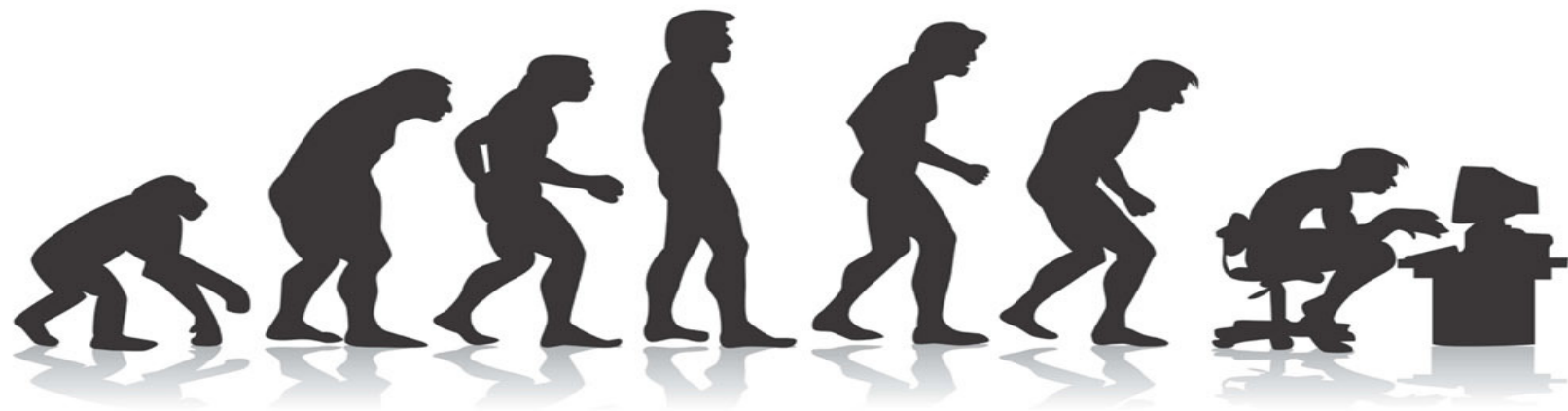


KARL OLSBERG

Schöpfung außer Kontrolle



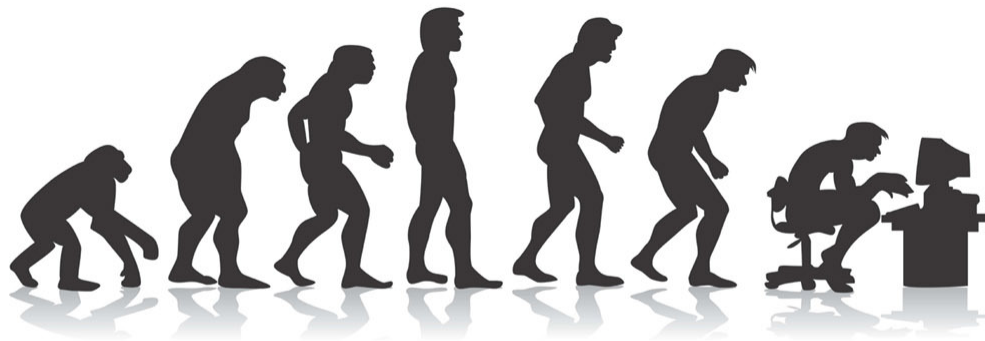
Wie
die Technik
uns benutzt

aufbau



KARL OLSBERG

Schöpfung außer Kontrolle



Wie
die Technik
uns benutzt

⌘ aufbau

Über Karl Olsberg

Karl Olsberg promovierte über Anwendungen Künstlicher Intelligenz. Er war Unternehmensberater, Marketingdirektor eines TV-Senders, Geschäftsführer und erfolgreicher Gründer mehrerer Start-ups. Heute arbeitet er als Schriftsteller und Unternehmer und lebt mit seiner Familie in Hamburg.

Bislang erschienen im Aufbau Taschenbuch seine Thriller »Das System«, »Der Duft«, »Schwarzer Regen«, »Glanz« sowie »Die achte Offenbarung«.

Mehr vom und zum Autor unter: www.karlolsberg.de

Informationen zum Buch

Wenn die Maschinen uns nicht mehr brauchen

Angenommen, die Entwicklung der Technik folgt demselben evolutionären Prinzip, das für alles Lebendige gilt: Was bedeutet das für unsere Zukunft? Werden Maschinen bald ohne uns auskommen? Wie können wir verhindern, in eine immer verhängnisvollere Abhängigkeit von Systemen zu geraten, die wir immer weniger verstehen?

