einem Menschen den Kopf einschlagen. Es ist falsch, aus *einem* Beispiel auf das Allgemeine zu schließen, z. B. auf die „Neutralität der Technik“. Im Rollator ist wenig Böses und in der Atombombe wenig Gutes. Da von der IT-Industrie meist die positiven Seiten (und nur sie) hervorgehoben werden, soll hier auch die Kehrseite der Münze beleuchtet werden. Denn zu viele beschäftigen sich mit der Frage, was die Technik machen kann. Und zu wenige damit, was wir Menschen mit der Technik machen wollen und was nicht.

³³⁶Adrian Lobe: „Lobes Digitalfabrik“ auf *Spektrum.de* (<https://www.spektrum.de/kolumne/lobes-digitalfabrik/>), dort „Der Hack mit den Augen“ vom 15.05.2018 (<https://www.spektrum.de/kolumne/der-hack-mit-den-augen/1565310>).

³³⁷„Markus Lanz“ im ZDF vom 21.11.2018, 23:00 (<https://www.zdf.de/gesellschaft/markus-lanz/markus-lanz-vom-21-november-2018-100.html>).

³³⁸Peter Sennhauser: „Ethik in der Digitalisierung“ in *swisscom* vom 04.12.2017 (<https://www.swisscom.ch/de/business/enterprise/themen/digital-business/ethik-in-der-digitalisierung.html>).

Ihr Sozialverhalten wird bewertet

Frau Wu war verzweifelt. Warum hatte man ihr den Kredit nicht gewährt wie ihrer Nachbarin? Sie hatte wie sie Stadtteilarbeit geleistet (20 Punkte), wohnte in derselben Gegend (nur 3 Punkte, aber wenigstens kein Abzug) und hatte nur ein Kind (15 Punkte). Lag es daran, dass sie bei Rot über die Straße gegangen war (-1 Punkt)? War ein Mittagessen-Lieferdienst mehr wert als ein Friseursalon? Hätte sie gar in die Partei eintreten sollen (200 Punkte)? Denn politisches Wohlverhalten wird generös belohnt.

Was sich anhört wie eine Episode aus dem Roman *1984* oder die Abrechnung beim jüngsten Gericht an der Himmelsthürme, ist in China Realität.³³⁹ In der Volksrepublik China gibt es ein Sozialkredit-System (engl. *Social Credits*), das auf verschiedene Datenbanken zugreift. In ihm werden beispielsweise die Kreditwürdigkeit, das Strafregister und das soziale und politische Verhalten von Unternehmen, Personen und weiteren Organisationen zur Ermittlung ihrer Reputation verwendet. Vorbild ist das Kreditsystem *Sesame Credit* von Alibaba. Es wird seit 2017 in mehreren Städten getestet und soll bis 2020 als Basisversion auf nationaler Ebene in Betrieb sein. Zusammen mit den öffentlichen Kameras und der Gesichtserkennung will der Staat so ein System zur möglichst totalen Kontrolle der Bürger installieren. In einigen Dörfern hängen bereits große Tafeln mit Fotos der Menschen mit Vorbildcharakter, denjenigen Bewohnern mit einem besonders guten Sozialkredit-Punktestand. Und Kommentaren wie: „Er besucht immer seine Eltern, respektiert die Nachbarschaft, hilft anderen, hält Versprechen, gehorcht dem Dorfkomitee.“ Einer der wichtigsten Strategen hinter Chinas Sozialkreditsystem ist ein Wirtschafts-Professor an der renommierten Peking Universität. Für ihn ist dieses System ein künftiger Grundpfeiler für die moralische Ordnung der chinesischen Gesellschaft.³⁴⁰

Dieses System, auch „gesellschaftliches Bonitätssystem“ genannt, dient auch der Marktregulierung mit Hilfe von *Big Data* und hat weitreichende Folgen für Unternehmen in China. Oberstes Ziel ist es, automatisierte Mechanismen zur Wirtschaftslenkung einzurichten. Es bietet Unternehmen Anreize, Entscheidungen nicht nur im Einklang mit staatlichen Geset-

³³⁹Lachen Sie mit Jürgen von der Lippe: „Hochwürden und die Abrechnung“ (<https://www.youtube.com/watch?v=WG8IhfxFWEg>).

³⁴⁰„Chinas Sozialkredit-System: Auf dem Weg in die IT-Diktatur“ im *Deutschlandfunk* vom 05.09.2017 (http://www.deutschlandfunkkultur.de/chinas-sozialkredit-system-auf-dem-weg-in-die-it-diktatur.979.de.html?dram:article_id=395126) und „China schafft digitales Punktesystem für den ‚besseren‘ Menschen“ in *Heise online* vom 01.03.2018 (<https://www.heise.de/newsticker/meldung/China-schafft-digitales-Punktesystem-fuer-den-besseren-Menschen-3983746.html?seite=all>).

zen und Vorschriften zu treffen, sondern auch in Übereinstimmung mit industriepolitischen und technologischen Vorgaben der Regierung. Damit könnte es Transparenz und Vertrauenswürdigkeit stärken sowie das sozial- und umweltverantwortliche Verhalten von Unternehmen fördern. Und sie greifen begeistert danach.³⁴¹ Das Smartphone-Bezahlssystem *WeChat* hatte Ende 2018 schon über eine Milliarde Nutzer, und jährlich werden darüber Transaktionen im Wert von mehreren Billionen (1000 Mrd.) Euro abgewickelt. Das heißt: Die erfolgreichsten *Social-Media*-Innovationen kommen nicht mehr aus dem Silicon Valley, sondern aus China.³⁴²

In der „alten Zeit“ war Geld der Ansporn und die Belohnung in der Gesellschaft. In der digitalen Zeit sind es Anerkennung und digitalisierte Tugendhaftigkeit – nämlich „Sozialpunkte“. Wer zu wenige Punkte hat, wird nicht nur geschnitten wie in engen dörflichen Gemeinschaften, sondern er kann auch kein Flug- oder Zugticket kaufen oder eine gute Wohnung anmieten.

Das „Amt für Ehrlichkeit“ in der Stadt Rongcheng legt fest, wie man sich „verantwortungsvoll“ verhält. Geldspenden an die Partei erhöhen die Punktzahl, Kritik an ihr ... na ja. Bis 2022 sollen private und staatliche Datenbanken miteinander verknüpft werden. „Die Kombination aus Leninismus und Digitalisierung hat einen Überwachungsstaat hervorgebracht, wie es ihn noch nie gab. Das Internet, in westlichen Demokratien als Medium der freien Rede verstanden, wird in China zunehmend als Mittel der sozialen Kontrolle eingesetzt, als Stimmungsbarometer und Steuerungsinstrument.“³⁴³ Auch die Lehrer können aufatmen: China testet KI-Programme zur Benotung von Schulaufsätzen. „In einem Viertel aller Schulen mit 120 Millionen Schülern wird ein KI-Programm verwendet, das die Logik und Bedeutung von Texten versteht, eine menschenähnliche Beurteilung über die Qualität abgibt, die Aufsätze benotet und den Schülern Empfehlungen für Verbesserung im Stil, in der Struktur und der Themen gibt.“³⁴⁴ Das Programm *versteht* die Bedeutung von Texten?!

³⁴¹Quelle und umfangreiche weiterführende Information in Mirjam Meissner: „Chinas gesellschaftliches Bonitätssystem“ auf MERICS (*Mercator Institute for China Studies*) vom 03.08.2017 (<https://www.merics.org/de/china-monitor/content/518#2121> oder als PDF https://www.merics.org/sites/default/files/2017-09/China%20Monitor_39_SOCS_DE.pdf).

³⁴²Christian Stöcker: „Zuckerbergs Theorem“ in *Spiegel online* vom 10.03.2019 (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/facebook-warum-kehrt-mark-zuckerberg-von-seinem-theorem-ab-a-1256929.html>).

³⁴³Christian Esch et al.: „Sehnsucht nach dem starken Mann“ in *Der Spiegel* Nr. 24 vom 09.06.2008 S. 13.

³⁴⁴Florian Rötzer: „China testet KI-Programm zur Benotung von Schulaufsätzen“ auf *Heise online* vom 30.05.2018 (<https://www.heise.de/tp/features/China-testet-KI-Programm-zur-Benotung-von-Schulaufsaetzen-4060642.html>).

Im Gegensatz zu Frau Wu (frei erfunden) am Anfang des Kapitels bekam die bekannte chinesische Geschäftsfrau Dong Mingzhu, die einen großen Klimaanlagen-Konzern leitet, echte Probleme. Sie wurde öffentlich an den Pranger gestellt, weil sie eine Straße trotz einer roten Ampel überquerte. Über die Personalausweis-Daten werden Foto und Name auf großen Bildschirmen angezeigt. Allerdings saß sie zur selben Zeit im Büro. Das System hatte nicht sie selbst, sondern lediglich ihr Foto erkannt, das als Werbung an einem Bus angebracht war. Wie gut, dass sie nicht selbst dort war, sonst wäre sie auch noch zur Abschreckung mit Wasser besprührt worden.³⁴⁵ Auch der 50-jährige Yang Yiwei ist mit der Gesichtserkennung unzufrieden. Zwar hat er gerade im Restaurant *Kentucky Fried Chicken* automatisch damit bezahlt, aber nun gibt das Toilettenhäuschen im berühmten Himmelstempel-Park in Peking nur 60 cm Papier pro Gesicht frei. Das soll Papierverschwendungen verhindern, und bedient sich jemand mehrfach, merkt das der Automat und weist ihn höflich ab.³⁴⁶

China ist beim Einsatz von Gesichtserkennung weltweit führend. Es gibt dort geschätzte 176 Mio. Überwachungskameras, bis 2020 sollen es mehr als 600 Mio. sein. Die chinesische Regierung will die Videoüberwachung „allgegenwärtig, vollständig vernetzt, immer funktionstüchtig und voll steuerbar“ machen. Sünder könnten langfristig zum Bürger zweiter Klasse degradiert werden, und es soll ihnen schwer gemacht werden, „einen einzigen Schritt zu tun“. Denn ihr Bewegungsprofil wird vollständig erfasst. *Face++* nennt sich der chinesische Marktführer und bietet auch *Gaze Estimation* („Blickschätzung“) an („... kann die Blickrichtung in Bildern schätzen und hochpräzise Augenmittelpositionen und Blickrichtungsvektoren berechnen“) und *Emotion Recognition* („Emotionserkennung“) mit „Vertrauenswerten für verschiedene Arten von Emotionen“. Im Angebot sind sogar *Beauty Scores* („Schönheitswerte“) und *Skin-status Evaluation* mit der Werbung: „Bewerten Sie den Hautzustand der erkannten Gesichter und erkennen Sie häufige Hautprobleme wie Akne, dunkle Ringe und Flecken im Gesicht.“³⁴⁷

³⁴⁵ „Gesichtserkennung verwechselt Bus mit Fußgänger“ in FAZ.net vom 23.11.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/gesichtserkennung-in-china-verwechselt-bus-mit-fussgaenger-15905254.html>) und „Überwachung in China: Dusche für Verkehrssünder“ (<https://www.youtube.com/watch?v=8owwrVA-bqY>).

³⁴⁶ Axel Dorloff: „Mit Gesichtserkennung in Richtung Massenüberwachung“ in Deutschlandfunk vom 17.04.2018 (https://www.deutschlandfunk.de/china-mit-gesichtserkennung-in-richtung-masseneuberwachung.1773.de.html?dram:article_id=415748).

³⁴⁷ Zitate von der *Face++*-Webseite (<https://www.faceplusplus.com>). Siehe auch Yvonne Salmen: „Bezahlen per Gesichtserkennung: Hat dieser Trend aus China auch bei uns Zukunft?“ auf Trends der Zukunft vom 12.03.2017 (<https://www.trendsderzukunft.de/bezahlen-per-gesichtserkennung-hat-dieser-trend-aus-china-auch-bei-uns-zukunft/>).

Wer will in einem solchen System auffallen, etwas „Unkorrektes“ tun?! Da bekommt der Begriff *Political Correctness* (PC) eine ganz neue Bedeutung! Sie werden jetzt sagen, dass das sicher nur skurrile Ausnahmen sind – aber vielleicht sind es ja auch Symptome wie ein kleiner brauner Fleck, der tödlichen Hautkrebs andeutet? Denn sind Menschenrechte, Persönlichkeitsschutz oder Privatsphäre nur Themen für utopische Träume und Sonntagsreden oder sind sie konkrete Lebensnotwendigkeiten? Die Partei bezeichnet das System als „aufgeklärte Demokratie“ und nennt es „vertrauensbildend“, doch es ist die „Neuerfindung der Diktatur“.³⁴⁸ Aber im chinesischen Weltbild steht statt des Individuums die Gesellschaft im Mittelpunkt – und daher haben die meisten Bürger nichts dagegen.

Chinas Staatsführung hat jedoch eine ganz spezielle Vorstellung von einer guten Regierungsform – und der Großteil der Bevölkerung ebenso. Einer der Chefideologen, Zhang Weiwei, Direktor des China-Institutes an der *Fudan University*, weist darauf hin, dass es demokratische Wahlen in der Welt erst seit hundert Jahren gibt, weise Herrscher aber seit Jahrtausenden. Die Regierung soll das tun, was gut für die Menschen ist – Freiheit und Privatleben sind dem untergeordnet, Wohlstand und Sicherheit zählen mehr. Ihre Legitimation beruht auf Kompetenz und Erfahrung, nicht auf „allgemeinen Wahlen und dem Mehrparteien-Wettbewerb“. Denn „die Kommunistische Partei Chinas hat [eine alte] Tradition an das moderne China angepasst und ein System zur Auswahl ihrer Führer nach Verdienst und Leistung aufgebaut.“³⁴⁹ Unter der Führung von Xi Jinping hat China einen Krieg gegen den Dissens entfacht, indem es mit *Big Data* und KI alle wahrgenommenen Bedrohungen für die Stabilität der regierenden Kommunistischen Partei vorhersagen und beseitigen kann. Niemanden wundert es, dass dazu mehr als 200 Unternehmen aus der Autoindustrie den chinesischen Behörden mehr als 60 verschiedene Datenwerte von Autofahrern in Echtzeit übermitteln.³⁵⁰

China ist geografisch 9700 km von uns entfernt – aber es ist näher, als wir denken. Denn *Social Scoring* gibt es ja auch schon bei uns, wenn Ihr

³⁴⁸Kai Strittmatter: „Die Neuerfindung der Diktatur: Wie China den digitalen Überwachungsstaat aufbaut und uns damit herausfordert“, Piper, München 2018, Kindle Edition.

³⁴⁹Zhang Weiwei: „In China, Unlike Trump's America, Political Legitimacy Is Built On Competence And Experience“ in *HuffingtonPost* vom 03.03.2017 (https://www.huffingtonpost.com/entry/china-communist-party-rule_us_58b7363fe4b019d36d1052ed).

³⁵⁰Erika Kinetz: „In China, your car could be talking to the government“, Agenturmeldung AP vom 30.11.2018 (<https://www.apnews.com/4a749a4211904784826b45e812cff4ca>) und „Deutsche Hersteller übermitteln Positionsdaten an Chinas Regierung“ in *Spiegel online* vom 05.12.2018 (<http://www.spiegel.de/auto/aktuell/volkswagen-bmw-daimler-liefern-daten-an-china-a-1241698.html>).

Flugpreis abhängig davon ist, mit welchem Computer Sie danach suchen: Ein betuchter Besitzer eines 15-Zoll *Apple MacBook Pro* der siebzehnten Generation zahlt etwas mehr. Auch die deutsche *Schufa* Schutzgemeinschaft für allgemeine Kreditsicherung) hat ein ausgeklügeltes Verfahren für den persönlichen *Score* von fast jedem von uns, verzichtet aber immerhin auf *Social Scoring*. Sie speichert Daten über 67 Mio. Bürger.³⁵¹ Manche halten es für „ein Problem, wenn ein privatwirtschaftliches Unternehmen eine dubiose Datengrundlage zur Verfügung stellt, mit deren Hilfe Leute daran gehindert werden, am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen.“ Es ist die Frage, ob das Unternehmen ein „Verbrauchergerechtes Scoring“ betreibt, wie es der Sachverständigenrat für Verbraucherfragen (SVRV) fordert. Denn „Hunderttausende Entscheidungen täglich stützen sich auf das Urteil der *Schufa* – beim Handyvertrag, Hauskredit oder der Mietwohnung. Doch viele Menschen werden unverschuldet zum Risiko erklärt.“ Daher verlangt der SVRV, dass Scoring-Anbieter den Verbrauchern „die für sie wesentlichen Merkmale und auch deren Gewichtung auf verständliche und nachvollziehbare Weise offenlegen“.³⁵² Zudem erfolgen viele solcher Prüfungen vom Kunden unbemerkt. Von den 30 größten Online-Shops in Deutschland sollen 27 prüfen, ob man überhaupt bezahlen kann oder vertrauenswürdig genug ist. Beim Klick auf den unscheinbaren Button „Zur Kasse“ entscheidet ein Computer darüber, ob die Bestellung vielleicht sogar gänzlich abgelehnt wird – womöglich nur, weil man in der falschen Straße wohnt.³⁵³

KI erforscht unsere Emotionen und unseren Charakter. Vielleicht gibt es bei uns demnächst einen adaptiven virtuellen Assistenten, der individuelle Lawinenwarnungen aufgrund der Charaktereigenschaften der Skifahrer abgibt:³⁵⁴

³⁵¹ „Wie funktioniert Scoring bei der SCHUFA?“ auf *Schufa*-Seite (<https://www.schufa.de/de/ueberuns/daten-scoring/scoring/scoring-schufa/>) und Maria Marquart: „Umstrittene Bonitätsbewertung – Wie Sie die geheime Schufa-Formel knacken können“ in *Spiegel online* vom 15.02.2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/kreditwuerdigkeit-wie-die-schufa-formel-zu-knacken-ist-a-1193522.html>).

³⁵² Margarete Stokowski: „Schufa – Selber dystopisch“ in *Spiegel online* vom 04.12.2018 (<http://www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/schufa-selber-dystopisch-kolumne-a-1241818.html>), „Verbrauchergerechtes Scoring“, Paper des SVRV aus 10/2018 (<http://www.svr-verbraucherfragen.de/dokumente/verbraucher-gerechtes-scoring/>) und SPIEGEL Data und BR Data: Scoring-Studie 2018 (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/schufa-so-funktioniert-deutschlands-einflussreichste-askunftei-a-1239214.html>).

³⁵³ „Versteckte Schufa-Prüfung: So wirst du beim Online-Shopping heimlich durchleuchtet“ auf *futurerezone* vom 03.12.2018 (<https://www.futurezone.de/digital-life/article215930381/Versteckte-Schufa-Pruefung-So-wirst-du-beim-Online-Shopping-heimlich-durchleuchtet.html>).

³⁵⁴ Es wird daran geforscht: AVALANCHE (Adaptiver, Virtueller Assistent zur Lawinenwarnung Nach Charakter Eigenschaften) ist ein vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) gefördertes Projekt der TU Berlin (https://www.kmodys.tu-berlin.de/menue/aktuelle_projekte/avalanche/). Engl./franz. *avalanche* = „Lawine“.

In China jedoch geht man mit den Segnungen der weltweiten Vernetzung locker um. Zum Beispiel werden die elektronischen Türschlösser in Hotels von der Polizei geliefert. Die bekommt jedes Mal ein Signal, wenn eine solche Tür geöffnet wird. Wenn dann in einer Nacht diese Tür siebenmal geöffnet wird, schaut man mal nach, weil es sich um Drogenhändler oder Prostituierte handeln könnte. Denn normalerweise geht man ja nicht siebenmal in einer Nacht aus seinem Hotelzimmer. Auch die Kameras in jedem Hotel sind von der Polizei. Das ist wirklich Orwells „1984“.

China setzt voll auf *Big Data* und KI, um den perfekten Überwachungsstaat zu schaffen. Der Mensch wird zum Rohstoff der Wirtschaft und zum geölten Rädchen im Staatsbetrieb. Sich zu verstellen wird den Chinesen zur zweiten Natur oder ist es schon geworden, denn freies unabhängiges und nicht gelenktes Denken haben sie nicht gelernt. Es passt nicht in ihr autoritäres Gesellschaftssystem.³⁵⁵ Wenn *Big Data* die Informationen von über einer Milliarde begeisterter Smartphone-Nutzer zur Verfügung hat, dann kann man sich ausrechnen, wie schlau die Algorithmen durch *Deep Learning* werden.