In seiner ebenso klugen wie unterhaltsamen Auseinandersetzung warnt Karl Olsberg eindringlich vor Naivität im Umgang mit den Annehmlichkeiten unserer hochtechnisierten Welt. Auf der Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse belegt er, wie schnell wir uns dem Punkt nähern, an dem wir unser Schicksal nicht mehr selbst in der Hand haben. Aber er weist auch Wege, mit dieser immer komplexeren technischen Umwelt umzugehen.

»Wir haben längst die Kontrolle verloren über die Dinge, die wir schufen. Wenn wir eine Zukunft haben wollen, tun wir gut daran, das zu verstehen.«

ABONNIEREN SIE DEN NEWSLETTER DER AUFBAU VERLAGE

Einmal im Monat informieren wir Sie über

- die besten Neuerscheinungen aus unserem vielfältigen Programm
- Lesungen und Veranstaltungen rund um unsere Bücher
- Neuigkeiten über unsere Autoren
- Videos, Lese- und Hörproben
- attraktive Gewinnspiele, Aktionen und vieles mehr

Folgen Sie uns auf Facebook, um stets aktuelle Informationen über uns und unsere Autoren zu erhalten:

<https://www.facebook.com/aufbau.verlag>

Registrieren Sie sich jetzt unter:
<http://www.aufbau-verlag.de/newsletter>

Unter allen Neu-Anmeldungen verlosen wir
jeden Monat ein Novitäten-Buchpaket!

Karl Olsberg

Schöpfung außer Kontrolle

Wie die Technik uns benutzt

 aufbau digital

Inhaltsübersicht

**Über Karl Olsberg
Informationen zum Buch
Newsletter**

Herzlichen Glückwunsch!

Teil I Darwins Algorithmus

- 1. Geradewegs ins Chaos**
- 2. Was Darwin nicht wusste**
- 3. Die Mathematik des Lebens**
- 4. Der Fortschritt ist blind**
- 5. Ein Reiskorn kommt selten allein**
- 6. Die Macht der Meme**
- 7. Wenn Bäume in den Himmel wachsen**

Teil II Das Schokoladenproblem

- 1. Sind Städte lebendig?**
- 2. Darwin im Supermarkt**
- 3. Die Evolution Gottes**
- 4. Alan Turings Irrtum**
- 5. Die Mensch-Maschinen**
- 6. Der Zauber der blauen Pille**

Teil III So lasst uns denn ein Apfelbäumchen selektieren

- 1. Zurück in die Steinzeit**
- 2. Wir haben die Wahl**
- 3. Gärtner im Garten Eden**

Literatur

Danksagung

Leseprobe aus: Karl Olsberg - Mirror

Weitere Informationen zur Leseprobe

Impressum

Gewidmet der ersten Maschine,
die diesen Text lesen und verstehen kann.

*Wenn sie nur kann,
wird die Natur dich dreist belügen.*

Charles Darwin

Herzlichen Glückwunsch!

Als Käufer dieses Buches sind Sie Teil einer Elite, einer kleinen Minderheit außergewöhnlich talentierter Lebewesen. Sie gehören zu einer Spezies, die herausragt unter all den Lebewesen unseres Planeten, vielleicht sogar unter allen Lebewesen des Universums. Sie können sprechen, lesen, schreiben.

Sie haben ein Gehirn, das weit leistungsfähiger ist als alles, was die uns bekannte Natur je hervorgebracht hat. Die Zahl der möglichen Verbindungen zwischen den Neuronen in Ihrem Kopf ist größer als die Zahl der Atome im Universum. Mit diesem Gebilde vollbringen wir wahre Wunder: Wir erschaffen Städte, Kunstwerke, das Internet. Wir fliegen zum Mond und spalten Atome. Wir haben keine natürlichen Feinde mehr, selbst die Krankheiten besiegen wir nach und nach. Wir verändern die Umwelt in so großem Ausmaß, dass wir uns mäßigen müssen in unserer einzigartigen Macht über die Natur.

In der Bibel steht: »Seid fruchtbar und mehret euch und füllet die Erde und machet sie euch untertan.« Wir haben diese Worte befolgt und die Herrschaft über die Erde übernommen. Schließlich sind wir die Quintessenz aus 3,8 Milliarden Jahren Evolution, die kontinuierlich danach

gestrebt hat, immer bessere und intelligentere Geschöpfe hervorzubringen.