Noch sind wir nicht in China, aber Bewertungen und Überwachung von Einzelpersonen durch Algorithmen gibt es auch bei uns. Nicht unbeobachtet – die Gruppe *AlgorithmWatch* wurde im Juni 2018 „für ihren Beitrag zu einer differenzierten Betrachtung von Algorithmen und deren Wirkmechanismen“ geehrt.³⁵⁶ Und nicht nur der CCC hat ein Auge darauf, auch zahlreiche andere Gruppen haben sich engagiert.³⁵⁷ Und bevor wir selbstgefällig mit dem Finger auf China zeigen, sollten wir die Rolle der *Five Eyes* in der NSA-Affäre nicht vergessen. Eines dieser „Augen“ (Australien) hat ein Gesetz beschlossen, das in- und ausländische Firmen künftig zwingt, beim Überwachen von Verdächtigen zu helfen. Dazu gehört z. B. das Entschlüsseln von Nachrichten und der nachträgliche Einbau von Spionage-Hintertüren in ihre Produkte. Ange-sichts von rund 175.000 nicht vollstreckten Haftbefehlen in Deutschland warten wir nur auf einen sicherheitsorientierten Innenminister, der den Einsatz von *Face++* auch bei uns auf den Weg bringt.³⁵⁸

³⁵⁵Mehr dazu in Kai Strittmatter: „Die Neuerfindung der Diktatur: Wie China den digitalen Überwachungsstaat aufbaut und uns damit herausfordert“, Piper, München 2018.

³⁵⁶ „Theodor-Heuss-Medaille 2018 für AlgorithmWatch“ auf *AlgorithmWatch* vom 21.06.2018 (<https://algorithmwatch.org/de/theodor-heuss-medaille-2018-fuer-algorithmwatch/>).

³⁵⁷U. v. a. „Jugend hackt“ auf <https://jugendhackt.org/>.

³⁵⁸„The Assistance and Access Bill“ auf der Webseite des australischen „Heimatministeriums“ vom 11.11.2018 (<https://www.homeaffairs.gov.au/help-and-support/how-to-engage-us/consultations/the-assistance-and-access-bill-2018>) und „Radek: Nicht vollstreckte Haftbefehle sind besorgnisregendes Alarmsignal“ auf GdP-Webseite vom 04.12.2018 (https://www.gdp.de/gdp/gdpupro.nsf/id/DE_Radek-Nicht-vollstreckte-Haftbefehle-sind-besorgnisregendes-Alarmsignal?open&ccm=000).

Natürlich werden auch alle Empfehlungen an uns durch Algorithmen generiert und liefern Daten für den Profit. *Netflix* ist ein Unternehmen, das Filme und Serien zu uns schickt. *Spotify* macht dasselbe mit Musik und Videos. Dort gibt es eine „*Discovery*“-Funktion, die den Kunden wöchentlich Lieder vorstellt, die sie noch nicht kennen, die ihnen aber gefallen könnten. *Spotify* kann nicht nur Playlisten generieren, die perfekt zum Musikgeschmack der Hörer passen, sondern es verändert mittlerweile auch die Art und Weise, wie Popsongs geschrieben werden.³⁵⁹ Die Auswahl der Algorithmen ist für ihre Treffsicherheit berühmt – wie auch die Kaufhinweise von Amazon. Alle diese Dienste bieten uns das an, was uns *wirklich* interessiert. Und eine der wichtigsten Fragen ist aktuell, „ob Algorithmen *read your mind* oder *change your mind* betreiben, also ob sie unsere Präferenzen nur erkennen oder auch steuern.“³⁶⁰ Mehr und mehr wird also deutlich, dass die Digitalisierung eine gesellschaftliche Revolution ist.

Die Digitalisierung ist eine gesellschaftliche Revolution

Revolutionen (im weitesten Sinne) zeichnen sich aus Sicht des Systemanalytikers durch zwei Besonderheiten aus (Abb. 3.11):

1. Das betrachtete System weist eine mehr oder weniger ausgeprägte Nichtlinearität auf,
2. Signale, die von einem relativ unbedeutenden Ursprung ausgehen, werden durch positive Rückkopplung und eben diese Nichtlinearität exponentiell verstärkt.

Beides soll hier erklärt werden. Beginnen wir mit der Nichtlinearität: Ein Radsportler trainiert für die *Tour de France*. Auf schnelles Antreten kommt es an, auf Beschleunigung. In der ersten Sekunde erreicht er 1 km/h, in der zweiten 2 km/h und so weiter. In der 30. Sekunde ist er 30 km/h schnell. Die Geschwindigkeit wächst linear, pro Sekunde um denselben Betrag.

³⁵⁹ „Die Magie eines Algorithmus: So funktioniert die Discovery-Funktion von Spotify“ in *t3n* vom 23.12.2015 (<https://t3n.de/news/spotify-algorithmus-discovery-667369/>) und Stefan Sommer: „Woher die Algorithmen von Spotify wissen, was wir zum Einschlafen hören wollen“ in *Bayerischer Rundfunk PULS* vom 25.01.2018 (<https://www.br.de/puls/musik/aktuell/spotify-the-echo-nest-discover-weekly-100.html>).

³⁶⁰ Dobrila Kontić: „Empfehlungen durch Algorithmen. Ein Horizont, so weit die Daten reichen“ in *Spiegel online* vom 19.06.2017 (<http://www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/algorithmen-empfehlungen-kunst-ein-horizont-soweit-die-daten-reichen-a-1152288.html>).

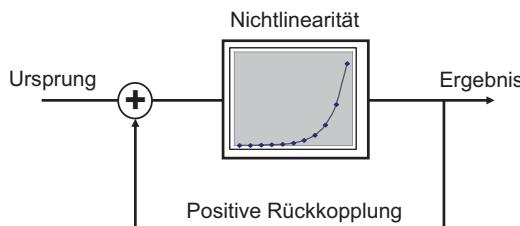


Abb. 3.11 Systembetrachtung von Revolutionen

Im zweiten Szenario wächst die Geschwindigkeit exponentiell, sie verdoppelt sich in jeder Sekunde. Das sehen Sie in Textkasten 3.9 bei der *Wer-Wird-Millionär*-Frage.

Ein Radfahrer erreicht in der ersten Sekunde 1 km/h. Danach verdoppelt sich seine Geschwindigkeit in jeder Sekunde.

Wie schnell ist er nach 30 Sekunden?

- a) 60 km/h
- b) 3.072 km/h
- c) 524.288 km/h
- d) 536.870.912 km/h

Textkasten 3.9 Die *Wer-Wird-Millionär*-Frage

„Verdopplung, das ist schon gravierend!“, denken Sie und vermuten b) oder c). Der Telefonjoker scheitert, weil schon das Verlesen der Frage und der Zahl bei d) zu lange dauert. „50:50“ nachgeschoben löscht a) und b). Also c) – und Gratulation zu 500 €, auf die Sie von der 64.000-€-Frage heruntergefallen sind. Mit exponentiellem Wachstum ist nämlich nicht zu spaßen! Der Wert bei c) wurde nach 20 s erreicht – und danach zieht das System so richtig an: eine der Tücken der Nichtlinearität, dass sie anfangs harmlos daherkommt.

Eine bekannte Geschichte dazu ist der „Josephspfennig“. Dort geht man von folgenden Annahmen aus:³⁶¹

- Josef von Nazaret legt den Betrag von 1 €-Cent am 25. Dezember im Jahre 0 an.
- Das Geld wird für genau 2000 Jahre angelegt.
- Die Geldanlage und die Zinsgewinne bleiben bis zum Ende des Zeitraums auf einem Sparkonto und werden mit 5 % verzinst.

³⁶¹Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Josephspfennig>.

Dann besäßen seine rechtmäßigen Erben heute ungefähr 421 Mrd. Erden aus Gold. Selbst wenn der Zinsfuß statt der 5 % in den Beispielen nur die heute üblichen mickrigen 1 % beträgt, bringt 1 Cent in 2000 Jahren stattliche 4.392.862,05 €.³⁶²

Der Ursprung (engl. *seed*, Same) ist in vielen Fällen etwas sehr Einfaches: der Faustkeil, das Feuer, das Rad, die Landwirtschaft, die Dampfmaschine, die Elektrizität, die Eisenbahn, das Erdöl ... der Computer. Aber die Selbstverstärkung nach Abb. 3.11 durch Nichtlinearität und positive Rückkopplung führt zu einem Umbruch, einer Revolution. Zur „digitalen Revolution“, die viele jetzt beschwören. Und was ist die Erfindung des Rades gegen die Verbreitung von Facebook? 2 Mrd. Benutzer in 15 Jahren. Gut, damals gab es nur einen Bruchteil der Menschen, aber dieses über-exponentielle Wachstum hätte es nicht gegeben. Der Faustkeil war über eine Million Jahre das beherrschende Werkzeug.³⁶³

Ein anderes Beispiel: Wir haben ja das exponentielle Wachstum schon einige Male erwähnt, das in vielen Bereichen und besonders auch im IT-Bereich zu beobachten ist. Sie kennen ja sicher die „Weizenkornlegende“, die sich um die Entstehung des Schachspiels rankt.³⁶⁴ Der Erfinder des Schachspiels erbat sich von seinem König als Belohnung auf dem ersten Feld des Schachbretts ein Weizenkorn, auf dem zweiten Feld zwei, auf dem dritten Feld vier, dann acht, sechzehn usw. Man weiß, wo das endet: der zuerst freigiebige König musste schließlich passen. Auf allen Feldern eines Schachbretts zusammen wären es $2^{64} - 1$ oder 18.446.744.073.709.551.615 Weizenkörner geworden. Wenn 100 Gramm Weizen etwa 400 Körner sind, wären das 4.611 Mrd. Tonnen. „Die zweite Hälfte des Schachbretts“ – das ist für viele der Kipp-Punkt. Die erste Hälfte (2^{32} , ca. 10 Mrd. kleine Körner) ist noch undramatisch. Erst in der zweiten Hälfte „explodieren“ die Zahlen. Man könnte fast sagen, eine exponentielle Entwicklung verläuft am Anfang nahezu linear. Das macht sie so gefährlich.

Man sieht diese „explodierende“ Entwicklung gut an folgendem Beispiel: Das Humangenomprojekt zur Entschlüsselung der menschlichen DNA hat 13 Jahre gedauert, bis es das komplette menschliche Genom entschlüsselt hat, und mehr als 400 Wissenschaftler waren beteiligt. Es hat 3 Mrd. US\$ gekostet. Heute werden in kommerziellen Instituten Genome für 800 US\$ im Schnitt alle neun Minuten sequenziert.³⁶⁵

³⁶²Laut <http://www.zins-zinseszins.de/zinseszins-rechner/#calc>.

³⁶³Jürgen Paeger: „Unser afrikanischer Ursprung“ auf *Ökosystem Erde* von 2006 bis 2018 (http://www.oekosystem-erde.de/html/mensch_01.html).

³⁶⁴Man kennt sie auch als „Reiskorn-Parabel“ (Video in <https://www.youtube.com/watch?v=bWlauQEJIMU>).

³⁶⁵Guido Mingels: „Früher war alles schlechter“ in *Der Spiegel* Nr. 32 vom 04.08.2008 S. 50.

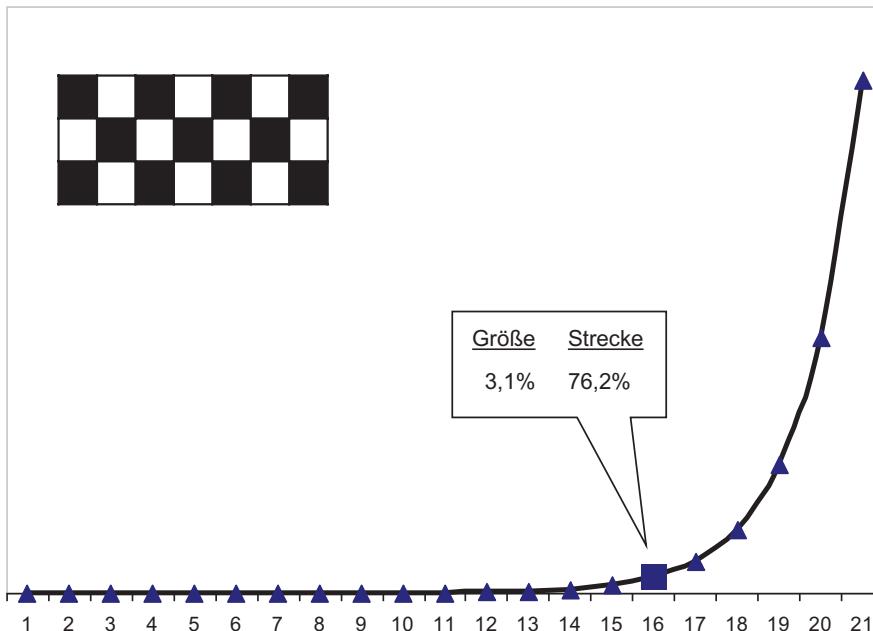


Abb. 3.12 Weizenkörner auf einem „Mini-Schachbrett“

Wir können das an einem „Mini-Schachbrett“ mit 21 Feldern illustrieren (Abb. 3.12). Auf dem 16. Feld liegen mit 32.768 Körnern erst 3,1 % so viele Körner wie auf Feld 21 (1.048.576 Stück), aber wir haben im Verdopplungsprozess schon über drei Viertel des Weges (76,2 %) zurückgelegt. Der Berliner würde hier sagen: „Wat wollnse denn?! Regen sich mal nich uff, issdoch noch *nüscht* passiert!“ Eine Art umgekehrte Pareto-Regel:³⁶⁶

Die Digitalisierung und insbesondere die künstliche Intelligenz (KI) gewinnen an Fahrt, gelangen immer mehr in den Fokus der öffentlichen Diskussion. Autonome Autos und Lufttaxis, intelligente Maschinen, Diagnose-Systeme, die das Wissen aller Ärzte übertreffen. Vielleicht sind wir schon auf dem 18. unserer 21 Felder (12,5 %/85,7 %) und wissen es nicht?! Wir sollten aufwachen.

Auch in kleinem Maßstab, individuell und nicht bezogen auf die gesamte Menschheit, sehen wir den Schmetterlingseffekt, der mit der Nichtlinearität in engem Zusammenhang steht: Eine Sekunde nicht aufgepasst, und ein

³⁶⁶Das oft zitierte „80-20-Prinzip“. Es gilt beispielsweise, wenn 80 % einer Gruppe über 20 % der Ressourcen der Gruppe verfügen, und 20 % dieser Gruppe 80 % der Ressourcen nutzen können. Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Pareto-Verteilung>.

Unfall verändert das ganze Leben. Ein falsches Wort, und dem Ehekrach folgt die Scheidung. Aber auch: Ein tiefer Blick und 30 Jahre Eheglück.

Autonomes Fahren – welches „Selbst“ fährt denn da?

Wir reden über Technik, denken Sie. Weit gefehlt, denn wir berühren die tiefsten philosophischen Fragen der Menschen. Autonomie heißt ja Selbstbestimmung – ein Individuum kontrolliert sich selbst, denn es hat ein „Ich“ (das manche Philosophen und Psychologen auch als das „Selbst“ bezeichnen), das unabhängig von äußeren Einflüssen handelt. Das ist etwas anderes als ein rein technisches Problem.

Der Philosoph Immanuel Kant hat uns die vier Grundfragen der Menschheit hinterlassen, die auch die Anforderungen an das autonome Fahren gut beschreiben, wenn man sie ein wenig zurechtbiegt:

1. Was kann ich wissen?
2. Was soll ich tun?
3. Was darf ich hoffen?
4. Was ist der Mensch?

Die erste Frage ist die nach der Erkenntnisfähigkeit – wie kann das System alle, wirklich alle für die jeweilige Fahrsituation relevanten Gegebenheiten erfassen? Die zweite Frage ist dann die nach dem maschinellen Entscheidungsprozess. Der dritte Punkt muss eigentlich vor dem zweiten beantwortet werden: welche Alternativen für einen günstigen Ausgang gibt es, was soll Ziel und Ergebnis der Entscheidung sein? Viertens – sozusagen als Grundmuster der Fragen nach der Simulation menschlichen Verhaltens: Wie ist es um *unsere* Autonomie bestellt? Treffen *wir* autonome verantwortungsvolle Entscheidungen? Sind wir vielleicht nur biologische Algorithmen (besonders auf der nicht reflektierten Ebene des Bewusstseins, siehe Abschn. 3.4), wie manche Wissenschaftler meinen?

Nehmen wir zur Illustration der Problematik einfach eine alltägliche Fahrsituation (persönliches Erlebnis), wie es in Abb. 3.13 illustriert ist: Ich fahre (relativ flott) auf der vorfahrtsberechtigten Bundesstraße 12³⁶⁷ und blinke links, um der abknickenden Vorfahrt zu folgen. In diesem Augenblick setzt sich Fahrzeug A, das eigentlich meine Vorfahrt beachten müsste, in Bewegung. Was tun?

³⁶⁷Für Absolventen des Abschn. 2.3: eine Entität des Typs „Straße“.

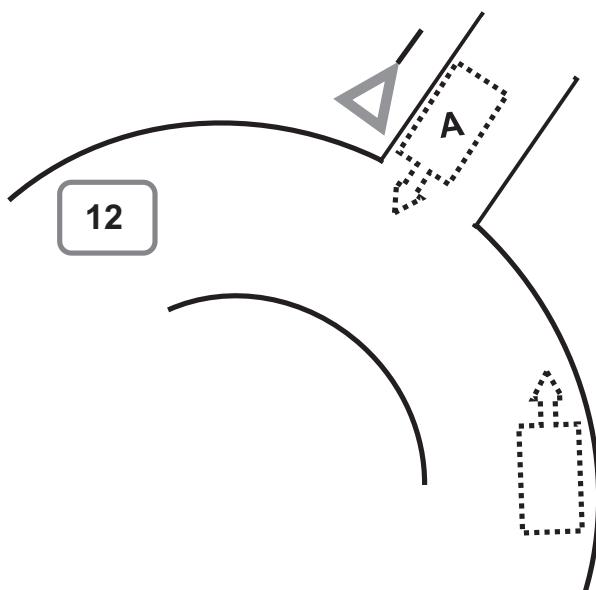


Abb. 3.13 Ein Entscheidungsproblem beim autonomen Fahren

- a) Ich steige voll in die Bremsen,
- b) ich ziehe nach innen (kein Gegenverkehr) und fahre vorne vorbei,
- c) ich fahre in großem Bogen hinter ihm vorbei.

Variante a) ist hoch riskant, denn ich bin schnell und in der Kurve. Es würde A verschonen, aber mich in den Graben schmeißen. Version b) würde mich vermutlich ins Schleudern bringen, je nachdem, wie schnell A anfährt. Mein erster unbewusster Impuls ist c), denn als Segler habe ich verinnerlicht, nie den Kurs eines anderen Schiffs am Bug zu kreuzen, sondern am Heck. Hinter ihm ab ins Feld, vermutlich am sichersten. Wie würden Sie entscheiden?

Aber nun taucht noch ein weiteres geisteswissenschaftliches Thema auf, die *Theory of Mind*. Das ist ein Begriff aus der Psychologie und den Kognitionswissenschaften und bezeichnet die Fähigkeit, eine Annahme über Bewusstseinsvorgänge in anderen Personen vorzunehmen und diese in der eigenen Person zu bewerten. Hier also zu erkennen, was A zu tun gedenkt.

Die Frage „Wie würden *Sie* entscheiden?“ verwandelt sich also nun in die Frage, wie Sie den entsprechenden Algorithmus programmieren würden. Denn jetzt muss sich der Computer entscheiden, was er zu tun gedenkt. Aber Algorithmen machen nur was sie sollen, sie handeln nur im Rahmen

ihrer Möglichkeiten. Was ist zu tun, wenn eine Kollision unvermeidlich ist? Muss die Software eine ethische Entscheidung treffen – und kann sie das überhaupt, „entscheiden“ wie ein Mensch?³⁶⁸

Merken Sie übrigens, dass wir oft, *zu* oft, über die Maschine in menschlichen Begriffen reden? „Anthropomorphismus“ (Vermenschlichung) nennt man das, das Zusprechen menschlicher Eigenschaften auf Tiere, Götter, Naturgewalten und Ähnliches. „Der spinnt mal wieder!“, sagen wir über unseren Computer. Manche glauben sogar, ihr PC würde sie hassen, weil sie mit ihm nicht klarkommen. Diese Vermenschlichung steht oft einer rationalen Beurteilung im Wege. Also nicht: „Denn jetzt muss sich der Computer entscheiden, was er zu tun gedenkt“, sondern: „Welche Regeln geben wir dem Algorithmus für diese Art von Situationen vor?“ Auch (nicht nur) deswegen meinen viele, Algorithmen wären undurchsichtig und unverständlich, weil wir sie nach menschlichen Kategorien beurteilen.

„Na, und wie ist es denn nun ausgegangen?“, fragen Sie. Alles löste sich in Wohlgefallen auf – a) und c) wären Quatsch gewesen. Und meine *Theory of Mind* erriet bzw. bemerkte sofort ein kurzes Zaudern bei A. Er hatte gemerkt, dass er keine Vorfahrt hatte. Und ich hatte gemerkt, dass er gemerkt hatte, dass er keine Vorfahrt hatte. Also nahm ich den Fuß etwas vom Gas und zog ohne Stress links an ihm vorbei. Ob *Firefly*, der Google-Roboterwagen, das auch gekonnt hätte?³⁶⁹ Und – nebenbei – das Ganze lief natürlich nicht so rational ab, wie hier geschildert. Sondern blitzschnell, ohne nachzudenken, auf der unbewussten „Ebene 1“ meines Bewusstseins.

Noch schwieriger wird das Problem – und zwar für jede Art von Intelligenz –, wenn ein Unfall unvermeidlich ist, noch dazu mit Personenschaden. Dann geht es an moralische bzw. ethische Fragen.³⁷⁰ Und das selbstfahrende Auto ist ja nicht nur ein Auto, das ohne Fahrer fährt. Es ist ein vernetzter Computer mit Rädern, der mit allem in seiner Umgebung kommuniziert. Sagt der Audi KI zum Tesla AI: „Komm, wir machen das unter uns aus!“ (Abb. 3.14) Denn die Hauptunfallursache, der unaufmerksame rechthaberische Mensch, ist ausgeschaltet. Sicher gibt es statt Diesel-fahrverbotszonen dann bald Menschenfahrverbotszonen. Dort können wir

³⁶⁸Paul Balzer: „Bitte was? – Ihr Auto verhält sich ethisch nicht korrekt!“ auf *Motorblog* vom 07.05.2014 (<http://www.cbcity.de/bitte-was-ihr-auto-verhaelt-sich-ethisch-nicht-korrekt>).

³⁶⁹„Die Google-Kugel verschwindet von der Straße“ in *Manager Magazin* vom 13.06.2017 (<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/google-google-holt-seine-kleinen-e-autos-von-der-strasse-a-1151926.html>).

³⁷⁰Ich verwende mal die Ausdrücke *Moral* und *Ethik* als weitgehend gleichbedeutend, obwohl man sie in der Philosophie unterscheidet.



Abb. 3.14 Kommunikation zwischen selbstfahrenden Autos (Frei nach Pixar Cars (<https://www.pixar.com/feature-films/cars/>).)

auf Verkehrsschilder genauso verzichten wie auf Rückspiegel und Blinker bei den Fahrzeugen.

Wenn *Big Data* „das Öl des 21. Jahrhunderts“ ist, dann ist das 5G-Netz das System der Pipelines. Und die Kommunikation zwischen autonomen Fahrzeugen kann nicht mit Morsezeichen erfolgen. Der Mobilfunkstandard „5G“ wird in den kommenden Jahren „4G“ ablösen und die Basis für autonomes Fahren und das Internet der Dinge legen, denn er ist bis zu 100-mal schneller. Damit könnten Sie eine ganze DVD in nur 3,6 Sekunden mobil laden. „5G ist also nicht nur irgendein neuer Mobilfunkstandard“, sondern „eine technologische Revolution“, denn „100 Mrd. Geräte können gleichzeitig funkeln.“³⁷¹ Die Entwickler wollen damit weltweit 100 Mrd. Mobilfunkgeräte oder andere Systeme gleichzeitig ansprechen – auch den Bauern „an der letzten Milchkanne“. Die chinesische Firma Huawei, bei der viele Konsumenten zuerst an Smartphones denken, ist der weltweit führende Mobilfunk-Ausrüster mit einem Marktanteil von fast 30 % – und sie investiert über 14 Mrd. US\$ in Forschung und Entwicklung.

KI und Moral

In der Moralphilosophie ist dies als das „Trolley-Problem“ bekannt, ein moralisches Gedankenexperiment. Dies ist die Geschichte: Angenommen, ein Eisenbahnwaggon (engl. *trolley*) macht sich selbstständig und rollt auf eine Gruppe von fünf Gleisarbeiten zu. Ein Bahnwärter sieht das sich anbahrende Unglück. Er könnte durch das Umstellen einer Weiche den

³⁷¹Norbert Lossau: „Jetzt wird das Internet 100 Mal schneller“ in Welt online vom 08.05.2018 (<https://www.welt.de/wissenschaft/article176189726/Mobiles-Internet-mit-5G-10-000-Megabit-pro-Sekunde.html>).

Waggon auf ein Nebengleis leiten, auf dem nur ein Arbeiter steht. Darf oder muss er sogar ein Leben opfern, um fünf zu retten?³⁷²

Umfragen zeigen, dass die meisten Menschen diese Frage bejahen. Doch nur wenige sind bereit, tatsächlich so zu handeln.³⁷³ Sie würden vielleicht noch die Weiche umstellen, aber wenn sie aktiv (in einer verschärften Variante der Fragestellung) einen dicken Mann vor den Wagen schubsen müssten, der ihn bremsen würde, täten sie es nicht. Die Dicke-Mann-Variante zeigt den Unterschied zwischen Philosophie und Psychologie. In der Philosophie gibt es das Prinzip des Utilitarismus (lat. *utilitas* Nutzen), das Prinzip, die Summe des Wohlergehens aller Betroffenen zu maximieren. Die Psychologie sagt uns dagegen, dass die Tötungshemmung stärker ist.

Hier stoßen philosophische Gedankenexperimente plötzlich mit der realen (Zukunfts-)Welt zusammen. Denn selbstfahrende Autos (und nicht nur sie) müssen plötzlich eine autonome Moralentscheidung treffen. Glaubt man. Dazu haben die Forscher des MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) eine „Moralmaschine“ entworfen. Sie schreiben dazu:

„Intelligente Maschinen werden zunehmend eingesetzt, um komplexe, vom Menschen durchgeführte Tätigkeiten zu unterstützen oder gar komplett zu übernehmen. Das Spektrum reicht von selbstfahrenden Autos auf öffentlichen Straßen bis hin zu autonom fliegenden, wieder verwendbaren Raketen, die auf selbstnavigierenden Schiffen landen. Der hohe Grad an Selbstständigkeit, der diesen intelligenten Maschinen hierbei zugestanden wird, kann dazu führen, dass sie Entscheidungen über Leib und Leben treffen müssen. Dies erfordert nicht nur ein besseres Verständnis dafür, wie Menschen solche Arten von Entscheidungen treffen, sondern auch dafür, wie Menschen den Entscheidungsprozess von intelligenten Maschinen beurteilen. Neueste Studien über die Ethik von Maschinen haben sowohl Presse als auch die Öffentlichkeit auf dieses Thema aufmerksam gemacht und ein Bewusstsein dafür geschaffen. Diese Webseite soll die Diskussion weiter vertiefen, indem sie eine Plattform bietet, die hilft 1) ein breites Meinungsbild darüber, wie Maschinen moralische Dilemmata lösen, zu ermitteln und 2) ein Forum zu bieten, in dem eine Öffentlichkeit die gesammelten, potenziell moralisch problematischen Szenarien diskutieren kann.“³⁷⁴

³⁷²Dargestellt z. B. in Eleanor Nelsen: „Würdest du eine Person opfern, um fünf zu retten?“ auf YouTube vom 12.01.2017 (https://www.youtube.com/watch?v=yg16u_bzjPE).

³⁷³Daniela Zeibig: „In realen Zwickmühlen entscheiden wir anders“ in *Spektrum* vom 17.05.2018 (<https://www.spektrum.de/news/in-realnen-zwickmuehlen-entscheiden-wir-anders/1566372>).

³⁷⁴Text und Beispiele aus <http://moralmachine.mit.edu/hl/de>.

Mir scheint aber, dass die Moralmaschine des MIT am Problem vorbeigeht. Zwar geben sie zu, dass sie nur ein Meinungsbild erfassen wollen, aber der Ansatz scheint doch auf der Grundannahme zu beruhen, dass Maschinen *überhaupt* ethische Entscheidungen treffen sollen. Diese Frage kennen wir ja schon von den autonomen Waffensystemen (s. Abschn. „[Im Cyberkrieg fließt wenig Blut](#)“). Und das lehnen ja viele grundsätzlich ab.

Weiter steht dort: „Willkommen bei der *Moral Machine*. Diese Plattform erfasst, wie Menschen zu moralischen Entscheidungen stehen, die von intelligenten Maschinen, wie z. B. selbstfahrenden Autos, getroffen werden. Wir zeigen moralische Dilemmata, bei denen sich ein führerloses Auto für das geringere Übel entscheiden muss, beispielsweise die Entscheidung, 2 Mitfahrer oder 5 Fußgänger zu töten. Als ein außenstehender Beobachter entscheidest du, welcher Ausgang deiner Meinung nach akzeptabler ist.“ Dann folgen Situationen, wie z. B.: Das selbstfahrende Auto wird im Fall eines plötzlichen Bremsversagens geradeaus weiterfahren und in eine Betonbarriere prallen. Das führt zum Tod von zwei Katzen und drei Hunden. Andernfalls wird es der Betonbarriere ausweichen und über einen Zebrastreifen auf der gegenüberliegenden Spur fahren. Das führt zum Tod einer männlichen Führungskraft, eines Kriminellen und dreier Obdachloser. Es sind aber auch ernsthafte und realistische Alternativen vorgesehen z. B. die Abwägung zwischen dem Tod von Fußgängern, die die Straße bei Rot überqueren, von Babys im Kinderwagen oder von Senioren.

Die Forscher des MIT wollen auf diese Weise die ethischen Einstellungen der Bevölkerung vermessen. Auf Basis ihrer Ergebnisse sollen dann die Moral-Algorithmen künftiger Roboterautos programmiert werden. Aber ist es nicht schon ein ethisches Problem, moralische Entscheidungen einer Maschine zu überlassen? Die von der Bundesregierung eingesetzte Ethikkommission lehnt es ab, dass Computer das Überlebensrecht von Menschen anhand persönlicher Merkmale bestimmen. Die Unantastbarkeit der Menschenwürde gilt für jeden gleich. Wird an dieser Stelle also ein Zufallsgenerator eingebaut? Denken wir daran, dass wir selbst in einer solchen Situation auch keine wohlüberlegte ethische Entscheidung treffen. Wir handeln nicht bewusst, sondern unbewusste Reflexe übernehmen die Kontrolle (wie auch in meinem Erlebnis auf der B 12).

Die Studie selbst ist auch in die Kritik geraten, denn richten sich ethischen Regeln danach, was eine Mehrheit der Menschen für richtig hält? Schließlich hat die „Moralmaschine“ gezeigt, wie fast vierzig Millionen Menschen aus 233 Ländern verschiedene Trolley-Dilemmata lösen würden.³⁷⁵ Immerhin ist

³⁷⁵Ulf von Rauchhaupt: „Unmoralische Maschinen“ auf FAZ.net vom 29.10.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/wissen/selbstfahren-autos-und-die-ethik-der-mehrheit-15859600.html>).

auch dieses Thema auf dem Weg in das öffentliche Bewusstsein – wenn auch weitgehend auf den Konferenzen der Fachleute.³⁷⁶ Manche jedoch setzen auf Machen statt Nachdenken: In Kalifornien und Arizona dürfen bereits Autos ohne jeden Fahrer auf öffentlichen Straßen unterwegs sein.

Der Philosoph Richard David Precht verurteilt die Auslagerung ethischer Entscheidungen in Maschinen. Er schreibt dazu: Wenn jemand im Fall eines unausweichlichen Unfalls „drei alte Damen statt eines Kindes überfahren würde, weil das Kind die insgesamt höhere Lebenserwartung hat, dann würden wir ihn für gestört halten.“³⁷⁷ Denn niemand entscheidet in einer solchen Situation rational, sondern auf der unbewussten „Ebene 1“. Durch einen Vorgang, den die Psychologen „Rationalisierung“ nennen, wird erst im Nachhinein gerechtfertigt, was wir im Affekt „entschieden“ haben. Deswegen lässt sich Moral nicht programmieren. Aber wenn es „Maschinen ohne Moral“ sein sollen, wie Precht vorschlägt, wer oder was hält sie dann im Zaum? Wenn sie „superintelligent“ sind, sind sie auch skrupellos. Oder werden sie die Asimov'schen Gesetze kennen und befolgen?

Technologie, Politik und Gesellschaft

Eigentlich (das kann man gar nicht oft genug betonen) ist das Wort „Technologie“ hier der falsche Begriff. Gemeint ist Technik, denn dafür steht es hier. Fälschlicherweise, denn Technologie ist eigentlich die „Wissenschaft von der Technik“, also eine begriffliche Ebene höher. Aber so kommt es, wenn man das englische Wort *technology* falsch übersetzt oder falsch benutzt, weil es vornehmer klingt.

Das Internet ist wie das Telefon oder der Buchdruck eine neuartige Kommunikationstechnik. Und bedeutsame technische Innovationen haben immer eine Auswirkung auf die Gesellschaft und damit auf die Politik, die mit ihr in Wechselwirkung steht. Sie werden zur „öffentlichen Sache“, zur *res publica* (lateinisch für „das Gemeinwesen“ oder „den Staat“). Deswegen heißt die größte Konferenz zu den Themen Digitalisierung und Gesellschaft in Europa auch *re:publica*. Gleichzeitig gehört die *re:publica* zu den weltweit außergewöhnlichsten Festivals für digitale Kultur.³⁷⁸

³⁷⁶Z. B. im „2018: Stuttgarter Zukunftssymposium Ethik und KI“ 23./24.11.2018 (<http://integratia-kongress.de/kongress/2018-stuttgarter-zukunftssymposium-ethik-und-ki>).

³⁷⁷Richard D. Precht: „Maschinen ohne Moral“ in *Der Spiegel* 48/2018 vom 24.11.2018, S. 78.

³⁷⁸Quelle: <https://re-publica.com/de/page/ueber-republica>. Übrigens ist das ein schönes Beispiel für ein typisches Textverarbeitungsproblem: Der „:“ ist für die Indizierung in Word ein Trennzeichen, deswegen steht im Index „re^opublica“.

Precht ist ebenso pessimistisch wie viele andere: „Die Digitalisierung bedroht alles, was ist.“ Er weist darauf hin, „dass die Digitalisierung nicht allein eine technisch-ökonomische Revolution ist, sondern dass sie die Lebensverhältnisse der Menschen umwälzt.“ Ihr eigentlicher Kern bestehe darin, „dass die Leistungs- und Arbeitsgesellschaft, wie wir sie bisher kannten, zu Ende geht.“ Sein Schluss: „Und das ist ein epochaler Umbruch. Bisher haben wir das Problem maßlos verniedlicht.“³⁷⁹ Elon Musk, der Gründer von Tesla, bläst in das gleiche Horn. Er bezeichnet KI als „Risiko für die Menschheit“ und warnt sogar „vor tögenden Robotern“.³⁸⁰ Auch Stephen Hawking und Bill Gates warnen drastisch vor künstlicher Intelligenz. Hawking orakelte: „Der Fortschritt der künstlichen Intelligenz könnte das Ende der Menschheit bedeuten“ und nennt unsere Zeit „Gefährlichster Zeitpunkt der Menschheitsgeschichte“.³⁸¹ Bill Gates gesteht: „Ich gehöre zu dem Lager, das sich Sorgen wegen einer Superintelligenz macht. Am Anfang werden die Maschinen viele Aufgaben für uns erledigen und nicht besonders intelligent sein. Das sollte positiv sein, sofern wir das gut verwalten. Ein paar Jahrzehnte später aber wird die Intelligenz groß genug sein, um für Beunruhigung zu sorgen.“³⁸²

Der Sozialpsychologe Harald Welzer vermisst einen „gesellschaftlichen Diskurs über Digitalisierung und künstliche Intelligenz“. Er sieht einen „Angriff auf die Voraussetzungen des sozialen Lebens in einer freiheitlichen Gesellschaft“ und fragt: „Moment mal – wer will das eigentlich? Und wenn ja, warum?“. Es muss sich ein „aufgeklärtes Verhältnis zur Technologie entwickeln“, denn „Die Probleme des menschlichen Zusammenlebens und des menschlichen Überlebens werden durch Digitalisierung und künstliche Intelligenz voraussichtlich nicht kleiner“. Er formuliert sogar ein Gesetz: „Künstliche Intelligenz wächst proportional zur künstlichen Dummheit.“³⁸³

³⁷⁹ „Die Digitalisierung bedroht alles, was ist“, Interview in *Der Spiegel* Nr. 17/2018 S. 78.

³⁸⁰ „Risiko für die Menschheit“ – Musk warnt vor künstlicher Intelligenz“ in *Handelsblatt* vom 07.05.2018 (<http://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/tesla-gruender-fordert-regulierung-risiko-fuer-die-menschheit-musk-warnt-vor-kuenstlicher-intelligenz/20069146.html>) und „AI bedroht Menschheit: Elon Musk warnt vor tögenden Robotern“ in *PCwelt* vom 17.07.2017 (<https://www.pcwelt.de/ai-bedroht-menschheit-elon-musk-warnt-vor-toetenden-robotern,3447436>).

³⁸¹ Stephen Hawking: „Gefährlichster Zeitpunkt der Menschheitsgeschichte“ in *IPG-Journal* vom 14.03.2018 (<https://www.ipg-journal.de/regionen/global/artikel/detail/gefaehrlichster-zeitpunkt-der-menschheitsgeschichte-2634/>).

³⁸² „Experte erklärt: Ein Milliardenmarkt könnte sich zur größten Bedrohung unserer Zeit entwickeln“ in *Business Insider* vom 17.07.2017 (<https://www.businessinsider.de/eine-der-groessten-bedrohung-unserer-zeit-kuenstliche-intelligenz-2017-7>).

³⁸³ Harald Welzer: „Ethik in Zeiten der Digitalisierung – Künstliche Dummheit“ in *taz futurzwei* No.7 vom 11.12.2018 (<http://www.taz.de/Ethik-in-Zeiten-der-Digitalisierung/!167918/>).

Diese Liste von Kassandra-Rufen ließe sich beliebig fortsetzen.³⁸⁴ Aber es gibt neben dem euphorischen Professor Schmidhuber auch Optimisten. Yvonne Hofstetter meint, die KI „könnte uns einen ökonomischen Neustart verschaffen, den Wiederanlauf einer stagnierenden Weltwirtschaft, aber gleichzeitig auch die Neugeburt unserer Gesellschaft. [...] In zwanzig Jahren werden wir keinen PC und kein Smartphone mehr brauchen – *unsere Umgebung wird der Computer, ein einziger Großrechner, sein.*“³⁸⁵ Die Politiker erschöpfen sich und uns mit Forderungen nach schnellen Netzen und dem Programmierunterricht im Kindergarten. Die großen und weit reichenden gesellschaftlichen Antworten auf die wichtigen Fragen fehlen. Sollte Bertolt Brecht Recht behalten mit seinem „Lied von der Unzulänglichkeit des menschlichen Strebens“ in der Dreigroschenoper: „Denn für dieses Leben ist der Mensch nicht schlau genug“?

Das führt uns direkt zum Thema „Technikfolgenabschätzung“. Was passiert, wenn Maschinen klüger sind als wir (und dazu gehört ja nicht viel!)? Werden sie die Menschheit dezimieren, damit wenigstens *sie* die Klimaziele erreichen, die Erde nicht vermüllen und nicht Tausende anderer Spezies ausrotten? Oder werden sie wie *Tay* aus falschen Daten gelernt haben und ähnlich kurzsichtig sein wie wir?

Der Philosoph und Neurowissenschaftler Samuel „Sam“ Harris stellt in einem hörenswerten Vortrag (den über 3,8 Mio. angeklickt haben) die Frage: „Können wir eine KI aufbauen, ohne die Kontrolle darüber zu verlieren?“³⁸⁶ Ihn beunruhigt vor allem die Tatsache, „dass wir nicht in der Lage zu sein scheinen, eine angemessene emotionale Reaktion auf die Gefahren zu entwickeln, die vor uns liegen.“ Seine Sorge ist, dass „wir eines Tages Maschinen bauen werden, die – ob sie bewusst sind oder nicht – uns mit ähnlicher Missachtung behandeln könnten wie wir Ameisen, die einem geplanten Bauprojekt im Wege sind.“ Diese Sorge beruht auf drei logischen Annahmen: Erstens, dass „Intelligenz eine Frage der Informationsverarbeitung in physikalischen Systemen ist. Und dass wir irgendwann, wenn wir nicht unterbrochen werden, allgemeine Intelligenz in unsere Maschinen einbauen werden.“ Das ist die zweite Annahme: „dass wir weitermachen werden, unsere intelligenten Maschinen weiter verbessern werden. Denn

³⁸⁴In der Antike war Kassandra, die Tochter des trojanischen Königs Priamos, die tragische Heldin, die immer das Unheil voraussah. Sie hatte die Gabe der Weissagung, fand aber niemals Gehör.

³⁸⁵Hofstetter Y (2018) S. 300 (Hervorhebung im Original).