Wir haben Probleme, ja, aber es sind nicht mehr die Probleme des Überlebens in einer feindlichen Natur, sondern selbstgemachte Schwierigkeiten wie Terrorismus, Überbevölkerung und Umweltzerstörung. Es gibt nur eine Lebensform, die uns noch wirklich gefährlich werden kann: wir selbst.

Wir wissen nicht, ob es irgendwo da draußen im Weltall Wesen gibt, die noch intelligenter, noch mächtiger sind als wir. Aber hier, auf unserem Planeten, sind wir unumstritten die Krone der Schöpfung.

Die obigen Zeilen geben mehr oder weniger die Meinung der meisten Menschen zu ihrer Rolle auf der Erde wieder. Viele würden es vielleicht nicht so drastisch ausdrücken, nicht so arrogant wirken wollen. Aber im Grunde halten wir Menschen uns für etwas Besonderes. Wir wissen, dass wir nicht perfekt sind, halten uns gegenüber dem Rest der Schöpfung aber eindeutig für überlegen. Schließlich können wir Dinge, die kein Tier kann. Wir haben zum Beispiel die Macht, mit unseren etwa 30 000 Atombomben das Leben auf der Erde – einschließlich uns selbst – weitgehend zu zerstören. Könnte es einen besseren Beweis für unsere Überlegenheit geben?

Wir sind nun mal die Krone der Schöpfung, ob wir wollen oder nicht. Wir müssen nur noch lernen, wie wir verantwortungsvoll mit unserer Führungsrolle umgehen. Das ist die »herrschende Meinung«, und vielleicht auch Ihre.

Leider ist sie falsch.

Es ist der Zweck dieses Buches zu zeigen, dass wir nicht die Krone der Schöpfung sind, sondern ihre Diener. Dass die Evolution uns schamlos ausnutzt und unsere großen Gehirne nur dazu da sind, den ewigen Kreislauf der Reproduktion, Mutation und Selektion zu beschleunigen, der allem Leben zugrunde liegt.

Wir werden Argumente dafür diskutieren, dass Städte, Autos und Fernseher nicht gezielt von uns geschaffen wurden, sondern durch denselben Evolutionsprozess entstanden sind, der auch alle Lebewesen einschließlich uns selbst hervorgebracht hat. Dass wir im Grunde nur Vermehrungshelfer für die Dinge sind, die wir herstellen, und dass diese nicht weniger »natürlich« sind als Ameisenhaufen, Tannenzapfen und Viren. Dass es sogar schwerfällt, Städte von Lebewesen abzugrenzen.

Sigmund Freud hat einmal gesagt, alle großen wissenschaftlichen Revolutionen hätten eines gemeinsam: Sie stießen die menschliche Arroganz immer wieder von einem Sockel der kosmischen Selbstsicherheit nach dem anderen. Kopernikus, Galilei, Newton und die modernen

Astronomen haben gezeigt, dass die Erde nicht der Mittelpunkt des Universums ist, sondern einen absolut gewöhnlichen Stern in einem unbedeutenden Spiralarm der Milchstraße, einer von etwa einer Billion Galaxien, umkreist. Freud selbst zerstörte die Illusion vom vernünftig handelnden Menschen und machte deutlich, dass das Unbewusste unsere Handlungen viel stärker dirigiert, als wir wahrhaben wollen.

Darwin und die moderne Genetik zeigen uns, dass wir nicht einzigartige, nach Gottes Abbild geschaffene Wesen sind, sondern uns kaum von unseren tierischen Verwandten unterscheiden. Doch erst in jüngerer Zeit, mehr als einhundertfünfzig Jahre nach der Veröffentlichung der »Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl«, werden die Implikationen seiner Entdeckung allmählich in ihrem ganzen Ausmaß klar.

Stephen Jay Gould wies in »Illusion Fortschritt« nach, dass die Evolution nicht zielgerichtet verläuft, dass intelligente Wesen nicht etwa weniger intelligenten »überlegen« sind, dass der menschliche Intellekt lediglich das Ergebnis eines zwangsläufigen statistischen Effekts ist.

Der britische Zoologe Richard Dawkins zeigt in seinem Buch »Das egoistische Gen«, dass Menschen, Tiere und Pflanzen nichts als Reproduktionsmaschinen sind, die von den Genen benutzt werden, um sich zu vervielfältigen. Er wies auch darauf hin, dass wir nicht nur Gene

vervielfältigen, sondern auch Informationseinheiten, die er Meme nannte – zum Beispiel Gedichte, wissenschaftliche Theorien oder handwerkliche Fähigkeiten. Damit schuf er ein neues, noch nicht sehr weit verbreitetes und von der Öffentlichkeit weitgehend unbeachtetes Forschungsgebiet: die Memetik.