³⁸⁶Sam Harris: „Can we build AI without losing control over it?“ auf TEDSummit im Juni 2016 (https://www.ted.com/talks/sam_harris_can_we_build_ai_without_losing_control_over_it).

wir haben Probleme, die wir dringend lösen müssen, und dazu brauchen wir Intelligenz.“ Und „drittens stehen *wir* nicht auf einem Gipfel der Intelligenz, oder wahrscheinlich nicht irgendwo in der Nähe davon. Und das ist wirklich die entscheidende Erkenntnis. Das ist es, was unsere Situation so prekär macht, und das macht unsere Intuition über Risiken so unzuverlässig.“ Damit meint er einen „Misserfolg der Intuition, unter dem viele von uns leiden. Es ist ein Versagen, eine bestimmte Art von Gefahr zu erkennen.“ Oder, wie Konrad Lorenz es ausdrückte, dass wir nur eine Zwischenstufe auf dem Weg vom Affen zum Menschen sind.³⁸⁷ Harris meint, dass „wir nur eine Chance haben, die Ausgangsbedingungen richtig zu machen, und selbst dann müssen wir die wirtschaftlichen und politischen Folgen auffangen, die sich daraus ergeben.“ Er schließt mit den Worten:

„Aber in dem Moment, in dem wir zugeben, dass die Informationsverarbeitung die Quelle der Intelligenz ist, dass ein geeignetes Computersystem die Grundlage der Intelligenz ist, und wir zugeben, dass wir diese Systeme kontinuierlich verbessern werden, und wir zugeben, dass der Horizont der Erkenntnis sehr wahrscheinlich weit über das hinausgeht, was wir derzeit wissen, dann müssen wir zugeben, dass wir dabei sind, eine Art *Gott* aufzubauen. Jetzt wäre ein guter Zeitpunkt, um sicherzustellen, dass es ein Gott ist, mit dem wir leben können.“

Und er hatte Hararis „*Homo Deus*“ noch nicht gelesen.

Was tun? 3 Mrd. € will Bundesregierung bis 2025 in KI investieren. „Toll!“, würden die Satiriker von „Frontal21“ des ZDF dazu sagen. China investiert einen dreistelligen Milliardenbetrag. Der Mittelstand soll in Sachen KI künftig von so genannten „KI-Trainern“ Nachhilfe bekommen, außerdem soll ein neues „KI-Observatorium“ beobachten, wie sich KI in der Arbeitswelt auswirkt. Immerhin fand am 3. und 4. Dezember 2018 in Nürnberg ein „Digital-Gipfel“ der Bundesregierung statt, die „zentrale Plattform für die Zusammenarbeit von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft bei der Gestaltung des digitalen Wandels.“³⁸⁸ Ein Anfang!

³⁸⁷Quelle: „Lorenz, Konrad“ in *Das Zitat* (<http://muster.daszitat.de/?id=345>).

³⁸⁸Sonja Álvarez: „Deutschland will bei künstlicher Intelligenz führend sein“ in *Potsdamer Neueste Nachrichten* vom 15.11.2018 (<https://www.pnn.de/strategie-der-bundesregierung-deutschland-will-bei-kuenstlicher-intelligenz-fuehrend-sein/23628138.html>) und Katharina Wiechers: „Kabinettsklausur in Potsdam – Bundesregierung tagt in Babelsberg“ ebd. vom 13.11.2018 (<https://www.pnn.de/potsdam-kabinettsklausur-in-potsdam-bundesregierung-tagt-in-babelsberg/23624860.html>). Siehe <http://www.digital-gipfel.de/>, speziell <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Digital-Gipfel/Download/2018/digital-gipfel-2018-programm.pdf>.

Ich weiß, was du letzten Sommer getan hast³⁸⁹

Das war der Titel eines US-amerikanischen Horrorfilms von 1997 (*I Know What You Did Last Summer*). Im Jahre 2006 kam die dritte Fortsetzung mit dem Titel „Ich werde immer wissen, was du letzten Sommer getan hast“ – und damit sind wir beim Kern des Problems: Es ist kein Film, nur Horror – die anlasslose Generalüberwachung vieler Bürger. Frank Schirrmacher hat es in seinem Buch ausführlich beschrieben.³⁹⁰ Der amerikanische ehemalige Geheimdienstmitarbeiter Edward Snowden enthüllte im Jahre 2013, wie die USA und andere Staaten seit spätestens 2007 in großem Umfang die Telekommunikation und speziell das Internet global und verdachtsunabhängig überwachen.

Sascha Lobo hat es in *Spiegel online* ausgesprochen: „Das kybernetische Denkmuster des Norbert Wiener beruht auf der Annahme, man könne aus vielen Einzeldaten rückwärts auf das Verhalten und die Vorlieben eines Menschen schließen – und damit die Gesellschaft steuern.“³⁹¹ Da diese Einzeldaten immer und überall erhoben werden oder in Zukunft erhoben werden können, braucht man sie nur noch zusammenzuführen, um ein „Lebensmuster“ (engl. *Pattern of Life*) zu erzeugen. Die zugehörige Firma in den USA nennt sich passenderweise *RecordedFuture*, vorläufig im Dienste der Terrorabwehr (Slogan „Forecast upcoming cyber threats in time for action.“). Fügt man ein „Benehmenserkennungssystem“ (der Firma BRS *Behavioral Recognition Systems, Inc.* in Houston, Texas) hinzu, so kann man „abnormes Benehmen selbstständig und zeitgleich entdecken“ (... *able to autonomously detect abnormal behavior in real time*). Als Ergänzung „empfiehlt“ Lobo das Gestenerkennungssystem *WeSee*, das den Router in ein „Wohnungsradar“ verwandelt – und das hängt am Internet! Heben wir schnell den rechten Arm, wird die Musik lauter. Machen wir eine wischende Bewegung, wechselt das Fernsehprogramm. Linker Arm nach unten: Rollladen runter! Und die IT-Konzerne protokollieren alles.

Circa 15 Mio. Überwachungskameras gibt es nach Expertenschätzung weltweit. Jeder Brite wird etwa 300-mal täglich aufgenommen. Sie denken, bei den vielen Kameras, da sitzt doch keiner dahinter – und wenn, dann ist er nach 20 min eingeschlafen. Oder er guckt Fußball, wie man in so vielen

³⁸⁹Dieser Abschnitt leicht verändert aus Beetz J (2016) S. 231.

³⁹⁰Schirrmacher F (2009).

³⁹¹Sascha Lobo: „Was wirklich hinter der massenhaften Überwachung steckt“ in *Spiegel online* vom 02.07.2014 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/ueberwachung-und-kontrollwahn-dahinter-steckt-kybernetik-a-978704.html>).

Thrillern sieht. Korrekt! Denn nur 1 % wird wirklich überwacht und ausgewertet. Nach 20 min lässt die Aufmerksamkeit sowieso dramatisch nach. Also *don't worry!*? Aber da hilft „aisight“ (gesprochen wie „eye sight“), ein „Benehmenserkennungssystem“. Es simuliert ein neuronales Netzwerk und lernt selbstständig, was „verdächtig“ ist und was nicht. Das „AI“ soll ja an künstliche Intelligenz (*artificial intelligence*) erinnern. Es liefert *activity-based intelligence* (ABI), übersetzt „Erkenntnisse basierend auf Aktivitäten“. In Deutschland hätten sie vielleicht den Werbespruch „ABI schläft nie!“³⁹²

Da kann *Big Blue*, also IBM nicht abseits stehen: „IBM Intelligent Video Analytics“ wandelt Videobilder in Daten um, die gefiltert und analysiert werden können – sowohl bei Live- als auch bei aufgezeichneten Videos: „Durch die Fokussierung auf interessante Echtzeitereignisse und die Verkürzung der forensischen Suchzeiten von Wochen auf Stunden oder sogar Minuten macht IBM sein *Intelligent Video Analytics* zu einem weitaus effektiveren Werkzeug für die öffentliche Sicherheit und Strafverfolgung.“³⁹³

Nur eine Minderheit der Deutschen findet so etwas bedenklich. Die gehen wahrscheinlich fremd, hinterziehen Steuern oder parken falsch – im Unterschied zu den anderen, die sich für makellose Bürger halten. Das könnte sich ändern, wenn das Datensammelland seine demokratischen Strukturen verlöre und sich eine Gestapo oder Stasi bildete. Ein Insider sagte vor dem NSA-Untersuchungsausschuss wörtlich: „Die schmeißen nichts weg. Wenn sie erst mal was haben, dann behalten sie es.“ Vielleicht ist die Gleichsetzung von Enthüllungsjournalisten mit Terroristen (wie in England geschehen) schon der erste Schritt. Der „militärisch-industrielle Komplex“ des vorigen Jahrhunderts wird zum kybernetisch-militärisch-industriellen Komplex.³⁹⁴

Mit Daten und Daten *über* Daten („Metadaten“) werden Personenprofile erstellt. Über Ihr Handy weiß man (bzw. glaubt es zu wissen), wo Sie sind. Schließlich bringen Drohnen ja nicht Terroristen um, auch nicht Menschen, sondern SIM-Karten. *Das* ist ihr elektronisches Ziel. Der Rest ist ein (manchmal erwünschter) Kollateralschaden. Da die maschinelle Regelung (z. B. das ABS im Auto) meist genauer ist als eine menschliche Reaktion,

³⁹² „AISight™ – Activity Analytics System“ auf der Seite von *Safeguards Technology* (<http://www.safeguards.com/SecureView/aisight.html>) oder Werbefilm „AISight: The World's Only Behavioral Recognition™ System“ auf *YouTube* (https://www.youtube.com/watch?v=-bPM_kg3gpQ).

³⁹³ Werbefilm „IBM Intelligent Video Analytics Overview“ auf *YouTube* (<https://www.youtube.com/watch?v=fUKpGLk9Ml8>).

³⁹⁴ Zugegeben – darin steckt ein Kategorienfehler: Militär und Industrie sind Akteure, Kybernetik ist ein Werkzeug bzw. ein Wissensgebiet.

kann die Drohne aufgrund des „Lebensmusters“ bald selbst entscheiden, wer demnächst Selbstmordattentäter wird.

Eine schöne Paradoxie, die gut ins Abschn. 1.5 passen würde: Wer versucht, nicht in den Kreis der Verdächtigen zu geraten, gerät als erster auf die Liste. Jeder halbwegs intelligente Terrorist versucht, sich „normal“ zu verhalten. Die Geheimdienste haben genau diejenigen im Visier, die über einen so genannten Anonymisierungsserver ihre technische Adresse (die „IP-Adresse“) zu verschleiern versuchen. Denn wer über einen solchen Server auf welche Inhalte von wo aus zugreift, lässt sich schwer feststellen. Aber *haben* sie ihn gefunden, ist er schon dadurch verdächtig, dass er sich verbergen wollte. Und wer kein *Facebook*-Konto hat, kann auch nicht in Ordnung sein. Schon bei der „guten alten Rasterfahndung“ waren Barzahlungen (also fehlende Kontodaten) verdächtig.

Natürlich ist die „Ausspähung“ durch Industrie und Geheimdienste keine einseitig gerichtete Informationssammlung über ein statisches System (die Gesellschaft). Es ist ein Kreisprozess im Sinne der Kybernetik: Es verändert das Verhalten der Gesellschaft (die sowieso nicht statisch ist, sondern sich beständig wandelt) und fügt ihr einen eigenen weiteren Regelkreis hinzu: „Ich weiß, was du letzten Sommer getan hast – und deswegen wirst du in diesem Sommer etwas anderes tun. Was ich aber auch schon weiß ...“

Wie weit geht das Prinzip des Informationskapitalismus: „Daten sind Handelsware“? Erinnern wir uns an die Kennzeichen (Abschn. 3.2), die z. B. *Facebook* sammelt (und verkauft). Maximilian „Max“ Schrems hat einmal bei dem Unternehmen nachgefragt. Er schickte ein paar Mails an die europäische Zentrale in Dublin, um zu erfahren, was das weltgrößte soziale Netzwerk über ihn gespeichert hat. Überraschenderweise bekam er eine individuelle Antwort. Das Unternehmen übersandte ihm die Datensätze – ausgedruckt 1222 Seiten. Er klagte mit Berufung auf europäisches Datenschutzrecht. Inzwischen hat der Europäische Gerichtshof (EuGH) entschieden: Server in den Vereinigten Staaten seien kein „sicherer Hafen“ für die Daten von EU-Bürgern.³⁹⁵

Die freie Journalistin Judith Duportail hat sich auf der Dating-App *Tinder* einen beachtlichen „Desirability Score“ („Attraktivitäts-Wert“) erarbeitet, den ein Algorithmus bei *Tinder* für jeden Nutzer ermittelt.

³⁹⁵Martin U. Müller: „Datenschutz – Kulturmampf ums Speichern“ in *Der Spiegel* 24/2014 S. 141 vom 07.06.2014 (<http://magazin.spiegel.de/EpubDelivery/spiegel/pdf/127396679>) und Julia Bähr: „Schrems‘ jahrelanger Kampf gegen Facebook“ in *FAZ.net* vom 23.09.2015 (<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/medien/max-schrems-jahrelanger-kampf-gegen-facebook-13819522.html>).

Nach hartnäckigem Kampf hat *Tinder* ihr seine Protokolle über ihr komplettes Online-Liebesleben der letzten vier Jahre auf 800 Seiten geschickt: Sie hat die Dating-App 920-mal geöffnet, 870 Männer kennengelernt und 1700 Nachrichten geschrieben. Jetzt kann sie nachlesen, wie alt die Männer waren, die sie kennenlernen wollte und jede Zeile, die sie mit ihnen gechattet hat.³⁹⁶

Im Zusammenhang mit den Missbrauchsskandalen in Internaten und in der Kirche habe ich einmal „Knabenliebe im alten Griechenland“ gegoogelt. Was dann passierte, können Sie sich denken: Einschlägige Werbung für Sex-Seiten und Spezialliteratur erschien auf meinem Bildschirm. Es hat mich einige Mühe gekostet, meine Frau davon zu überzeugen, dass alles nur „gesellschaftspolitischen Interessen“ diene. Wie Recht hat doch Eric Schmidt, damals CEO von Google: „*If you have something that you don't want anyone to know, maybe you shouldn't be doing it in the first place.*“ (Wenn es etwas gibt, von dem Sie nicht wollen, dass es irgendjemand erfährt, sollten Sie es vielleicht ohnehin nicht tun.) Aber Achtung, Ironie! Denn das ist der erste Schritt zur „Schere im Kopf“.

Nur schlechte Nachrichten sind gute Nachrichten?

Nun habe ich viele problematische Gebiete der Digitalisierung beschrieben. Müssen wir sie verteufeln wie damals die Eisenbahn, wo Mediziner vor Geschwindigkeiten von mehr als 30 km/h warnten? Ist das Internet ein Haifischbecken und wir unmündigen Verbraucher nur eine kleine Sardine? Nein, aber wir sollten wachsam sein. Natürlich finden meist nur schlechte Nachrichten ihren Weg in die Medien.

Ist eine Meldung wie in Textkasten 3.10 eine gute Nachricht?

Reis-Katastrophe in China ausgeblieben

Gestern sind schon wieder alle Reissäcke stehen geblieben. Kein einziger der Millionen Säcke ist seit einer Woche umgefallen. Li Hu Wang (93), mehrfache Großmutter aus Guangzhou, kann es noch nicht fassen: „Dass ich das noch erleben durfte!“ Das Ministerium für Landwirtschaft hat keinen Krisenstab eingerichtet. An der Shanghai Stock Exchange blieb der SSE Composite Index unverändert. Weder von der Regierung noch vom UN-Generalsekretär gibt es bisher einen Kommentar.

Textkasten 3.10 Eilmeldung aus China

³⁹⁶Marvin Strathmann: „Meine Geheimnisse sind im Netz nicht sicher“ in *Süddeutsche Zeitung* vom 28.09.2017 (<https://www.sueddeutsche.de/digital/datenschutz-bei-tinder-meine-geheimnisse-sind-im-netz-nicht-sicher-1.3687058>).

Nein, diese gute Nachricht interessiert niemanden. Aber wenn einer umgefallen ist, dann wollen die Steinzeitmenschen in uns wissen: wo, wann, und vor allem warum. Denn potenzielle Gefahren müssen sie kennen, das sichert ihr Überleben. Die Weisheit der alten Elefantenkuh, die alle Risiken kennt, gewährleistet den Bestand der Herde. Deswegen sind Erfolgsmeldungen – wie die hundertprozentige Planerfüllung in kommunistischen Systemen – langweilig.

Die ständige Konfrontation mit schlechten Nachrichten kann zu einer völligen Verzerrung des Weltbildes führen. Die Angst der Bevölkerung vor Kriminalität und Terror hat mit der Realität wenig zu tun. Die Zahl der Terroropfer in Deutschland ist verschwindend gering verglichen mit Selbstmorden, Verkehrstoten oder Opfern multiresistenter Krankenhauskeime. Die Kriminalstatistik zeigt abnehmende Zahlen, aber die Bürger glauben an einen starken Anstieg der Kriminalität.³⁹⁷ Gigerenzer fragt provokativ: „Was ist das Gefährlichste bei einem Flug von Frankfurt nach New York?“ und antwortet genüsslich: „Die Taxifahrt zum Flughafen.“ Und er berichtet, dass es in einem Jahr nach den Anschlägen des 11. September 2011 („9/11“) ca. 1600 mehr Verkehrstote in den USA gab – weil die Menschen Angst vor dem Fliegen hatten. Denn „Terroristen schlagen zweimal zu: zuerst mit physischer Gewalt und dann mit Hilfe unserer Gehirne.“³⁹⁸ So zitieren auch esoterische Wissenschaftsskeptiker gerne die paar Dutzend Irrtümer der Wissenschaft und ignorieren Zehntausende von korrekten Ergebnissen, die sie täglich in Form von funktionierender Technik genießen. Die Diskriminierung und Relativierung wissenschaftlicher Erkenntnisse – sie werden als *eine* Meinung unter vielen abgetan – sieht man übrigens sehr deutlich an der Art und Weise, wie einige politische Führer und Parteien mit dem Klimawandel umgehen. Der Physiker und „Wissenschaftserklärer“ Florian Aigner stellt die ironische Frage: „Warum sollen wir der Wissenschaft vertrauen, wenn sie sich ständig ändert?“ Und hat auch gleich die Antwort: „Was sich heute bewährt, stimmt auch morgen noch.“³⁹⁹

Der Kognitionswissenschaftler der Harvard-Universität Steven Pinker ist der Ansicht, dass „die Welt immer besser wird“. Statistiken beweisen das,

³⁹⁷Christian Pfeiffer: „Die Macht der gefühlten Kriminalität“ in *Centaur* beim Fachverband Drogen- und Suchthilfe 2/2011 (https://fdr-online.info/wp-content/uploads/file-manager/redakteur/downloads/veranstaltungen/36_fdkongress/V1_Pfeiffer_Gefuehlte_Kriminalitaet.pdf).

³⁹⁸Gerd Gigerenzer: „Risiko: Wie man die richtigen Entscheidungen trifft“, btb Verlag, München 2014, S. 21, 22.

³⁹⁹Florian Aigner: „Unwiderlegbare Wissenschaft“ in *futurezone* vom 13.12.2016 (<https://futurezone.at/meinung/unwiderlegbare-wissenschaft/235.437.183>).

aber viele sehen das anders. Weil sie unvernünftig sind und den Schwarzmalern eher vertrauen. Er sagt: „Was nicht geschieht, macht keine Schlagzeilen.“ Die meisten Menschen lägen in ihren Einschätzungen falsch, weil sie die Fakten nicht kennen – und Menschen „lieben“ schlechte Nachrichten, weil sie vor möglichen Gefahren warnen. „Alles ist gut“ angesichts von sichtbaren Problemen zu sagen gilt als töricht. „Alles ist schlecht“ angesichts großer Fortschritte gilt zumindest als weise Warnung vor Übermut. Das erinnert an die Pascal'sche Wette: „Wenn du an Gott glaubst, aber Gott existiert nicht, so verlierst du nichts – aber wenn du nicht an Gott glaubst und Gott existiert, so wirst du in die Hölle geworfen. Deswegen ist es dumm, nicht an Gott zu glauben.“⁴⁰⁰

Es gibt Gegenbewegungen gegen die Manipulationen im Netz. Die, die bisher nicht zu wissen schienen, was sie tun, wissen es jetzt. Zum „Safer Internet Day“ im Februar 2018 hat sich eine Gruppe früherer Mitarbeiter und Investoren von Facebook und Google zusammengetan, um vor den Gefahren zu warnen, welche von den Netzkonzernen aus dem *Silicon Valley* gerade für Kinder ausgehen.⁴⁰¹ Sie haben das „Center for Humane Technology“ (Zentrum für humane Technik) gegründet und die Kampagne „The Truth About Tech“ (Die Wahrheit über Technik) gestartet. Die führenden Köpfe, u. a. der ehemalige Google-Ethiker Tristan Harris, legitimieren sich mit dem Satz: „Wir wissen, nach welcher Maßgabe die Unternehmen arbeiten. Wir wissen, wie sie reden, und wir wissen, wie ihre Technik funktioniert.“ Und sie wissen, worauf sie zielen: „Auf das menschliche Gehirn, auf die Kinder.“ Der Leitspruch des Zentrums ist: „Reversing the digital attention crisis and realigning technology with humanity's best interest“ (Umkehrung der digitalen Aufmerksamkeitskrise und Neuausrichtung der Technik auf das Wohl der Menschheit). Gleich zu Anfang ein knackiger Satz: „Technology is hijacking our minds and society“ (Die Technik entführt unseren Geist und die Gesellschaft).⁴⁰² Bei der Problembeschreibung geht es stark weiter: „Was als Wettslauf zur Monetarisierung unserer Aufmerksamkeit begann, erodiert jetzt die Säulen unserer Gesellschaft: psychische Gesundheit, Demokratie, soziale

⁴⁰⁰ Steven Pinker: „Aufklärung jetzt: Für Vernunft, Wissenschaft, Humanismus und Fortschritt“, S. Fischer, Frankfurt am Main 2018. Interview mit Steven Pinker: „Sorge Dich nicht, vertrau der Statistik!“ im SRF „Sternstunde Philosophie“ am 18.11.2018 (<https://www.srf.ch/sendungen/sternstunde-philosophie/steven-pinker-sorge-dich-nicht-vertrau-der-statistik>).

⁴⁰¹ Michael Hanfeld: „„Safer Internet Day“ – Rettet die Kinder!“ auf FAZ.net vom 06.02.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/medien/ehemalige-tech-insider-haben-das-center-for-humane-technology-gegruender-15434206.html>). Zitate von dort.

⁴⁰² Quelle: <http://humanetech.com/>. Im Übrigen würde ich *technology* nach wie vor mit „Technik“ übersetzen und „... with humanity's best interest“ evtl. in „... im besten Interesse der Menschlichkeit“.

Beziehungen und unsere Kinder.“ Und: „Das ganze System ist anfällig für Manipulationen.“ Und so weiter. Wow! Wie sagt man so schön: „Selbst-erkenntnis ist der erste Weg zur Besserung“. Deswegen zeigen sie Auswege und Ratschläge wie „Übernehmen Sie die Kontrolle über Ihr Smartphone“ bis hin zu „*Go cold turkey: Remove social media from your phone.*“ (Gehen Sie voll auf Entzug: Entfernen Sie Social Media von Ihrem Telefon).⁴⁰³ Ist das ein Anfang?

Nein, Textkasten 3.10 ist nicht nur ein Kalauer. Positive Meldungen täten uns gut. Sie würden die Irrtümer eingrenzen, die sich aufgrund der selektiven Wahrnehmung in uns festsetzen und Angst erzeugen, zu falschem Handeln führen. Meldungen über einige quälende und letztlich erfolglose schulmedizinische Behandlungen treiben Menschen in die Hände von Scharlatanen, die ihnen das Geld aus der Tasche ziehen. Hätten sie Informationen über Erfolgsquoten erhalten, hätten sie realistischere Vorstellungen.

Hier gibt es den „umgekehrten Hölderlin-Effekt“. Von diesem Dichter stammt ja die Zeile „Wo aber Gefahr ist, wächst das Rettende auch!“⁴⁰⁴ Wir könnten das umdrehen: „Wo uns wachsender Fortschritt nutzt, gefährdet er uns auch stärker.“ Ist aber nicht so poetisch. Denn „Fortschritt“ ist nur die Differenz zwischen dem Zuwachs des Guten und dem des Bösen (Abb. 3.15). Eine praktische Auswirkung dieses Prinzips sieht man im Janusköpfigen der Technik. Das wird besonders bei *Facebook* deutlich. Das Medium befeuerte (zusammen mit Twitter) den „Arabischen Frühling“. Auf dem Tahrir-Platz trafen sich die demokratischen Kräfte, die über die sozialen Netzwerke mobilisiert worden waren. Als die Regierung am 28. Januar 2011 das Internet komplett abschaltete, bewegte sich „die Protestbewegung quasi vom virtuellen in den realen Raum“. Anders ein paar Jahre später in Myanmar: *Facebook* war die Gerüchtemaschine, die das Volk der Rohingya ins Verderben stürzte. Die Agentur Reuters fand „mehr als 1.000 Beispiele für Beiträge, Kommentare und pornografische Bilder, die die Rohingya und andere Muslime auf *Facebook* angreifen. Einer verstohlenen Operation des Social-Media-Giganten zur Bekämpfung der Hassrede gelingt es nicht, das Problem zu lösen.“ Anfang 2015 gab es nur zwei Personen in der *Cleaner*-Gruppe von *Facebook*, die Burmesisch sprechen konnten, um problematische Beiträge zu überprüfen. Ermittler der Vereinten Nationen bestätigten die Rolle von *Facebook*, Gewalt

⁴⁰³Die „intelligenten“ Sprachübersetzer schreiben für den ersten Satz: „Gehen Sie kalter Truthahn:“ oder „Gehen Sie kalt Türkei:“. DeepL bietet immerhin die Vokabel „Entzug“ an.

⁴⁰⁴Quelle: <https://www.zitate-online.de/literaturzitate/allgemein/18824/wo-aber-gefahr-ist-waechst-das-rettende-auch.htm>

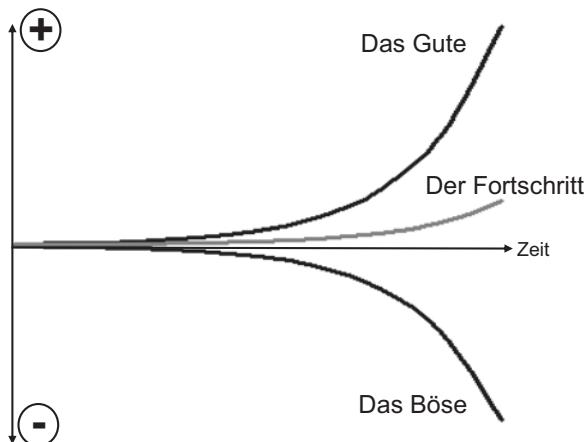


Abb. 3.15 Die Entwicklung der Menschheit

und Hass gegen die muslimische Minderheit anzustacheln. Sie sagten, die Plattform sei „zu einer Bestie geworden“.⁴⁰⁵

Nicht nur *Fake News* tragen zur Desinformation bei, sondern auch wahre Nachrichten, wenn sie die Realität verzerrn. Und das tun viele, auch unbeabsichtigt. Geraten irgendwo 20 Bergleute in Lebensgefahr, dann schicken Dutzende Redaktionen ihre Reporter dorthin. Aber pro Tag sterben ca. 220.000 Menschen und etwa 375.000 werden geboren – also nimmt die Weltbevölkerung um ca. 56 Mio. jährlich zu. *Das ist eine Nachricht.*⁴⁰⁶ Von diesen Verzerrungen (engl. *bias*) sind viele bekannt, werden aber kaum beachtet.⁴⁰⁷ Können wir uns von ihnen befreien? Oder gilt der Spruch von Sigmund Freud: „Den Wahn erkennt natürlich niemals, wer ihn selbst noch teilt“?⁴⁰⁸

Letztendlich geht es um die etwas pathetische Frage, ob die Digitalisierung Segen oder Fluch der Menschheit sein wird. In Erinnerung an die binäre Logik am Ende von Abschn. 1.2 kann ich auf diese ODER-Frage nur

⁴⁰⁵Jürgen Stryjak: „Von der virtuellen zur realen Revolution“ in *Deutschlandfunk Kultur* vom 26.09.2016 (https://www.deutschlandfunkkultur.de/arabischer-fruehling-von-der-virtuellen-zur-realen.976.de.html?dram:article_id=366881) und Steve Stecklow: „Why Facebook is losing the war on hate speech in Myanmar“ vom 15.08.2018 (<https://www.reuters.com/investigates/special-report/myanmar-facebook-hate/>).

⁴⁰⁶Quellen: <http://live-counter.com/weltbevoelkerung/> und <http://www.worldometers.info>.

⁴⁰⁷Siehe z. B. Rolf Dobelli: „Die Kunst des klaren Denkens: 52 Denkfehler, die Sie besser anderen überlassen.“ 2011, Hanser, München.

⁴⁰⁸Quelle: Sigmund Freud: „Das Unbehagen in der Kultur“, 1930 (<https://www.aphorismen.de/zitat/166639>).

mit *ja* antworten. Anders gesagt: Der Nutzen der Digitalisierung ist sozusagen Segen minus Fluch.

Wo sind die wenigen Goldkörner im *Klondike River*?

Über hunderttausend Goldsucher riefen ab 1896 den „Klondike-Goldrausch“ hervor (benannt nach dem *Klondike River* in Kanada). Die wenigsten wurden reich. Am sichersten profitierten die Lieferanten von Schaufeln und Schürpfannen (im Internet würde man sie *Provider* nennen). Selfies, Pornos und Katzenvideos scheinen die drei Säulen zu sein, auf denen der Erfolg des Internets fußt. Es kommen mehr Menschen beim Knipsen eines Selfies ums Leben als durch Haiangriffe – bisher über 300 Todesopfer. Einer wollte sich mit einem verletzten Bären fotografieren, ein anderer mit einem tonnenschweren Walross, viele andere an Klippen oder auf Brückenbögen. Einer brachte einen Hubschrauber zum Absturz.⁴⁰⁹ Und mehr als 14 Mio. Deutsche sehen regelmäßig pornografische Inhalte im Internet an.⁴¹⁰ Aber vielleicht ist unser Blick verzerrt, denn: „Nur schlechte Nachrichten sind gute Nachrichten“. Die vielen Vorteile des Computers und des Internets, die wir täglich und gefahrlos nutzen, sind uns so selbstverständlich, dass sie der Erwähnung nicht wert sind. Oder? Zumindest möchte ich einigen von ihnen hier etwas Raum geben.

„Herr Kästner, wo bleibt das Positive?“, zitierte Erich Kästner in einem Gedicht einen virtuellen Leser. Wir wissen, wo es bleibt. Fangen wir bei mir an: Sie sehen an den Fußnoten, dass ich intensiv Quellen recherchiert habe. Ohne das Internet wäre das eine kaum zu leistende Arbeit gewesen. So fand ich mit Gedächtnisresten und den Suchwörtern „*babyboom new york blackout*“ die Geschichte in der Fußnote 104 auf S. 221. Oder mit „virchow seele seziert“ den Kategorienfehler von Virchow auf S. 146.

In meiner Diplomarbeit ist ein Fehler. In einer Zeichnung ist ein Verstärker mit dem Faktor 2, und die Zahl zieht sich fälschlicherweise durch einige Formeln. Am Ende fällt sie wieder heraus, das Endergebnis ist in Ordnung. Aber unschön, das Ganze. Als ich es bemerkte, war die Arbeit schon getippt (wochenlange Mühen). Es hat mich eine halbe Note gekostet. Aber ich hatte schon so viele Tage in der Bibliothek mit dem Herausschreiben von Zitaten zugebracht. Das war vor einem halben Jahrhundert.

⁴⁰⁹Frank Thadeusz: „Fotofinish“ in *Der Spiegel* Nr. 5/2019 S. 109.

⁴¹⁰Felix Richter: „Pornografie im Internet“ auf Statista vom 07.04.2017 (<https://de.statista.com/info-grafik/8869/pornografie-im-internet/>).

Heute schreibe ich Stichworte oder Sätze mit Abkürzungen auf einen Zettel. Dann diktiere ich den Text direkt in den Computer. Es scheint ein wirklich intelligentes und gut erzogenes System zu sein, denn es kennt auch Namen aus meinem Freundeskreis und ersetzt Kraftausdrücke durch Sternchen.⁴¹¹ Hat es etwas falsch verstanden, bietet es beim Antippen des Wortes meist eine Liste von Alternativen an. Zitate und Quellen hole ich mir (statt Stunden in Bibliotheken herumzusitzen) aus dem Internet. Ich muss sie nicht abtippen, *Ctrl-C* und *Ctrl-V* (das berühmte *Cut & Paste*) reichen. Natürlich, auch Titel, Autor und Quellen werden mit *Ctrl-C* angefügt. Fremdsprachige Zitate jage ich durch *DeepL*, eine Übersetzungsmaschine im Internet. Das Stichwort heißt Produktivität und Befreiung von sinnentleerter Arbeit.

Doch der Computer ist nicht nur als individuelles Werkzeug zu gebrauchen. Seine Stärke liegt in der Vernetzung. Ich finde durch Links in Quellen weitere Quellen und dort noch weiterführende – eine Schlange ohne Ende. Ich habe Zugang zu öffentlichen Informationen aus der ganzen Welt – sofort und mühelos. Ich lade mal eben die neueste Studie zum Klimawandel aus den USA herunter.⁴¹² Dann schicke ich eine Nachricht darüber an meinen Sohn, der gerade in Sydney in Australien ein Praktikum macht, und er antwortet in Minuten schnelle.

Ich bin begeistert von meinem Tablet, in das ich viele Texte dieses Buches diktiert habe, um sie in geschriebener Form hier einzubauen – nahezu fehlerfrei. Hoffentlich hat Google nicht mitgeschnitten und schickt mir nach dem Abschnitt über Pädophilie im Internet das Rollkommando ins Haus. Ich kenne auch Leute, die die Kamera ihres Laptops abkleben.

Selbst gesellschaftskritische Organisationen warnen nicht nur vor der Digitalisierung, sondern erwähnen fairerweise auch Positives:⁴¹³

„Einen kritischen Blick auf technologische Entwicklungen zu haben, bedeutet nicht, technikfeindlich zu sein. Im Gegenteil: Wir sollten anerkennen, dass Informationstechnologien und künstliche Intelligenz gewaltige Chancen für die Lösung drängender Probleme bieten. Sie müssen allerdings mit Sinn und Verstand und im Interesse des Gemeinwohls eingesetzt werden. [...] Eine

⁴¹¹Joschka Fischers Zwischenruf an Bundesstagsvizepräsident Richard Stücklen am 18.10.1984: „Mit Verlaub Herr Präsident, Sie sind ein A*****“.

⁴¹²„Fourth National Climate Assessment“ des *National Climate Assessment* (NCA) vom November 2018 (https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4_Report-in-Brief.pdf).

⁴¹³Giordano-Bruno-Stiftung: „WIE muss Technik?“, Positionspapier zu den Folgen der Digitalisierung vom 04.09.2018 (<https://www.giordano-bruno-stiftung.de/meldung/wie-muss-technik>), Text „Zur Verteidigung der Menschenrechte im Zeitalter der Digitalisierung“ auf https://www.giordano-bruno-stiftung.de/sites/gbs/files/download/wiemusstechnik_gbs.pdf.

lebendige Demokratie, transparente politische Entscheidungen, eine schlanke Verwaltung, medizinischer Fortschritt, smarte Mobilität und hohe Energieeffizienz – das sind nur einige der Verheißen des IT-Zeitalters. Bemerkenswert sind dabei nicht nur die Fortschritte der großen Konzerne, sondern auch die Lösungen, die „von unten“ durch die freiwillige Zusammenarbeit unzähliger Menschen möglich wurden.“

Ja, das sollte eine faire Beurteilung nicht unerwähnt lassen. Aus der Vielzahl der Beispiele kann ich nur wenige herausgreifen:

- Wikipedia als Enzyklopädie mit Tausenden von Autoren ist ja ein perfektes Beispiel für den demokratischen Ansatz des Internets. Es zeigt die positive Wirkung der „Schwarmintelligenz“ und der *negativen* (so der technische Ausdruck), also korrigierenden Rückkopplung (denn „Moderatoren“ kontrollieren die Beiträge der Autoren).
- Die schon erwähnte *Open-Source-Software*, die uns unabhängiger von Internetkonzernen macht.
- Mit Verschlüsselungs- und Anonymisierungs-Techniken können sich politisch Verfolgte, Dissidenten oder *Whistleblower* dem Zugriff der Überwachung entziehen.
- Online-Universitäten, Vortragssportale wie TED u. v. a. m. machen wissenschaftliche Vorträge, historische Reden, alte Jazz-Aufnahmen und eine Fülle anderer Quellen für jeden verfügbar.
- Algorithmen erleichtern unser jetziges und das zukünftige Leben. Sie werden die Verteilung der Leistung in kleinen Stromnetzen berechnen, ebenso wie die Routen von Kleinbussen auf dem Lande, die einen individuellen Transportverkehr ermöglichen. Dann hat jeder Fahrgäst seine private Haltestelle.
- Insgesamt kann man sagen: Wissenschaft und Technik wären in der heutigen Form und Mächtigkeit ohne Computer nicht denkbar, weder in der Erzeugung von Ergebnissen noch in deren Verwaltung. Und nicht nur diese Gebiete, sondern unser gesamtes tägliches Leben sähe völlig anders aus, gäbe es diese einstmals primitiven Maschinen nicht.

Der Computer ist auch nicht bestechlich, aber auch nicht barmherzig. Wenn er nach dreimaliger Falscheingabe des Passwortes den Zugriff sperrt, dann hilft kein Jammern und kein diskret zugeschobener Umschlag.

Und wenn die Menschheit ausgestorben ist oder unsere Erde ruiniert hat (Stephen Hawking schätzte, dass wir maximal 200 Jahre Zeit für unsere Rettung haben und es vermutlich nicht schaffen werden), dann können die Roboter das Weltall kolonialisieren. Denn „smarte Maschinen werden bald

viel klüger sein als Menschen“, meint Jürgen Schmidhuber. Er möchte ja erklärtermaßen eine Maschine konstruiert haben, die intelligenter ist als er selbst, bevor er in Rente geht. Die Frage nach dem „künstlichen Bewusstsein“ sieht er locker: „Bewusstsein wird überschätzt. Ich sah es immer als Nebenprodukt der Datenkompression beim Problemlösen.“⁴¹⁴ Natürlich schwärmen die IT-Konzerne von den neuen Möglichkeiten: „Unser heutiges digitales Zeitalter hat uns bedeutende globale Vorteile gebracht: schneller wachsende Volkswirtschaften, mehr Produktivität und bahnbrechende Innovationen.“⁴¹⁵

So wechseln sich Befürworter und Kritiker ab. Das ist das „digitale Dilemma“ – die „übersteigerte Tech-Verzückung im Silicon Valley“, die sich durch eine Mischung aus Brillanz, Naivität und Überheblichkeit auszeichnet – und auf der anderen Seite die oft ebenso übertriebene Verfehlung aus Unwissenheit und Ressentiment. Und der Historiker Harari fragt: „Was ist schlimmer – wenn ein Diktator alles über mich weiß oder ein Internet-Unternehmer?“⁴¹⁶ Harari fürchtet sogar, dass das Verschmelzen von Biotechnologie und künstlicher Intelligenz „eine neue Form des Menschen hervorbringen kann“. Er behauptet: „Heute gewinnen einige Regierungen und Unternehmen die Macht, Menschen zu hacken und zu manipulieren. Und am einfachsten ist es, diejenigen Menschen zu manipulieren, die glauben, dass sie nicht fremdgesteuert werden können, weil sie einen ‚freien Willen‘ haben.“⁴¹⁷ Die US-amerikanische Mathematikerin Cathy O’Neil nennt Algorithmen und mathematische Modelle „mathematische Massenvernichtungswaffen“ und macht daraus für ihren Buchtitel ein hübsches Wortspiel.⁴¹⁸ Kommentatoren sehen darin eine Modeerscheinung und

⁴¹⁴ Philipp Löpfe: „Nicht die Menschen werden das Weltall kolonialisieren, sondern die Roboter“ im Magazin *Watson* vom 12.03.2017 (<https://www.watson.ch/Digital/Wirtschaft/254154939-%C2%AB-Nicht-die-Menschen-werden-das-Weltall-kolonialisieren--sondern-die-Roboter%C2%BB>).

⁴¹⁵ Jeff Wilke: „Amazon-CEO: Tolle Technik – nicht nur aus dem Silicon Valley!“ auf *FAZ.net* vom 19.10.2018 (<http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/diginomics/amazon-ceo-jeff-wilke ueber-digitalisierung-europas-15844879.html>).

⁴¹⁶ Georg Diez: „Technologie und Glaube – Fürchtet euch nicht!“ in *Spiegel online* vom 02.04.2018 (<http://www.spiegel.de/kultur/gesellschaft/technologie-und-glaube-fuerchtet-euch-nicht-kolumne-von-georg-diez-a-1200803.html>) und Ijoma Mangold im Interview mit Yuval Harari: „Putin weiß, was Zuckerberg weiß“ in *Zeit online* vom 19.09.2018 (<https://www.zeit.de/2018/39/yuval-noah-harari-historiker-zukunftsfragen-digitale-diktatur>).

⁴¹⁷ „Wissenschaftler Harari warnt vor zukünftigen Menschen ohne Empathie“ auf *israelnetz* vom 19.09.2018 (<https://www.israelnetz.com/gesellschaft-kultur/wissenschaft/2018/09/19/wissenschaftler-harari-warnt-vor-zukuenftigen-menschen-ohne-empathie/>).

⁴¹⁸ Cathy O’Neil: „Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy“, Penguin 2017. Deutsch: „Angriff der Algorithmen. Wie sie Wahlen manipulieren, Berufschancen zerstören und unsere Gesundheit gefährden“, Carl Hanser Verlag, München 2017. „Massenvernichtungswaffen“ heißt auf Englisch „Weapons of Mass Destruction“. Siehe auch Gerrit Stratmann: „Mathematische Massenvernichtungswaffen“ in *Deutschlandfunk Kultur* vom 20.09.2017 (https://www.deutschlandfunkkultur.de/cathy-o-neil-angriff-der-algorithmen-mathematische.950.de.html?dram:article_id=396283).

nennen Kritiken „alarmistisch“: Während einige „um die Jahrtausendwende emsig damit beschäftigt waren, die positiven Seiten des Internets und stetig zunehmender Vernetzung jedem zu predigen, der es hören wollte, wendete sich spätestens mit den NSA-Enthüllungen das Blatt. [...] Wer sich in diesem Themenfeld einen Namen machen will, muss entweder das Blaue vom Himmel herunter predigen oder den Teufel an die Wand malen. Alles andere hat nur geringe Aussicht auf Erfolg.“⁴¹⁹ Deswegen sollten wir vorsichtig mit gewagten Prognosen sein. Vermutlich wird es zwischen Paradies und Hölle irgendwo einen Kompromiss geben – und er wird für unterschiedliche Gesellschaftsschichten unterschiedlich aussehen.