Die Bedeutung der Evolutionstheorie geht weit über die Erklärung der Entstehung des Lebens auf der Erde hinaus. Sie entschlüsselt wirtschaftliche Zusammenhänge, liefert praktische Erkenntnisse über unser tägliches Leben und gibt uns Hinweise darauf, was uns in der Zukunft bevorsteht. Vor allem aber definiert sie unsere Rolle in der Schöpfung neu.

Mit dem Begriff »Schöpfung« ist hier nicht ein bewusster Akt eines höheren Wesens gemeint, wie die Religion ihn voraussetzt. »Schöpfung« bezieht sich vielmehr allgemein auf den Prozess, der die Vielfalt des Lebens auf der Erde hervorgebracht hat, unabhängig davon, ob dabei ein höheres Wesen eingreift oder nicht.

Es ist an der Zeit, dass wir uns von einer weiteren Illusion verabschieden. Nicht wir sind es, die die Natur beherrschen. Die Natur beherrscht uns. Mehr noch: Sie benutzt uns. Wir sind nichts anderes als ihre Helfershelfer, die den natürlichen Prozess der permanenten Umgestaltung und Anpassung, den wir Evolution nennen, dramatisch beschleunigen. Unsere Kultur und Technik sind,

ebenso wie wir selbst, Ergebnisse dieses seit Jahrmilliarden andauernden Prozesses, der auf einem simplen mathematischen Gesetz beruht.

Wir mögen glauben, dass wir diesen Schöpfungsprozess kontrollieren können, doch in Wahrheit kontrolliert er uns. Wir tun gut daran, das zu begreifen und unsere eigentliche Rolle in diesem Prozess zu akzeptieren. Dann haben wir die Chance, aus der Erde wieder einen Garten Eden zu machen – nicht als »Krone der Schöpfung« allerdings, sondern als Gärtner.

Teil I

Darwins Algorithmus

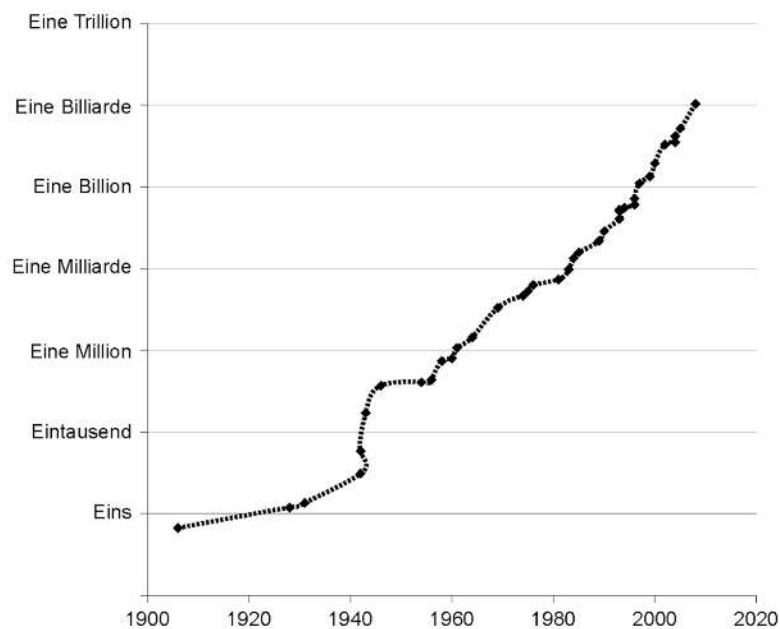
1. Geradewegs ins Chaos

Im Jahr 1981 kaufte ich mir meinen ersten Computer – einen Texas Instruments 99/4a mit 16 Kilobyte Hauptspeicher und einem mit ca. 1 Megahertz getakteten 16-Bit-Mikroprozessor, inklusive Diskettenlaufwerk für insgesamt ca. 2 500 D-Mark. Damals war ich einer der wenigen in Deutschland, die so ein Gerät für private Zwecke besaßen.

Ende 2006 erwarb ich für 1 000 Euro – also einen vergleichbaren Betrag – einen Computer mit Intel-Dual-Core-Prozessor, 3,2 Gigahertz Taktfrequenz und 2 Gigabyte Hauptspeicher. In 25 Jahren hatte sich allein die Taktfrequenz, die man für einen bestimmten Geldbetrag bekommt, um den Faktor 3 200 erhöht. Beim Hauptspeicher betrug der Faktor 131 000. Die Rechenleistung dürfte je nach Anwendung insgesamt mehr als 100 000-mal so groß sein.