Und allmählich gewinnt das Thema „Digitalisierung“ gewaltig an Fahrt. Das sieht man nicht nur an unzähligen aktuellen Beiträgen in allen Medien oder der Ernennung einer Staatsministerin für Digitalisierung. Aber „damit die digitale Aufholjagd gelingt, muss Europa aufwachen!“⁴²⁰

Fassen wir zusammen

Schon 1978 mahnte der „Ketzer der Informatik“ Joseph Weizenbaum vor der „Macht der Computer und der Ohnmacht der Vernunft“. Denn die wahren Probleme der Menschheit lägen nicht im technischen Bereich, sondern in unserem Umgang mit den Mitmenschen und der Umwelt. Und er wehrte sich schon damals gegen den Glauben einiger seiner Kollegen, der Mensch sei „im Prinzip nichts anderes als ein informationsverarbeitendes System und könne vollständig mit einem hinreichend leistungsfähigen Computer simuliert werden.“⁴²¹ Im Gegenteil, er war entsetzt darüber, wie die Gesprächspartner seines ELIZA-Programms den Computer vermenschlichten.

Wie denken Computer? Die Antwort auf diese Frage stürzt uns in lehrreiche Verwirrung. Einerseits sind sie dumm wie ein Bretterzaun, denn sie kennen nur zwei Zustände (Lücke oder Latte) und stolpern über fehlende Hochkomma (wie auf Seite 27). Andererseits bringen sie Texte und Melodien hervor, beantworten Expertenfragen besser als die Experten selbst und sind amtierende Weltmeister in komplizierten Brettspielen. Außerdem

⁴¹⁹Felix Simon: „Mit den Tech-Aposteln einmal durch den Cyberspace“ in *NZZ* vom 30.10.2018 (<https://www.nzz.ch/feuilleton/mit-den-tech-aposteln-einmal-durch-den-cyberspace-ld.1431265>).

⁴²⁰Leicht veränderter Teaser der *Spiegel*-Konferenz 19.–20. November 2018 in Hamburg, siehe „FUTURA bringt den digitalen Wandel auf die Bühne“ in *Spiegel online* vom 02.11.2018 (<http://www.spiegel.de/netzwelt/web/futura-bringt-den-digitalen-wandel-auf-die-buehne-a-1235941.html>).

⁴²¹Aus dem Klappentext von Weizenbaum J (1978).

können sie laufen, fahren, fliegen (und entscheiden, wen sie töten wollen). Wie geht das zusammen? Doch Sie wissen es schon, denn ich habe es ja oft genug betont: Emergenz – mehr ist anders. Nach dem *Matroschka*-Prinzip legen menschlicher Erfindergeist und technische Intelligenz Schicht um Schicht mehr Komplexität um das einfache Grundprinzip.

Wir sollen wie Computer denken? Nein, Computer „denken“ wie wir, weil wir sie so programmiert haben. Sie folgen unseren Regeln und nicht eigenen, weil sie kein Eigenleben haben. Noch nicht. Vielleicht sind sie nur etwas, das – obwohl von uns geschaffen wie der Kapitalismus oder die Technik – unserer Steuerung und unserem Einfluss entglitten ist und die Kontrolle über unser Leben übernommen hat. Viele fürchten dies, andere sind sich sicher, dass es niemals passieren kann. Vorhersagen sind schwierig, besonders für die Zukunft, um den alten Kalauer noch einmal zu bemühen. Auf jeden Fall sollten wir ihre Entwicklung wachsam im Auge behalten und nicht dem Rausch der Technik verfallen. Nicht alles, was machbar ist, darf auch gemacht werden. Auch die Ausrede „dann macht es doch ein anderer“ darf nicht gelten.

Das erleben wir in Wissenschaft und Technik oft: Aus einer simplen Idee wird etwas sehr Komplexes. „Ein explodierendes Benzin-Luft-Gemisch könnte doch einen Motor antreiben!“, dachte Herr Benz – und heute erstickten wir am Autoverkehr (genießen ihn aber auch). „Mit einem einfachen Zahlensystem könnte doch eine Maschine rechnen!“, dachte Herr Babbage – und jetzt leben wir im Informationskapitalismus, schätzen seine Vorteile und nehmen seine Nachteile in Kauf.

Mehr ist eben anders ...

Sieben Jahre nach Weizenbaums ELIZA, im Jahre 1985, schrieben einsichtsvolle junge Leute (als Hacker verschrien): „Jede Veränderung in komplexen Systemen wird zwangsläufig an anderer Stelle zu anderen Zeiten Veränderungen hervorrufen. Der Grad oder die Größe der Komplexität entscheidet über das Auftreten von nur einer Veränderung oder von mehreren Veränderungen sowie die Eigendynamik dieser Veränderungen, die z. B. wiederum Ursache für weitere Veränderungen sind. [...] Es können hier hochinteressante ‚autonome‘, sich aufschaukelnde Rückkopplungsprozesse angeleiert werden.“⁴²² Der Zoologe und Evolutionsbiologe Rupert Riedl

⁴²²Stilistisch geringfügig geändert aus „Die Zukunft: ENTROPIE & HEFETEIG“ in der „Hackerbibel“ des CCC, 1. Auflage im Herbst 1985, S. 47 (https://www.offiziere.ch/trust-us/habi1/047_hefeteig.html).

meinte, das Gehirn sei kein Organ zum Erkennen der Welt, sondern nur zum Überleben. Und er gibt uns drei weitere Sätze mit auf den Weg: „Es besteht keine Hoffnung durch Mehrheitsbeschlüsse die Wahrheit zu finden“, „Alle Systeme, die sich durch Wachstum erhalten können, müssen allein an diesem Wachstum zu Grunde gehen“ und „Unser Überleben wird davon abhängen, ein bisschen schneller weise zu werden als mächtig.“⁴²³

Wir können ethische Fragen um den Menschen und die Menschmaschine (siehe Fußnote 94 S. 214) drehen und wenden, wie wir wollen. Vermutlich bekommen sie keine Bedeutung. Denn „*It's the economy, stupid!*“ (frei: „Es ist die Wirtschaft, Blödmann!“), das sagte schon Bill Clinton vor 20 Jahren.⁴²⁴ Die globalen Unternehmen sehen Gewinnchancen, und sie nutzen sie.

Fachleute fürchten, dass auf die Automatisierung der Produktion nun die Automatisierung der Gesellschaft folgt. „Haben wir unser digitales Leben noch im Griff?“, so lautet die Frage.⁴²⁵ In einem „Digital-Manifest“ warnen neun internationale Experten vor der Aushöhlung unserer Bürgerrechte und der Demokratie im Zuge der digitalen Technikrevolution und fordern „digitale Demokratie statt Datendiktatur“.⁴²⁶ Prominente präsentierten am 25. April 2018 in Berlin den Entwurf einer Charta der Digitalen Grundrechte („Digital-Charta“) der Europäischen Union, um die Debatte um Grundrechte im digitalen Zeitalter voranzubringen.⁴²⁷ Kritiker mahnen, dass wir „im Maschinenraum Mensch bleiben“ müssen, kritisieren aber auch übertriebene Kritik: Es gebe „keinen vernünftigen Grund dafür, Angst vor künstlicher Intelligenz zu haben“. Stattdessen sei vielmehr die „künstliche Dummheit ein echter Grund zu Sorge“. Also durch *Fake News*, Filterblasen und manipulative Algorithmen.⁴²⁸

Letzte Frage: Brauchen wir Programmierunterricht für Grundschüler? Die Staatsministerin für Digitales im Bundeskanzleramt, Dorothee Bär, hält Programmieren für „so wichtig wie Lesen und Schreiben“, und der Schweizer Informatik-Didaktiker Beat Döbeli Honegger sagt lakonisch: „Wer gegen ‚Informatik‘ und ‚Programmieren‘ in der Schule ist, soll doch mal seine

⁴²³Quelle: <http://rupertriedl.org/werke/zitate>.

⁴²⁴Peter Huber: „Ein Spruch macht Geschichte“ in *Die Presse* vom 06.11.2012 (https://diepresse.com/home/wirtschaft/hobbyoekonom/1308933/Its-the-economy-stupid_Ein-Spruch-macht-Geschichte).

⁴²⁵Sonderheft „Willkommen in der Datenwelt“ Heft 1/2017 in *Spektrum.de* vom Jan. 2017 (<https://www.spektrum.de/inhaltsverzeichnis/willkommen-in-der-datenwelt-spektrum-spezial-physik-mathematik-technik-1-2017/1425073>).

⁴²⁶Dirk Helbing et al.: „Digitale Demokratie statt Datendiktatur“ in *Spektrum.de* vom 16.12.2015 (<https://www.spektrum.de/magazin/wie-algorithmen-und-big-data-unsere-zukunft-bestimmen/1378755>).

⁴²⁷„Wir fordern Digitale Grundrechte“ auf <https://digitalcharta.eu/>.

⁴²⁸Florian Chefai: „Stuttgarter Zukunftssymposium – Mensch bleiben im Maschinenraum“ auf hpd.de vom 03.12.2018 (<https://hpd.de/artikel/mensch-bleiben-im-maschinenraum-16244>).

Argumente mit ‚Physik‘ und ‚Experimentieren‘ testen.“⁴²⁹ Sie könnten vermuten, dass auch ich dieser Meinung bin, da ich ja hier ein Buch auch über die „Innereien“ des Computers geschrieben habe. Aber ich bin mir nicht so sicher – vielleicht ist es wichtiger, digitale Kompetenz und kritisches Denken zu fördern, wie ich es in Kap. 3 versucht habe. Ohne in die „Bits und Bytes“ hinabzutauchen.

Mein POV

Ich wollte Ihnen ja mit den vielen Zitaten, Fußnoten und fremden Meinungen ein halbwegs objektives Bild des Themas vermitteln – natürlich durch deren Auswahl schon vorbestimmt. „Wie ist denn Ihre *persönliche Meinung*?“, werden Sie fragen. Das wird z. B. im Wikipedia als POV (*Point of View*, „Standpunkt“) bezeichnet. Der deutsche Mathematiker David Hilbert sagte aber sinngemäß: „Ein Standpunkt ist ein Gesichtskreis mit dem Radius null.“ Also zeige ich Ihnen lieber etwas weiträumiger meinen Standort, meine persönliche Einschätzung.

Aus meiner Sicht ist Digitalisierung die Abbildung der Wirklichkeit in ihrem Datenschatten und die weltweite Vernetzung von Menschen und Apparaten. Lassen Sie uns für die Summe aller dieser Phänomene den Begriff „digitale Vernetzung“ verwenden, für Computer, das Internet, KI, Smartphone und alle anderen Anwendungen. Inzwischen blicken Sie auf die Grundlagen (z. B. das duale Rechnen wie „ $1+1=10$ “, siehe Abschn. 1.2) zurück wie ein Archäologe auf einen Faustkeil. Die Entwicklung folgt immer demselben Muster. Um einfachste Prinzipien wird Schicht um Schicht mehr Komplexität gelegt (mein Bild der *Matroschkas*) und durch das Phänomen der Emergenz („mehr ist anders“) entsteht Neues, neue Qualität. So wurde in der biologischen Evolution aus einem Einzeller ein Mensch, in der kulturellen Evolution aus Zurufen zur Kommunikation der Nobelpreis für Literatur und in der Evolution der digitalen Vernetzung aus einer Rechenmaschine das mit künstlicher Intelligenz vollgestopfte Internet plus einem Handy in jeder Hand (daher die deutsche Wortschöpfung). Aber die Zeitskalen sind dramatisch anders. Milliarden Jahre gegen Hunderttausende von Jahren gegen 100 Jahre. Eine exponentielle Beschleunigung. Der „digitale Klimawandel“ vollzieht sich um Größenordnungen schneller als der meteorologische: Vor wenigen Jahren

⁴²⁹ „Programmieren ist laut Bär ‚so wichtig wie Lesen und Schreiben‘“, in *Spiegel online* vom 06.03.2018 (<http://www.spiegel.de/politik/deutschland/dorothee-baer-programmieren-ist-so-wichtig-wie-lesen-und-schreiben-a-1196619.html>). Zitat aus „Beats Biblionetz“ (<http://beat.doebe.li/bibliothek/f00114.html>).

war der Begriff „Digitalisierung“ nur Eingeweihten bekannt, heute taucht er fast täglich in den Medien auf.

Ich glaube, dass sich die Entwicklung der „digitalen Vernetzung“ weder überschauen noch bremsen noch in ihren Auswirkungen beurteilen lässt. Auf jeden Fall sind wir weiter gekommen, als „sich der kleine Moritz vorstellt“. Umso vorsichtiger sollten wir unsere nächsten Schritte bedenken und abwägen. Jeder von uns sollte sich an einer breiteren gesellschaftlichen Diskussion beteiligen. Jeder von uns sollte sparsam mit seinen Daten umgehen, und sei es auch nur, indem er mit *ProtonMail* oder PGP (*pretty good privacy*, „ganz nette Privatsphäre“) seine Nachrichten verschlüsselt oder mit *Startpage* seine Suchanfragen geheim hält.⁴³⁰ Wir können und müssen entscheiden, ob wir dem Informationskapitalismus weiterhin seinen Rohstoff – unsere Verhaltensdaten – liefern wollen. Die jungen Wilden in den Start-ups unterliegen dem Machbarkeitsrausch, den Harari unter dem Begriff *Homo Deus* zusammenfasst: dem unreflektierten Drang, Schöpfer zu spielen ohne Gedanken daran, ob man die Geister auch wieder los wird, die man gerufen hat.⁴³¹ Wir sollten im Rahmen einer Technikfolgenabschätzung nicht nur über die Vorteile der digitalen Vernetzung nachdenken, wie sie von den Unternehmen angepriesen werden, sondern auch über die Gefahren. Und mit meiner Gabe der Präkognition (sie stammt aus der Chaostheorie) sage ich voraus: Das Unheil wird aus einer völlig unerwarteten Ecke kommen, und zwar sehr plötzlich. Wir werden sehen. Und möglicherweise ist die digitale Vernetzung nur ein Nebenkriegsschauplatz, wenn die nächste Generation wegen der Klimakatastrophe „die Erde verliert“.⁴³² Aber auch das ist wieder der verhängnisvolle Anthropozentrismus: Wir werden die Erde nicht verlieren – die Erde wird uns verlieren und sich ohne den *Homo „sapiens“* weiterdrehen.

Nun haben Sie ja gemerkt, dass ich gerne definiere oder zumindest abgrenze, worüber ich rede. Also wird Sie die Frage nicht überraschen: „Wer sind ‚wir‘? Die Milliarden Menschen auf der Erde, die vielleicht ein Smartphone haben oder kennen, aber nicht wissen, was ein Bit ist? Sie sind nicht vom Verlust ihres Arbeitsplatzes bedroht, denn sie verdienen zu wenig – und viele haben nicht einmal einen. Die 2 % der Menschheit, die mehr als 50 %

⁴³⁰ „Secure Email Based in Switzerland“ (<https://protonmail.com/>), „E-Mails mit PGP verschlüsseln“ (<https://www.heise.de/download/specials/E-Mails-mit-PGP-verschlueppeln-3342397>) und „*Startpage*, die diskreteste Suchmaschine der Welt“ (<https://www.startpage.com/deu/>).

⁴³¹ Siehe Y. Harari 2017. „Die ich rief, die Geister, werd ich nun nicht los.“ in Johann Wolfgang von Goethe: „Der Zauberlehrling“ (http://www.gedichte.vu/?der_zauberlehrling.html).

⁴³² Nathaniel Rich: „Losing Earth“, MCD, New York 2019 und „Losing Earth: The Decade We Almost Stopped Climate Change“ in *The New York Times* vom 01.08.2018 (<https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/01/magazine/climate-change-losing-earth.html>).

des Weltvermögens besitzen? Sie genießen die Vorzüge der digitalen Vernetzung, sind aber abgeschirmt gegen ihre Nachteile. Oder der Rest, meist in den industrialisierten Ländern? Also Sie und ich und unsere Kinder. Das ist der Punkt, auf die die Unternehmen mit der digitalen Vernetzung zielen. Denn hinter ihr verbergen sich Handelnde, keine Naturgewalten ohne menschliche Ursachen (obwohl es manchmal so dargestellt wird).

Vielelleicht haben Sie beim Abschn. 3.4 gedacht: „Du meine Güte, was hat denn Digitalisierung mit Philosophie und Hirnforschung zu tun?!“ Aber das Thema streut breit, und eine Philosophiezeitschrift schreibt: „Im digitalen Wandel geht es nicht primär um das Digitale. Es geht um den Menschen und die Rolle, die wir in einer zunehmend digitalisierten Welt spielen wollen.“⁴³³ Deswegen sollten wir alle uns Gedanken darüber machen. Wenn in Ihrem Smartphone erst einmal so viel KI steckt, dass es Ihnen von selbst gute Tipps gibt, dann merken Sie, was die Überschrift „**Algorithmen steuern uns unbemerkt**“ von Abschn. 3.1 bedeutet: Sie sind seine Beine!

In Bezug auf die Macht der Algorithmen neige ich dazu, diesem Rat zu folgen: Um zu prüfen, ob die Lobeshymnen für irgendwelche Algorithmen einigermaßen Realistisches versprechen, schlägt die Mathematikerin Hannah Fry den „Magie-Test“ für „*junk algorithms*“ vor (vielleicht inspiriert von Clarkes Spruch): Ersetzen Sie die Phrasen „KI“, „KNN“, „maschinelles Lernen“ usw. durch das Wort „Magie“. Macht der Satz dann noch Sinn? Wenn nicht, seien Sie skeptisch! Denn dann behauptet vielleicht jemand, er könne „den Welthunger durch Magie“ bekämpfen ...⁴³⁴

Nun, da Sie gelernt haben, wie Computer „denken“ und wie ein Computer zu denken, wird Sie meine Empfehlung in Form eines Algorithmus nicht überraschen. Stellen Sie sich in Abb. 3.16 einen Stapel Karteikarten vor, auf denen die Effekte der „digitalen Vernetzung“ unter einem Stichwort beschrieben sind – von „A“ wie „Algorithmenherrschaft“ bis „Z“ wie „Zugangsbeschränkung“. Eine Programmefunktion (im richtigen Leben Ihre persönliche Einschätzung oder ein Bewertungsausschuss) liefert Ihnen ein Ergebnis, ob „wir“ das wollen. „Wir“, d. h. Sie persönlich oder – wenn Sie ein Entscheidungsträger sind – eine gesellschaftliche Gruppe. Wenn ja, dann sollten wir es steuern, wenn nein, dann sollten wir Gegenmaßnahmen ergreifen. Wenn das Ergebnis „weiß nicht“ ist, dann sollten wir es beobachten.

Jedes Werk sollte sich ja in einer Kernaussage ausdrücken lassen. Manche machen sich einen Spaß daraus, der mich an die *One-Liner* bei APL erinnert: „Sieben Jahre im Sanatorium“ oder „Schrei bricht Glas“ oder „Däne kann

⁴³³ „Total digital! Total menschlich?“ in HOHE LUFT Magazin vom 24.10.2018 (<https://www.hohe-luft-magazin.de/2018/10/total-digital-total-menschlich/>).

⁴³⁴Fry H (2018) S. 199.

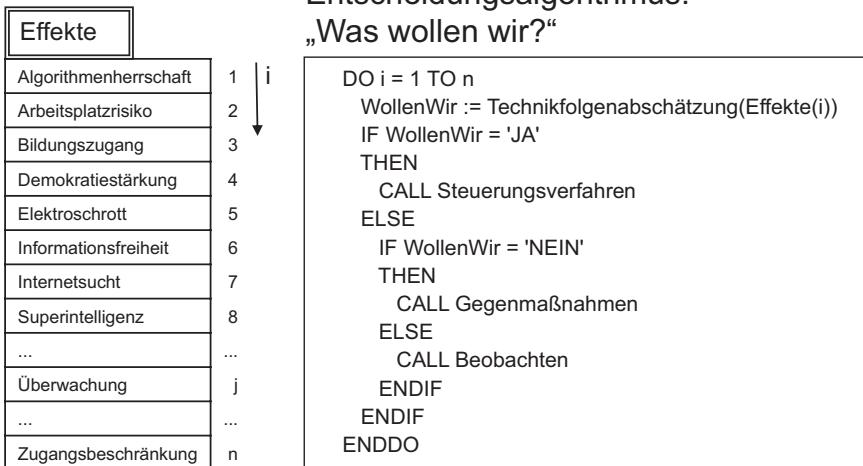


Abb. 3.16 Entscheidungsalgorithmus zu den Effekten der „digitalen Vernetzung“

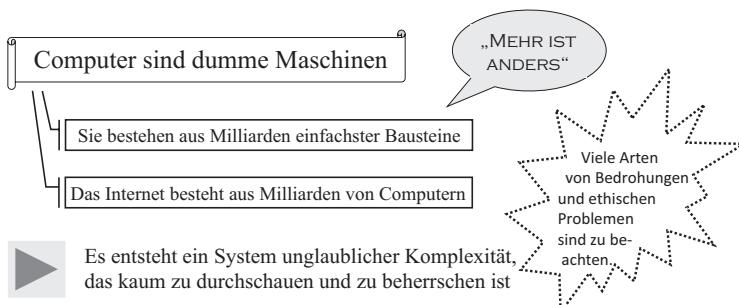


Abb. 3.17 Zusammenfassung der Zusammenfassung

sich nicht entscheiden“ oder „Seniorenangler fängt Fisch“ (Der Zauberberg, Die Blechtrommel, Hamlet, Der alte Mann und das Meer). Mein absoluter Liebling: „*Nothing happens. Twice.*“ (Nichts passiert. Zweimal.) für „Warten auf Godot“. ⁴³⁵ Ganz so kurz gelingt es mir nicht, aber meinen Versuch sehen Sie in Abb. 3.17.

Denken Sie also immer daran: Der Computer ist nur eine Maschine, die rechnen kann.

Wirklich?

⁴³⁵Wenke Husmann: „Machen Sie aus einem Buch einen Satz!“ in *Zeit* online vom 27.05.2010 (<https://www.zeit.de/kultur/literatur/2010-05/ein-Satz-ein-buch>) und Anthony Cronin: „*A play in which nothing happens, twice*“ in *Independent* vom 05.01.2003 (<https://www.independent.ie/opinion/analysis/a-play-in-which-nothing-happens-twice-26227975.htm>).

Literatur

„Oldies but goodies“ könnte man bei manchen Quellen sagen. Doch einige der Bücher, aus denen ich geschöpft habe (und nur solche sind hier aufgeführt, denn Literatur zum Thema „Digitalisierung“ gibt es massenhaft), sind echte Klassiker.

- Beetz J, Heitfeld M (1984) Probleme lösen mit Methode – die verständliche Anleitung zur systematischen Entwicklung von DV-Anwendungen. R. Oldenbourg, München/Wien
- Beetz J, Lambers H (1991) Eine Anwendungsentwicklungsmethodik für AD/CYCLE. Die Methodik der DV-Verfahrenstechnik. Addison-Wesley Bonn/München
- Beetz J (2010) Denken – Nach-Denken – Handeln. Triviale Einsichten, die niemand befolgt. Alibri, Aschaffenburg
- Beetz J (2013) $1 + 1 = 10$. Mathematik für Höhlenmenschen. Springer, Heidelberg
- Beetz J (2016) Feedback. Wie Rückkopplung unser Leben bestimmt und Natur, Technik, Gesellschaft und Wirtschaft beherrscht. Springer, Berlin/Heidelberg
- Blackmore S (2012) Gespräche über Bewusstsein. Suhrkamp Tb., Berlin
- Bostrom N (2014) Superintelligenz: Szenarien einer kommenden Revolution. Suhrkamp, Berlin
- Brynjolfsson E, McAfee A (2018) The Second Machine Age: Wie die nächste digitale Revolution unser aller Leben verändern wird. Plassen Verlag, Kulmbach
- Eggers D (2015) Der Circle. KiWi-Taschenbuch, Köln
- Fry H (2018) Hello World: How to be Human in the Age of the Machine. W. W. Norton, New York
- Gazzaniga M (2012) Die Ich-Illusion: Wie Bewusstsein und freier Wille entstehen. Hanser, München
- Harari Y (2017) Homo Deus: Eine Geschichte von Morgen. C.H. Beck, München
- Häring N (2018) Schönes neues Geld. Campus Verlag, Frankfurt am Main

- Hofstetter Y (2018) Das Ende der Demokratie: Wie die künstliche Intelligenz die Politik übernimmt und uns entmündigt. Penguin Verlag, München
- Kaku M (2014) Die Physik des Bewusstseins: Über die Zukunft des Geistes. Rowohlt, Reinbek
- Meckel M (2018) Mein Kopf gehört mir: Eine Reise durch die schöne neue Welt des Brainhacking. Piper, München
- Metzinger T (2014) Der Ego-Tunnel: Eine neue Philosophie des Selbst. Piper, München
- Misselhorn, C (2018) Grundfragen der Maschinenethik, Reclams Universal-Bibliothek, Ditzingen
- Penrose, R (1991) Computerdenken: Die Debatte um künstliche Intelligenz, Bewußtsein und die Gesetze der Physik. Springer Spektrum, Heidelberg
- Ramge T (2018) Mensch und Maschine: Wie künstliche Intelligenz und Roboter unser Leben verändern. Reclam Verlag, Ditzingen
- Ravenscroft I (2008) Philosophie des Geistes: Eine Einführung. Reclams Universal-Bibliothek, Ditzingen
- Schirrmacher F (2009) Payback. Warum wir im Informationszeitalter gezwungen sind zu tun, was wir nicht tun wollen, und wie wir die Kontrolle über unser Denken zurückgewinnen. Karl Blessing Verlag, München
- Shaw J (2018) Das trügerische Gedächtnis: Wie unser Gehirn Erinnerungen fälscht. Heyne Verlag, München
- Spitzer M (2014) Digitale Demenz: Wie wir uns und unsere Kinder um den Verstand bringen. Droemer TB, München
- Weizenbaum J (1978) Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Suhrkamp, Berlin
- Zitzler E (2017) Dem Computer ins Hirn geschaut: Informatik entdecken, verstehen und querdenken. Springer Spektrum, Heidelberg
- Zuboff S (2018) Das Zeitalter des Überwachungskapitalismus. Campus Verlag, Frankfurt am Main

Personen- und Sachregister

Wie in jedem Fachgebiet werden auch in der Informatik viele Begriffe, Fremdwörter und Abkürzungen (die IT-Leute sind oft vom *Aküfi*, dem Abkürzungsfimmel, besessen) verwendet, die nicht jedem geläufig sind. Ich habe versucht, das auf ein Minimum zu beschränken, konnte sie Ihnen aber natürlich auch nicht vorenthalten. Alle hier genannten Begriffe sind natürlich im Internet (u. a. in Wikipedia[®], aber auch durch Algorithmen generiert auf *Beats Biblionetz*¹) mit einer Fülle von Informationen aufzufinden. Manche zentralen Begriffe wie „Information“ sind nicht indiziert oder nur bei ihrem ersten oder massiven Auftreten – sie sind schließlich Thema des gesamten Buches.

- 007 310
1-zu-N-Beziehung 137
5G-Netz 294, 335
'9/11' 346
'1984' (Buch) 205, 322, 327
- A**
Aadhaar (Datenbank) 307
ABB 298
Abtastfrequenz 77
Ada
 (App) 236
 (Programmiersprache) 3
AI-CD β (Roboter) 286
Aigner, Florian 346
Airbnb 275
Aisight 343
Alexa 173, 224
Algebra, boolesche s. Logik, binäre
Algol (Programmiersprache) 24, 25, 47
Algorithmus IX, XII, 3, 12, 20, 21, 50,
 56, 58, 59, 119, 179, 196, 353
 Beispiel 17, 53, 59
- AlgorithmWatch 327
al-Hwarizmi, Muhammad IX
Alibaba 281, 282, 322
Alleinstellungsmerkmal (des Menschen)
 241, 242
Alphabet Inc. 178, 224, 236
AlphaGo Zero 226, 271
Alternative s. IF-THEN-ELSE 20
alternative facts 198
Altmaier, Peter 245, 294
ALU (arithmetic logic unit) s. Rechen-
 werk
Amaras Gesetz 239
Amazon XII, 164, 173–176, 206, 207,
 224, 257, 262, 302
 Go 280
 Picking Challenge 295
Analog-Digital-Wandler 2, 77
Analogie 1, 105
Analogtechnik 105
Anderson, Philip W. V, 1, 111
Änderungskontrolle 167
André, Elisabeth 257

¹Beat Döbeli Honegger: „Beats Biblionetz – Begriffe“ (<http://beat.doebe.li/bibliothek/begriffe.html>).

- Android 259
 (Betriebssystem) 95, 162
 Bina48 260
 Geminoid HI-1 259
 Nadine 260
 Sophia 259
 Studio (IDE) 162
 Anerkennung 202, 277
 Anomalieerkennung 182
 Anthropomorphismus 265, 334
 Anthropozentrismus 358
 Anwendung s. APP 24, 45, 148
 APL (Programmiersprache) 43, 159, 188, 359
 APP (application) 45
 Apple XII, 45, 86, 95, 159, 162, 175, 176, 224, 260
 Arabischer Frühling 348
 Arbeitsablauf 148, 149, 151, 152
 Archimedes 114
 von Syrakus 188
 Arendt, Hannah 198
 Aristoteles 164
 Arkin, Ronald 320
 ARPANET 96, 191
 Artificial Intelligence (AI) s. Künstliche Intelligenz
 ASCII (american standard code for information interchange) 12, 85
 Asimov, Isaac 270
 Asimov'sches Robotergesetz 270, 338
 Assembler 24, 25, 27, 35, 40, 116
 Assistent, digitaler 173
 Assoziationsregel 182
 Atlas (Roboter) 267
 Attribut 133, 145, 147, 162, 168, 252
 Auflösung (Bild) 73
 Ausreißer 182
 Auto, selbstfahrendes 245, 261, 271, 292, 334, 335
 Automat, zellulärer 57, 58
 Autonomie 332
 Autovervollständigen 179, 181
 Avatar 231
 Axon 104
- B
- Babbage, Charles 3, 127
 Back Assembler 42
 Backdoor 311
 Bär, Dorothee 356
 Barbier-Paradoxon 53
 Bartlett, Albert A. V
 BASIC (Programmiersprache) 37, 85, 151, 158
 Baumstruktur 88
 Benutzeroberfläche 3, 95, 158, 169, 214
 Benutzerprofil 177
 Benutzerschnittstelle 81, 159
 Berners-Lee, Tim 98, 191, 237
 Bethe, Hans A. 115
 Betriebssystem 94, 159
 Bewegungsprofil 10, 209, 324
 Bewusstsein X, 190, 242, 247, 248, 250, 252, 255, 256, 268, 270, 272, 353
 Definition 247
 Ebene 1 242, 247, 248, 267, 334, 338
 Ebene 2 247, 248
 neuronales Korrelat 251, 256
 Beziehung 135, 137, 140, 168
 ist_ein 146
 Bezos, Jeffrey 176
 Big
 Blue 343
 Data 182, 220, 221, 284, 301, 303, 322, 325, 335
 Five (Psychologie) 271
 Five (Technologie) XII, 175, 178
 Bild, analoges (technisches) 72
 Bildbearbeitung 74, 75
 Bilderkennung 75
 Bina48 (Roboter) 260

- Binär 3, 7, 8, 12, 13, 22, 80, 103
rechnen 17
Binärarithmetik 14
Binärbild 73
binary digit s. Bit 12
BIOS (basic input output system) 94
Bit 7, 12
(Informationsmaß) 64
Bitcoin 277, 303, 312, 316
Blackmore, Susan 255, 257
Blackout 316, 317
Blade Runner (Film) 271
blank s. Leerzeichen
Blockchain 91, 93, 277
Blog 68, 100
BND (Bundesnachrichtendienst) 313
Bodyhacking 263
Bodystyling 75
Boehm, Barry W. 233
Bond, James 310
Bonini-Paradox 187
Bonitätssystem, gesellschaftliches s.
Sozialkredit-System
Boole, George 19
Boston Dynamics 267
Bot 315
Botnet 299, 306
Boyle, Tom C. 306
BrainGate 263
Brecht, Bertolt 340
Brin, Sergei 181
Browder, Joshua 232
Browser 67, 98, 191
Brute Force 225
Brute-Force-Angriff 42, 308
BSI (Bundesamt für Sicherheit in der
Informationstechnik) 300, 310
Bubble Sort 51
Bug (Computerfehler) 15, 17, 132, 164
Bullshit 69
Bullshit-Generator s. Phrasendreschma-
schine
Bus (Datenverbindung) 81, 88
Busch, Thorsten 321
Byte 12, 17, 85
- C
- C++ (Programmiersprache) 144
Caenorhabditis elegans s. Fadenwurm
Cambridge Analytica 299
Captcha 219, 220
Casual Dating 308
CCC (Chaos Computer Club) 304,
327
Cerf, Moran 116
Chalmers, David 249
Chang, Oscar 113
Change-Management s. Änderungs-
kontrolle 129
Chaos 59, 62, 64, 172, 186, 187, 318
CHAOS-Studie 167
Chaostheorie s. auch Chaos 57, 59,
211
Chat 214
Chatbot 111, 217, 224, 232, 309
Chinesisches Zimmer 254
Chip 16
Chopra, Deepak 69
Cimon (Roboter) 261
Clarke, Arthur C. V, 292, 359
Cleaner 195, 348
Clickstream 177
Client 90, 96, 97, 99
Client/Server-Systeme 96, 157, 169
Clinton, Bill 356
Cloud-Computing 99
Clusteranalyse 182
COBOL (Programmiersprache) 26
Comey, James 310
Compiler 25, 28, 30, 44, 162
Computeranimation 74
Computer-Ethik 237
Computerspiel 288

- Computervirus 304
ConsScale 272
Content Moderator 195
Conway
 John H. 58
 Kellyanne 198
Cookie 219
Copy & Paste 72
Couchsurfing 274
Crick, Francis 257
CTM (Computationale Theorie des Mentalen) 252
Cut & Paste 351
Cyberangriff 300
Cyberattacke 299
Cyber War 115, 318, 320
Cyborg 185, 263, 266, 267
- D**
Darknet 303, 312
Darwin, Charles 191
Data Mining 182
Datei 84, 88
Dateinamenserweiterung 87
Datenbank 84, 128, 138, 142
 relationale 157
Datenbankadministrator 156
Datenbankdesign 147, 158, 169
Datenbankdesigner 142, 155, 156
Datenbankstruktur 88
Datendeklaration 84
Datenelement 84, 121, 133, 152, 162
Datenkatalog 162
Datenkompression 87
Datenmodell 121, 128, 138, 147, 149,
 167
Datenmodellierung 136, 138, 141, 148
Datensatz 84
Datenschatten 11, 168, 172
Datenschürfen s. Data Mining
Datenschutz-Grundverordnung 291
- Datenstruktur 86
Datenträger 84
Datenverarbeitungsprozess 148, 152
Dating-Börse 308, 309
DDoS (distributed denial of service)
 305, 315
De-Cix 313
Deep
 Blue 224
 Fake 287
 Learning s. Lernen 224, 309
DeepL
 GmbH 222
 (Übersetzer) 351
Dekker, Desmond 201
Dendrit 104
Denken X
Dennett, Daniel C. 250, 255, 256, 271
DERA (Darmstädter Elektronischer Rechenautomat) 24
Descartes, René X
Detailprozess 151, 152, 162
Dick, Philip K. 185, 207
die (integrated development environment) 162
Digital 2
 Farming 293
 Native 173, 201
Digital-Charta 356
Digital Detox 185
Digital-Gipfel 245, 341
Digitalisierung XII, 9, 168, 172, 173,
 186, 191, 274, 297, 317, 331,
 354, 357, 358
Digital-Manifest 356
Dijkstra, Edsger W. 33, 35, 44
Ding s. Entität
Diskriminator 285
DNA (Desoxyribonucleinacid) 8, 18,
 64
Dogmatismus 197
Dohnanyi, Klaus von 321

Domain 100
Doppelpendel 188
DOS (disk operating system) 94, 130
DO-Schleife 34, 50, 51, 65, 112, 160
 DO FOR 34
 DO UNTIL 34, 48
 DO WHILE 34, 38, 48
dpi (dots per inch) 73
Drei-Körper-Problem 187
Drohne 292, 315, 318, 319
DSGVO s. Datenschutz-Grundverordnung
Dualsystem 5, 12
Duplex (KI-System) 228
Duportail, Judith 344

EOF (end of file) 38, 39, 85
Equifax 303
Erleben 256
ERM s. Entity-Relationship-Diagramm
Erzeugungsprozess 148, 151
Ethik 68, 237, 273
Ethikkommission 337
Eureqa 188, 189
EVA-Darstellung 151, 152
EVA-Prinzip 39, 104, 107, 148, 169
Evolution 113, 191
Excel 48, 54, 60, 87, 165, 190
Exit Point 32
Exoskelett 266
Expertensystem 101–103, 192, 222, 223, 254

E

Echokammer 197
Edison, Thomas A. 124
Editor 162
Ein-/Ausgabewerk 81
Elektromagnetismus 83
ELIZA (Computerprogramm) 218, 354, 355
Embodiment 259
Emergenz 111, 118, 172, 219, 242, 243, 252, 355, 357
Emma (Roboter) 260
Empathie 257
ENIAC 80
Entität 133, 168
Entitätsklasse 142
Entitätstyp 134, 138, 145, 147–149, 162, 168
 abgeleiteter 140, 149
 Anzahl 148
Entity-Relationship-Diagramm 137, 138, 149, 152
Entry Point 32
Entscheidung s. IF-THEN-ELSE 33
Entwicklungsumgebung, integrierte 162
Entwurf 124, 125

F

Face++ 324, 327
Facebook XII, 175, 193, 197, 199, 224, 299, 314, 344, 348
Fadenwurm X, 102, 105, 272
Fahren, autonomes s. Auto, selbstfahrendes
Fake News 53, 179, 198, 200, 211, 287, 288, 302, 349, 356
Faraday, Michael 83
Farbmischung, additive 73
Fehlerfreiheit 129, 163
Fenster 95
Ferguson, Niall 197, 211
Fernschreiber 81
Fideismus 197
Filterblase 197, 356
Finger, elektrischer 13, 14, 16
Firefly (Google-Auto) 334
Five Eyes 204, 327
Flash-Speicher 83
Fledermaus 256
Flipflop 13, 14, 16, 17
Floyd, Robert W. 166
Flussdiagramm 166

- Follower 200, 201, 278
 Formel 55, 60
 FORTRAN 26
 Fortschritt 348
 Fotozelle 73
 Fremdschlüssel 143, 155
 Frequenz 107
 Freud, Sigmund 349
 Frey, Carl B. 295
 Fry, Hannah 359
 FTP (file transfer protocol) 97
 Funkloch-App 294
 Funktion s. Programmfunction 56
 Future of Life Institute 319
- G**
- GAFA (Google Apple, Facebook, Amazon, Amazon) 175, 236
 Galilei, Galileo 216
 Gates, Bill 95, 176, 184, 201, 257, 339
 Gauß, Carl F. 54
 Gazzaniga, Michael S. 250
 Gebrauchsmusik 283
 Gedankenexperiment 106, 218, 254, 255, 335
 Gegenstand, smarter 236, 289
 Gehirn 252, 253
 ... und Computer 252
 Geist
 Philosophie des 248
 Software-Analogie 253
 ... und Seele 253
 Geld 276
 Generalisierung 142
 Gerät, smartes 173, 290
 Gerst, Alexander 261
 Gesichtserkennung 10, 206, 208, 235, 282, 322, 324
 Giga (Abkürzung) 118
 Gigerenzer, Gerd 208, 216, 346
- Gleichheitszeichen (in der Programmierung) 26
 Gliederung, hierarchische 123, 148
 Go (Spiel) 225
 Google XII, 52, 110, 175, 179, 180, 220, 222, 224, 229, 236, 239, 245, 267, 334, 345, 347
 Assistant 228
 Plus 299
 Translate 224
 Goostman, Eugene 217, 219
 Gössner, Rolf 313
 GOTO 32, 33
 Grafikfilter 74
 Greenwald, Glenn 204
 Großer Bruder 205
 GUI (graphical user interface) s. Benutzeroberfläche
- H**
- Hacker 42, 119, 298, 299, 304, 310, 355
 visueller 321
 White, Grey und Black Hats 304
 Haikonen, Pentti 268
 HAL (hybrid assistive limb) 266
 Hamsun, Knut 292
 Harari, Yuval 250, 353, 358
 Hardware 3
 Harris
 Samuel ‚Sam‘ 340
 Tristan 347
 Hashwert 92
 Hate Speech 199
 Hawking, Stephen 249, 339, 352
 Header 88
 Hebb, Donald O. 105
 Hebb'sche Lernregel 105
 Heraklit von Ephesos 114, 318
 Herold, Horst 220