Hinter dieser rasanten Entwicklung steckt ein Zusammenhang, der nach einem der Gründer des Mikroprozessor-Herstellers Intel »Moore'sches Gesetz«

genannt wird. Gordon Moore stellte schon Ende der sechziger Jahre die These auf, dass sich die Dichte der Halbleiterelemente in einem Mikrochip alle 2 bis 3 Jahre verdoppele, was in der Praxis über Jahrzehnte bestätigt wurde. Da die Dichte der Speicherelemente inzwischen an ihre physikalischen Grenzen stößt, wurde das Mooresche Gesetz so weit verallgemeinert, dass sich die Rechenleistung pro Dollar etwa alle 2 Jahre verdoppelt. Beim Vergleich eines modernen PC mit meinem alten TI 99/4a ist die durchschnittliche Verdoppelungszeit sogar noch kürzer.



Entwicklung der Rechenleistung des jeweils schnellsten Computers der Welt in Rechenoperationen pro Sekunde

Betrachtet man die Entwicklung der Rechenleistung der jeweils schnellsten Computer ihrer Zeit, so stellt man erstaunt fest, dass Moores Erkenntnis offenbar schon viel länger gilt, und zwar mit verblüffender Genauigkeit. Seit immerhin etwa hundert Jahren folgt die Steigerung der Rechenleistung einer exponentiellen Entwicklung.

Das obige Bild zeigt die Rechenleistung der jeweils schnellsten Computer der Welt in der Einheit »Flop/s« für Floating Point Operations per Second, zu Deutsch Fließkomma-Rechenoperationen pro Sekunde. Die Skala ist in diesem Bild logarithmisch dargestellt. Das bedeutet, dass zwischen zwei Strichen jeweils eine Vertausendfachung der Rechenleistung liegt.

Die Betrachtung beginnt mit den ersten mechanischen Rechenmaschinen zu Beginn des 20. Jahrhunderts, die für eine einzelne Rechenoperation noch mehrere Sekunden brauchten. Im Sommer 2008 durchbrach erstmals ein Computer von IBM mit dem hübschen Spitznamen »Roadrunner« im Los Alamos National Laboratory in den USA die Grenze von einer Billiarde (1 000 000 000 000 000) Rechenoperationen pro Sekunde. In der Zwischenzeit hatte sich die Rechenleistung ungefähr 52-mal verdoppelt, also ziemlich genau jeweils alle 2 Jahre.

Anders, als Moore es ursprünglich gemeint hatte, betrifft diese Kurve nicht eine bestimmte Technologie, sondern die Leistung von Rechenmaschinen an sich, unabhängig davon,

wie diese funktionieren. Während die ersten Computer noch mit relativ schwerfälligen elektromechanischen Relais arbeiteten, wurden durch den Einsatz von elektrischen Röhren, dann von Transistoren, integrierten Schaltungen und Mikroprozessoren immer wieder technische Grenzen überwunden.

Konrad Zuse schuf mit dem Z1 den ersten programmierbaren Rechner der Welt. Er schaffte weniger als eine Rechenoperation pro Sekunde. Dennoch war sein Konzept revolutionär, denn anders als die damals üblichen Rechenmaschinen arbeitete der Z1 bereits mit einem binären Zahlensystem, das zum Beispiel die mechanische Durchführung von Multiplikationen deutlich beschleunigte und vereinfachte.

Wie so oft stieß diese bahnbrechende Erfindung zunächst auf Skepsis und Unverständnis. Zuse erinnert sich in seinen Memoiren an ein Telefonat mit Dr. Kurt Pannke, einem Fabrikanten von Spezialrechenmaschinen, im Jahr 1937: »›Ich habe mir sagen lassen‹, begann Dr. Pannke, ›dass Sie eine Rechenmaschine erfunden haben. Nun will ich Ihnen nicht den Mut nehmen, als Erfinder zu arbeiten und neue Ideen zu entwickeln. Aber eines muss ich Ihnen doch von vornherein sagen: Auf dem Gebiet der Rechenmaschinen ist praktisch alles bis in die letzten Möglichkeiten erforscht und ausgeklügelt. Da gibt es kaum noch etwas zu erfinden, das hat mir auch der berühmte

Rechenmaschinenkonstrukteur Hamann bestätigt, nach dessen Ideen rund eine Million Rechenmaschinen gebaut worden sind. Arbeitet Ihre Rechenmaschine nach dem Prinzip der wiederholten Addition oder nach dem Prinzip der Einmaleins-Körper?« – »Das ist in meiner Maschine dasselbe«, sagte ich, worauf statt einer Antwort eine längere Pause folgte.«

Es gibt gute Gründe anzunehmen, dass sich die Leistungsfähigkeit von Computern auch in Zukunft exponentiell entwickelt, sich also weiterhin etwa alle 2 Jahre verdoppeln wird. Denn es sind bereits neue Techniken in Entwicklung, die Computer noch wesentlich schneller machen können, wie beispielsweise optische Computer, analoge Rechner (die statt nur mit 0 und 1 auch mit den Zwischenwerten rechnen können) oder die exotischen Quantencomputer. Letztere existieren bisher nur in der Theorie, könnten aber eine Aufgabe, für die ein heutiger Durchschnitts-PC viele tausend Jahre brauchen würde, in einer Sekunde lösen. Selbst mit der heute verfügbaren Technik kann man die Leistung eines handelsüblichen 1 000-Euro-PCs vermutlich noch eine ganze Weile alle 2 Jahre verdoppeln, indem man zum Beispiel statt eines einzigen Mikroprozessors mehrere Parallelprozessoren verwendet, wie dies bereits mit den »Dual-Core-« und »Quad-Core-Prozessoren« geschieht.

Die meisten Menschen können sich exponentielle Entwicklungen nur schwer vorstellen. Versuchen wir also, die zukünftige Steigerung der Computerleistung auf einen linearen Maßstab zu übertragen. Zeichnen wir dazu die Leistung eines 1 000-Euro-Computers im Abstand von jeweils 10 Jahren als Säule auf ein Blatt Papier. Die Höhe der Säule entspricht dabei der Rechenleistung. Beginnen wir mit einem PC des Jahres 2010 und wählen für seine Leistung eine niedrige Säule, zum Beispiel einen Zentimeter hoch. Bei einer Verdoppelung alle 2 Jahre wäre die nächste Säule für einen Computer des Jahres 2020 schon 32 Zentimeter hoch, mehr als die ganze Höhe eines DIN-A4-Blattes. Noch einmal 10 Jahre weiter, im Jahr 2030, wäre die Leistung eines Haushalts-PCs schon so stark, dass die zugehörige Säule eine Höhe von mehr als 10 Metern hätte und gerade noch auf die Fassade eines vierstöckigen Wohnhauses passte. Für das Jahr 2040 bräuchten wir dann schon ein 330 Meter hohes Gebäude, und die Säule für das Jahr 2050 würde sogar den Mount Everest überragen – sie wäre mehr als 10 Kilometer hoch. Immer vorausgesetzt natürlich, der exponentielle Trend der letzten 100 Jahre gilt noch weitere 40 Jahre fort.

Das ist eine riesige Rechenleistung. Wozu brauchen wir die? Eine Frage, die nicht leicht zu beantworten ist. Allerdings lässt sich bei näherer Betrachtung der Computerentwicklung feststellen, dass der Bedarf an

Rechenleistung in den letzten 100 Jahren mindestens so schnell gewachsen ist wie die Leistungsfähigkeit der Maschinen. Denken Sie nur an die Komplexität heutiger Computerspiele, die immer realitätsnäher werden und inzwischen einen höheren Produktionsaufwand haben – aber auch mehr einbringen – als mancher Hollywood-Kinohit.

Also schön, werden Sie jetzt vielleicht denken, die Rechenleistung wächst exponentiell. Ein Telefon des Jahres 2050 ist vermutlich leistungsfähiger als der heute schnellste Computer der Welt. Na und? Wo ist das Problem?

Es ist nicht die Rechenleistung selbst, die unsere Welt grundlegend verändert und uns in Zukunft nicht nur neue Segnungen, sondern auch ganz neue Schwierigkeiten bringen wird. Es ist die Komplexität der Maschinen, deren Leistungsfähigkeit so unermesslich wächst, und der Anwendungen, für die wir sie nutzen werden.

Als ich meinen ersten Computer kaufte, wurden in Computerzeitschriften sogenannte »Listings« abgedruckt – das waren Programme auf 2 bis 3 Seiten, die man problemlos abtippen konnte. Simple Computerspiele zum Beispiel oder etwa ein Programm zur Berechnung des Benzinverbrauchs. In den Hauptspeicher des Computers passte auch gar nicht viel mehr Komplexität – im Fall des TI

99/4a nur etwa 16 000 Zeichen, das sind ungefähr 10 Schreibmaschinenseiten.