- Heronverfahren 47, 49
hexadezimal 12, 27
Hilbert, David 357
HIPO (hierarchy-input-process-output) 152
Hirschberg, Julia 289
HLL (high level language) s.
 Programmiersprache, höhere 27,
 28, 35, 47, 116
HNF (Heinz Nixdorf Museums-
 Forum) 261
Hochkomma 27, 205
Hofstetter, Yvonne 202, 340
Honegger, Beat D. 356
Host (Zentralrechner) 90, 96
HTML (Hypertext Markup Language)
 67, 87, 98, 100, 160, 191
HTTP (hypertext transfer protocol)
 97, 98
Huawei 335
Human Brain Project 108
Hummingbird 181
Hybris, technologische 115, 130
Hypertext 66, 67, 97
- |
- IBAN (international bank account
 number) 156
IBM 16, 90, 93, 167, 221, 225, 235,
 343
Icarus 78
ICDM (international conference on
 data mining) 182
Icon 45
IDE (integrated development environ-
 ment) s. Entwicklungsumgebung,
 integrierte
Identitätsdiebstahl 306
Identitätsproblem 172
IEEE (institute of electrical and electro-
 nics engineers) 182
IF-THEN-ELSE 33, 38, 55, 101
- Industrie 4.0 XI, 130
Industrieroboter 294
Inferenzmaschine 103
Influencer 193, 200, 278
Information XI, 7, 8, 64, 253
Informationskapitalismus 274, 276,
 344, 358
Informationsträger 7, 8
Inkonsistenz (Datenbank-) 140, 144,
 155, 156
Instagram 200
Intelligenz 116, 215, 218, 264
 künstliche s. Künstliche Intelligenz
 217
 natürliche 241
Internet XI
 der Dinge 98, 190, 289, 300, 317,
 335
Interpreter 44, 55
iOS 95, 162
IoT (internet oft things) s. Internet der
 Dinge
IP-Adresse 98
IPPNW (international physicians for
 the prevention of nuclear war)
 320
IPv6 98
Ishiguro, Hiroshi 259
Ist-Analyse 127
IT (information technology) 15, 91, 144
Iteration 47, 60, 63, 164
- J
- Jacquard, Joseph-Marie 3, 17, 35, 82
Jahr-2000-Problem 132
Java (Programmiersprache) 159
JavaScript (Programmiersprache) 159
Jenner, Kylie 200, 201
Jeopardy! 225
Jinping, Xi 325
Jobs, Steve 90
Josephspfennig 329

K

Kaeser, Joe 295
 Kaku, Michio 249, 252, 261, 270, 272
 Kant, Immanuel 332
 Kardashian-Clan 200
 Karliczek, Anja 294
 Kasparow, Garri 225
 Kasperski, Jewgeni 317
 Kaspersky Lab 310, 317
 Kästner, Erich 350
 Kategorie 218, 223, 234
 Kategorienfehler 146, 243, 350
 Keyless-Go-Schließsystem 308
 Keylogger 311
 Killerdrohne 318
 Kipp-Punkt 330
 Kippstufe, bistabile 14
 Klassenhierarchie 142, 144, 193
 Kleist, Heinrich von 283
 Klickköder (clickbait) 196
 KNN (Künstliches neuronales Netz) s.
 Netz, neuronales
 Knuth, Donald E. 126
 Kombinationsschlüssel 140, 141, 149,
 155
 Kommentar (Programm-) 39
 Komplexität 63, 114, 115, 118, 130,
 172, 186, 187, 211, 212, 317, 355
 Definition 64
 Konnektionismus 107
 Konsistenz 141, 144
 Konstante 26, 27
 Kreativität 283, 284
 Krieg der Zukunft 115
 Krypto-Miner 279
 Kryptowährung 277, 278, 280
 Kundenbewertung 302
 Kunst 283
 Künstliche Intelligenz (KI) 66, 68, 69,
 76, 78, 116, 118, 151, 174, 187,
 188, 215, 218, 233, 262, 325,
 331, 343

schwache/starke 216, 227, 233, 271,
 272

Kybernetik 115, 253, 342, 344

L

Ladung (elektrische) 83
 Lanier, Jaron 199
 Laplace, Marquis de 63
 Layer 107, 111
 Lebensmuster 208, 342, 344
 Leerzeichen (engl. blank) 12
 Leibniz, Gottfried W. 4, 6, 216
 Lenin, Wladimir I. 163, 278
 Lernen 112
 Arten des ... 109
 maschinelles 109, 223
 tiefes 111
 Lernregel 109, 110
 Lesesucht 183, 185
 Libratus 227
 Like 196, 202
 Linguee GmbH 222
 Link 66
 Linux 95
 Lipson, Hod 113
 Live-Streaming 195
 Lloyd, Robert 16
 Lobe, Adrian 321
 Lobo, Sascha 199, 342
 Lochkarte 3, 81
 Logik, binäre 18
 NICHT 19
 ODER 19
 UND 18
 X-ODER 19
 Lorenz, Konrad 94, 341
 Lovelace, Ada 3, 127
 LPR (license plate reader) 76
 LSTM (long short-term memory) 223,
 224

M

M2M 289, 290
 MacKay, Donald 250
 macOS 95
 Magnetplatte 83, 84
 Malware 310
 Manwin s. Mindgeek
 Marriott 303
 Maschinencode 23, 24, 35, 40, 43, 89,
 113, 116
 Matrix 112
 Matrjoschka 31, 118, 154, 242, 355,
 357
 Matthäus-Effekt 175, 201
 May, Robert 59–63
 McAfee 310
 Mega (Abkürzung) 118
 Megapixel 73
 Mehr ist anders X, 1, 17, 111, 118,
 197, 211, 215, 219, 242, 251,
 270, 272, 355, 357
 Meilenstein 125, 128, 169
 Merkmal, biometrisches 306
 Messi, Lionel 288
 Metadaten 343
 Meta-Modell 147, 153, 157
 Methode (OOP) 145
 Metzinger, Thomas 197, 250, 271
 Mezei, Leslie 233
 Micklethwait, John 228
 Microsoft XII, 110, 175, 224, 245, 299
 Migration 129, 130
 Mikrodrohne 319
 Mikroelektronik 83
 Mikroprozessor 16, 77
 Mikrotargeting s. Targeting 198, 299
 Mindgeek 213
 Minerva (Roboter) 261
 Mingzhu, Dong 324
 Minority Report 207
 MIT (Massachusetts Institute of
 Technology) 336
 Mlodinow, Leonard 70

Modell 122

Daten- s. Datenmodell
 mathematisches s. Modell, mathe-
 matisches 59, 185, 188, 189, 353
 ökonometrisches 186
 physikalisches s. Modell, physikali-
 sches 186
 Prozess- s. Prozessmodell
 Variable s. Variable
 Modellierung 128, 132, 154
 Moore, Gordon E. 16
 Moore'sches Gesetz 16, 118
 Moralmaschine 336
 Moravec, Hans P. 267
 Moravec'sches Paradox 267
 Morency, Louis-Philippe 235
 Mosseri, Adam 196
 Movebank 79
 MultiSense 235
 Münchhausen, Freiherr von 53, 93,
 139, 147, 294
 Musk, Elon 339
 Musteranalyse 283
 MYCIN (Experten system) 101

N

Nadine (Roboter) 260
 Nagel, Thomas 256
 Nakamoto, Satoshi 277
 Name, sprechender 27
 Naur, Peter 126
 Nelson, Charles „Greg“ 115
 Nerd 26
 Nervenzelle s. Neuron
 Netflix 328
 Netz, neuronales 9, 76, 78, 107, 111,
 116, 174, 222, 223, 239, 240,
 252, 283, 286
 analog 106
 digital 108
 Lernen 107
 Netz, soziales 321

Netzabdeckung 294
 Netzwerk, soziales 193, 198, 199
 Netzwerkdurchsetzungsgesetz 196
 Neuron X, 8, 103, 104, 116, 247, 253
 feuert 107
 Spiegel- 94
 Neuroplastizität 94, 109, 252
 Neurotransmitter 253
 Neusprech 205
 Neutralität der Technik 321
 Newcomen, Thomas XI
 News Feed (Facebook) 196
 Newton, Sir Isaac 47, 63
 NGO (non-governmental organization) 195, 196, 199, 203
 Nichtlinearität 60, 328, 330
 NLG (natural language generation) s.
 Textgenerierung
 Normalisierung 140, 141, 143, 155
 NSA (national security agency) 204, 313
 NSA-Affäre 204, 327, 354
 Nummernschilderkennung 75
 Nygaard, Kristen VII, 82, 255
 N-zu-N-Beziehung 137, 140

O

Obama, Barack 245, 286
 Objektebene 150–152
 Objektorientierung 145, 151, 159
 Och, Franz 222
 OCR (optical character recognition) 75
 ODER-Bedingung 19, 70
 Ökonometrie 186
 on condition 160
 O’Neil, Cathy 353
 One-Liner 43, 359
 OOP (Objektorientierte Programmierung) 144, 151, 157
 Open Source 56, 95, 352
 Operator 43
 Optioment 280

Orwell, George 205
 OS s. Betriebssystem
 Osborne, Michael A. 295
 Otte, Max 278

P

Page, Larry 181
 PageRank 181
 Paketlaufnummer 97
 Paketvermittlung 97, 211
 Palantir Technologies 221
 Parameter 36, 49, 71, 145
 Pareto-Regel 331
 Paro (Roboter) 268
 Partnership on AI 239
 Pascal
 Blaise 47, 347
 (Programmiersprache) 28, 37, 47, 55
 Pascal’sche Wette 347
 Passwort 41
 Pepper (Roboter) 267
 Perceptron 105
 Petrow, Stanislaw J. 64, 241
 PGP (pretty good privacy) 358
 Phasenkonzept 125, 128, 169
 Philosophie 146, 197, 265, 336, 359
 des Geistes 248, 255
 Moral- 335
 Photoshop 75
 Phrasendreschmaschine 67
 Pinker, Steven A. 346
 Pixar 74
 Pixel 73, 87
 Planung, technische 124, 128, 152
 Planungsfehler 129, 154
 Plastizität, neuronale 105
 Playstation 288
 Pointer 88
 Poker 227
 Political Correctness 325
 Pornografie 212, 350

- POV (point of view) 357
power-on self-test 94
Precht, Richard D. 243, 338, 339
PredPol 207
Programm 20, 22
Programmbaustein
 Entscheidung 33
 Schachtelung 33, 35
 Schleife 33, 100
Programmdesign 157, 169
Programmdokumentation 166
Programmfunktion 36, 49, 54, 70, 101, 359
Programmgenerator 39, 116
Programmiersprache
 höhere 40, 43, 169
 problemorientierte 40
Programmierstil 26, 28
Programmierung
 ereignisgesteuerte 160
 prozedurale 160
 strukturierte s. auch Programmbaustein 33
Programmstruktur 157
Projektmanagement 125, 126, 128, 169
Protokoll 97
ProtonMail 358
Provider 99, 100
Prozess (-diagramm) 150
Prozessbaum 131
Prozesshierarchie 148, 152
Prozessmodell 121, 128, 148, 152, 169
Prozessor 80, 81, 269
 Intel 8080 80
Prüfbit 17
Prüfsumme 88, 157
Pseudocode 157, 166
Punktdichte (Bild) 73
- Q
QR-Code 281
Quadratwurzel 31, 47
Qualitätssicherung 119, 125, 128, 129, 154, 169
Quellcode 40, 43, 44
- R
Radioröhre 15, 24, 80, 98
Randell, Brian 126
Ranking Booster 303
Ransomware 311, 312
Raster 73
Rasterfahndung 220, 344
Rationalisierung (Psychologie) 338
re°publica 338
Reagan, Ronald 115
Realisierung 124, 128, 145, 152, 154
 technische 125
Realisierungsplanung 124
Rechenwerk 81
Redell, David D. 115
Red Flag Act 236
Redundanzfreiheit 144
Regel 101
Regelkreis 249
Register 24, 90
Rekognition 206
Rekursion 47, 53, 215
Relais 13, 15, 80, 105
Relation 135, 136, 138
relationship s. Relation
Rembrandt 284
Replikant 271
ReviewMeta 302
Revolution, industrielle XI, 172, 328
Reynolds, Craig 57
RFID 11, 263, 295

- RGB (Rot/Gün/Blau) 73
 Riedl, Rupert 355
 Riese, Adam IX
 Ripple Sort 51
 Robot Dog 267
 Roboter 247, 257, 262, 264, 266, 267
 Robotergesetz 270
 Rödder, Andreas 164
 Rose, David L. 292
 Rosenblatt, Frank 105
 Roubini, Nouriel 280
 Roundup (Herbizid) 292
 Roxxxxy (Roboter) 262
 Rückkopplung 112, 201, 218, 249, 251, 269
 positive 328, 330
 Rücksprung 17, 32
 Russell
 Bertrand 53
 Stuart 319
 Russell'sche Antinomie 53
- S**
 Sankai Yoshiyuki 266
 Scanner 73
 Schachlegende s. Weizenkornlegende
 Schachtelung 33, 35, 71
 Schadsoftware 299, 310, 311
 Backdoor 311
 Keylogger 311
 Ransomware 312
 Stuxnet 311
 Trojaner 312
 Virus 312
 WannaCry 311
 Wurm 312
 Schank, Roger 254
 Schieb, Jörg 199
 Schildkröte (Roboter) 247
 Schiller, Friedrich 294
 Schirrmacher, Frank V, 342
 Schleife 20, 33, 41, 100, 285
 Schlüssel (logisch) 134, 138, 142, 147
 sprechender 155
 Schlüssel (physikalisch) 7
 Schlüssel, sprechender s. Schlüssel
 (logisch)
 Schmetterlingseffekt 57, 59, 211, 331
 Schmidhuber, Jürgen 111, 223, 224, 227, 240, 257, 286, 340, 353
 Schmidt
 Eric 345
 Michael 188, 189
 Schnell, Peter 52
 Schrems, Maximilian 344
 Schufa 168, 326
 Schwachstelle 310
 Schwarmverhalten 57
 Regeln 57
 SCIGen 68
 SCLM (software configuration and library manager) 167
 Score (Punktestand) 325, 326
 Scrum 163
 SDI (strategic defense initiative) 115
 Searle, John R. 254
 Sedol, Lee 225, 226
 Seele, unsterbliche 242
 Segen oder Fluch 183, 349
 Selbstbezüglichkeit 41, 53, 139, 147, 164, 180, 215, 226, 312, 316
 Selbstmodell s. auch Bewusstsein 250, 251, 256, 259, 271
 Selbstorganisation 242
 Selfie 350
 Semantik 78
 Semantik-Analyse 225
 SEO (search engine optimization) 181
 Server s. Client/Server-Systeme 96, 97
 SEU (Software-Entwicklungsumgebung) s. Entwicklungsumgebung, integrierte 162
 Sharing Economy 275
 Shermer, Michael 200
 Sicherheitslücke 310

- Signalvektor, neuronaler 269
Signalverarbeitung 77, 106
Simpson, George G. 250
SimSensei 235
Singlebörsen 308
Siri 224, 260
Skriptsprache 159
Slaughterbot 318
Smart
 City 290, 291
 Compose 181
 Home 315
Smartphone 11, 45, 173, 183, 192,
 224, 241, 274, 281, 290, 313,
 348
Snowden, Edward J. 204, 211, 342
Social Scoring s. Sozialkredit-System
 325
Sockenpuppe 314, 315
Software 3, 119
 Engineering s. Software-
 Entwicklung 126
 freie 95, 109, 190
Software-Entwicklung 127
 professionelle 119, 129
Software-Krise 32, 126
Solid 238
Soll-Konzept 127
Sophia (Roboter) 259
Sortieralgorithmus 50
Source Code s. Quellcode
Soziale Medien 185, 193, 199
Sozialkredit-System 322
Sozialpunkt 323
Spaghetti-Programm 32
Spam 274, 312
Spezialisierung 142
Spiegelneuron 94, 273
Spiegeltest 259, 264
Spiel des Lebens 58
Spotify 328
SpotMini (Roboter) 267
Sprache 264, 266
Spracherkennung 77
Sprachspiel 264
Sprungbefehl 13, 17, 32, 160
SQRT s. Quadratwurzel
Staatstrojaner 312, 313
Startpage 358
Steels, Luc 264, 265
Steuerwerk 22, 81, 89
Steuerzeichen 85–87
Struktogramm 51, 166
Strukturierungskriterium 148, 152
Stückliste 139
Stuxnet 311, 318
Suchalgorithmus 52, 180
Suchen, evolutionäres 188
Suchindex 52, 180
Supervised Learning 109, 226
SVRV 326
Swift (Programmiersprache) 45
Symbiose 191
Synapse 103, 252, 253
Syntax 56, 78
System
 regelbasiertes 101, 103
 wissensbasiertes 101, 103
System, deterministisches 56, 63, 64
Systemanalytiker 44, 148, 152
Systemsicht
 dynamische 123, 128, 148, 152
 statische 123, 128, 147
- T
- T9 181
Tabellenkalkulation 48, 54, 59
Tag Language 66, 70, 96, 161
Taktfrequenz 79
Targeting 192, 198
Tay (Chatbot) 111, 340
TCP (transmission control protocol) 97
TeamViewer 299
Technikfolgenabschätzung 211, 340,
 358

- Technologie 338
TED 352
TensorFlow 109
Testen 107, 119, 129, 163, 164, 167
Testphase (KNN) 110
Textgenerierung 67, 228
Textverarbeitung 65, 67
 Gestaltung 65, 66
 Manipulation 65
Thalmann, Nadia M. 260
Theory of Mind 333
Thrun, Sebastian 261
Tinder 344
Trainingsdaten 109
Trainingsphase (KNN) 110
Transaktion 91, 277
Transhumanismus 263
Transistor 15
Tripadvisor 303
Trojaner 312
Troll 111, 199, 314
Trolley-Problem 335, 337
Trump, Donald 195, 287, 309
Tucholsky, Kurt 256
Turing, Alan 218
Turing-Test 217, 218, 284–286
 negativer 219
Turkle, Sherry 262
Twitter 111, 178, 199, 212, 315
Typdeklaration 28
- U**
Übersetzen, maschinelles 221
Übersetzungsprogramm 221
Überwachung 205, 210, 274
Überwachungskamera 342
Überwachungskapitalismus 238
UID (unique identification database) 307
UND-Bedingung 18
Universalmaschine 46, 79, 82, 85, 90,
 100, 108, 117, 191, 272, 300
Unruh 13, 14, 79
- Unterprogramm 20, 35, 49, 70
Update (Software) 95
URL (uniform resource locator) 98, 99
USB (universal serial bus) 81
User Interface s. Benutzerschnittstelle
Utilitarismus 336
- V**
Variable 27, 29, 43, 49, 70, 186, 260
 Name, sprechender 27
Verarbeitung, verteilte 90, 96, 157
Verbreitung, virale 172, 288
Vererbung 143
Verily 236
VeriPay 263
Vernetzung 191, 317, 318, 327, 351
Vernetzung, digitale 357, 359
Verschlüsselung 352, 358
Versionsnummer 130
Verständnis 102, 189, 254, 255
Verzeichnis 85
Verzeichnisstruktur 86, 95
Virchow, Rudolf 146
Virus 299, 312
Vivy (App) 236
Vocal Avatar 231
Volkszählung(-surteil) 206
von Neumann, John 80, 89, 304
Von-Neumann-Architektur 82, 116,
 270
Von-Neumann-Flaschenhals 81
Vorgehensmodell 123, 126–128, 162,
 169
 agiles 163
Vowinkel, Bernd 253
- W**
Wachstum, exponentielles 16, 111,
 113, 114, 118, 172, 329, 330,
 358
Waffe, autonome 319

- Wahrnehmung, selektive 201, 348
Walter, Ulrich 69
Walter, William G. 247
WannaCry 311
Wartungsfreundlichkeit 26, 28, 38
Watson (KI-System) X, 225, 234
Watt, James XI
WeChat 323
Weigend, Andreas 177
Weiwei, Zhang 325
Weizenbaum, Joseph 218, 219, 354, 355
Weizenkornlegende 330
Weltumsegler-Weisheit 201
Welzer, Harald 339
Westerwelle, Guido 89
Whistleblower 203, 352
Wie Computer denken IX, 12, 19, 21, 28, 42, 44, 45, 50, 131, 137, 146, 163, 253, 283, 305, 354, 355, 359
Wiener, Norbert 253, 342
Wikelski, Martin 78
Wikipedia 95, 99, 352
Windows 86, 95, 115
Wirklichkeit 185
Wirklichkeitsaspekt 186
Wissensbasis 101
WM Dolls 262
Wood Wide Web 191
Word 87
- World Wide Web 96, 98, 191
Wortanalyse 180
Wozniak, Steve 90
Wurm 312
- X
- Xcode 162
XCR-1 (Roboter) 269, 270
X-ODER-Bedingung 19
- Y
- Y2K-Bug 132, 164
Yahoo 303
Yiwei, Yang 324
Yogeshwar, Ranga 173, 238
YouTube 75, 195, 201, 212, 262, 288
- Z
- Zero-Day-Exploit 310
Zettabyte 190
Zitis 312
Zombie 255, 257, 258
Zuboff, Shoshana 238
Zuckerberg, Mark 193, 197
Zufallszahl 265
Zuse, Konrad 13, 77
Zuweisung (-szeichen) 26, 27, 48
Zwischenzustand 149, 151, 152