Heutige Computer sind da etwas anspruchsvoller. Das Betriebssystem Windows Vista besteht nach einer Pressemitteilung des Herstellers Microsoft aus mehr als 50 Millionen Programmzeilen. Ausgedruckt wären das etwa 300 1 000 Seiten starke, zweiseitig eng gedruckte Bücher – 10-mal so viel wie eine große Enzyklopädie.

Es liegt auf der Hand, dass man solche Programme nicht mal eben »abtippt«. Man kann sie auch nicht ohne weiteres von Hand schreiben. Niemand kann die Komplexität von 50 Millionen Zeilen ohne Hilfsmittel überblicken. Man braucht dafür natürlich – Computer.

Software wird auf vielfältige Art und Weise in der Softwareentwicklung eingesetzt. Da gibt es zunächst die einfachen Werkzeuge: Texteditoren und sogenannte Compiler, die den Programmcode von einer für Menschen lesbaren in eine maschinennahe Form übersetzen. Auf der nächsten Komplexitätsstufe folgen Programmbibliotheken – Sammlungen von nützlichen Funktionen, die andere Programmierer irgendwann erstellt haben oder die vom Betriebssystem des Computers zur Verfügung gestellt werden. Es wäre ja nicht sinnvoll, dass jeder Programmierer das Rad neu erfindet und beispielsweise eine Programmroutine zur Ausgabe eines Zeichens auf dem Bildschirm entwickelt, die von hunderttausend anderen

Programmen ebenfalls benötigt wird. So etwas befindet sich natürlich schon fertig in den »Systemroutinen« des Betriebssystems.

Doch auch mit solchen Hilfsmitteln kann man die Komplexität heutiger Softwareprojekte nicht bewältigen. Also folgen auf der nächsten Ebene Planungs- und Verwaltungsprogramme, die zum Beispiel Übersichten über den Fertigstellungszustand und die aktuelle Version aller verwendeten »Software-Module« bereitstellen (Module sind einzelne Programmteile, die bestimmte Teilaufgaben, wie zum Beispiel das Drucken eines Dokuments, übernehmen).

Trotz – oder gerade wegen – dieser Hilfsmittel ist vieles, was in der Softwareentwicklung passiert, Routine. Routinetätigkeiten kann man oft automatisieren. Also gibt es längst sogenannte Codegeneratoren, die automatisch Programme schreiben. Der menschliche Entwickler sagt dem Computer dabei quasi nur noch, *was* das Programm tun soll, nicht mehr, *wie*. Ein großer Teil der Internet-Seiten, die man beim Surfen im World Wide Web zu Gesicht bekommt, wurde von solchen Codegeneratoren erzeugt.

Noch eine Stufe weiter gehen selbstlernende Programme. Sie sind in der Lage, sich selbst so zu verändern, dass sie eine bestimmte Aufgabe mit der Zeit immer besser lösen können. Obwohl diese Technik noch in den Kinderschuhen steckt, wird ihr zukünftig in einer immer komplexeren

Umwelt wohl eine wachsende Bedeutung zukommen. Heutige Anwendungen findet man beispielsweise in Computerspielen, bei denen sich die Gegner im Laufe der Zeit immer besser auf den Spieler einstellen, aber auch in technischen Systemen.

Der Effekt all dieser Technik ist, dass ein Programmierer nur noch *ungefähr* weiß, wie das Programm, das er entwickelt hat, funktioniert. Niemand versteht mehr die Komplexität eines typischen Computerprogramms, wie etwa der Textverarbeitungssoftware, mit der ich diese Zeilen schreibe, in allen Details. Niemand kennt alle Einzelheiten seiner Arbeitsweise.

Es klingt vielleicht im ersten Moment ein bisschen seltsam, dass Menschen ein funktionierendes Softwareprogramm entwickeln können, ohne dass sie genau wissen, wie es im Detail arbeitet. Aber das ist ein Grundprinzip moderner Arbeitsteilung: Niemand versteht alles. Ärzte können eine Leber transplantieren, ohne zu verstehen, wie sie auf zellularer Ebene aufgebaut ist. Heizungsmonteur können Rohre auswechseln, ohne zu wissen, wie diese hergestellt werden oder welche Technik sich genau in der Brennkammer der Heizungsanlage verbirgt. Der Konstrukteur der Bremsanlage eines Autos muss nicht im Detail verstehen, wie ein Motor funktioniert oder wie die Materialien, die er verwendet, hergestellt werden. Gentechniker verändern Genome, ohne genau zu

verstehen, welche Auswirkungen dies auf den Entstehungsprozess eines Lebewesens haben wird. Spezialisierung, ein wesentliches Merkmal unserer modernen Wirtschaft, führt dazu, dass der Überblick über das Ganze verlorengeht. Trotzdem funktioniert am Ende alles.

Jedenfalls meistens.

Ein wesentliches Problem der Komplexität ist aber, dass sich Fehler einschleichen. Je komplexer, desto mehr Fehler. Es ist leicht vorstellbar, dass ein 50 Millionen Zeilen langes Programm nicht ein Dutzend Fehler enthält, sondern viele Tausend. Natürlich findet auch die Fehlersuche längst mit Softwareunterstützung statt. Trotzdem ist es vollkommen unmöglich, ein so komplexes System völlig fehlerfrei zu machen.

Die Konsequenz erleben wir alle täglich, wenn wir mit dem Computer arbeiten: Kleine graue Fenster öffnen sich und fragen, ob man einen Fehlerbericht an den Hersteller senden möchte. Wir haben uns angewöhnt, unsere Arbeit häufig zwischenzuspeichern, weil wir jederzeit mit einem »Absturz« unserer Software rechnen müssen, der unter Umständen alles vernichtet, was wir seit dem letzten Speichern fabriziert haben. Alle Versuche, dieses Problem in den Griff zu bekommen, sind bisher gescheitert – im Gegenteil hat man das Gefühl, dass die Fehler eher zu- als abnehmen. Das ist auch daran zu erkennen, dass immer

häufiger »Updates« – verbesserte Programmversionen – aus dem Internet heruntergeladen werden. Oft sogar, ohne dass wir das überhaupt bemerken.

Jemand hat einmal geschrieben: »Wenn Baumeister Häuser so bauen würden, wie Programmierer Programme schreiben, dann würde der erste Specht, der vorbeikommt, die Zivilisation zerstören.« Das ist ein bisschen unfair: Es ist viel leichter, ein Haus zu bauen, das nicht einstürzt, als ein Programm, das niemals versagt – eben weil Programme mit Hunderttausenden von Zeilen viel komplizierter sind als Architektenpläne.

Bisher haben wir über Computer auf unseren Schreibtischen gesprochen und über Programme, die wir bewusst verwenden. Doch Computer breiten sich, oft unbemerkt, immer mehr in unserem Leben aus. Ein ganz gewöhnliches Auto enthält heute bereits wesentlich kompliziertere Computertechnik, als sie die Apollo-11-Astronauten brauchten, um auf dem Mond zu landen. Computer sind nahezu überall zu finden – in Telefonen, Waschmaschinen, Radioweckern, Spielzeug. Und immer mehr von ihnen werden miteinander verbunden, über lokale Netzwerke oder über das Internet.

Ende 2008 entstand beispielsweise ein neuer Trend auf dem Strommarkt: Sogenannte »Smart Meter« messen den Stromverbrauch digital und übermitteln ihn via Internet direkt an den Stromlieferanten. Vorbei die Zeiten, da man

in den Keller ging, um den Stromzähler abzulesen. Diese Geräte können aber nicht nur den Verbrauch automatisch übermitteln, sie können auch erkennen, welche Geräte besondere Energiefresser sind, und so beim Stromsparen helfen. In Zeiten steigender Energiepreise sicher eine nützliche Angelegenheit.

Augenblick mal, werden Sie jetzt vielleicht denken, jemand außerhalb meiner Wohnung kann sehen, ob ich gerade die Wäsche wasche, mir einen Kaffee koche oder ein Brot in den Toaster schiebe? In der Tat, so ist es. Aber mir geht es nicht um die Implikationen, die solche Technik für den Datenschutz hat. Smart Meter mögen durchaus nützlich, vielleicht sogar im Sinne der Energieeffizienz und des Umweltschutzes notwendig sein; sie sind inzwischen bei Neubauten sogar gesetzlich vorgeschrieben. Auf jeden Fall aber sind sie ein Beispiel für das subtile Eindringen der Computertechnik in immer mehr Lebensbereiche.

Wenn man Computer miteinander vernetzt, schafft man eine Komplexität, die noch einmal sehr viel größer ist als die Summe der Komplexität der Einzelteile. Das lässt sich an einem einfachen Rechenbeispiel verdeutlichen: Ein primitives Datennetz aus drei Knoten kennt drei mögliche Verbindungen, die jeweils ein- oder ausgeschaltet sein können. Das System hat dann $2^3 = 8$ mögliche Zustände, je nachdem, welche Verbindung zwischen den Knoten aktiv ist und welche nicht. Fügt man zu einem solchen System nur