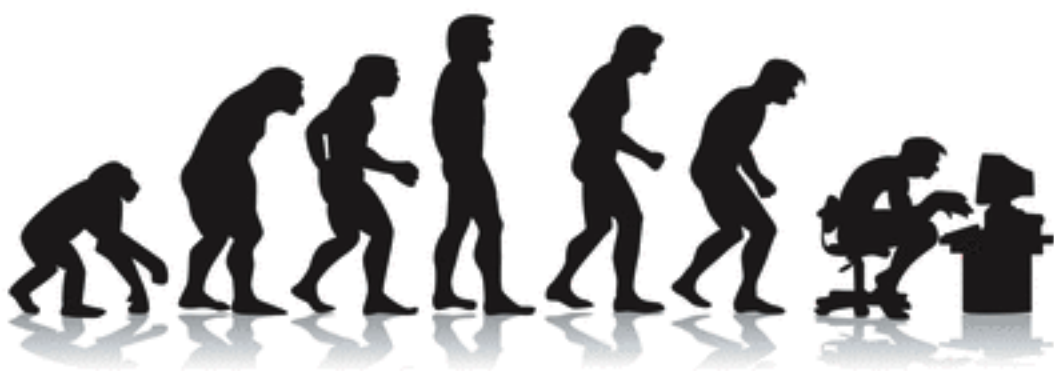


KARL OLSBERG

# Schöpfung außer Kontrolle



Wie  
die Technik  
uns benutzt

# Inhalt

## Einführung

Herzlichen Glückwunsch! .....	9
-------------------------------	---

## Teil I

### Darwins Algorithmus

1. Geradewegs ins Chaos .....	17
2. Was Darwin nicht wusste .....	36
3. Die Mathematik des Lebens .....	50
4. Der Fortschritt ist blind .....	58
5. Ein Reiskorn kommt selten allein .....	76
6. Die Macht der Meme .....	90
7. Wenn Bäume in den Himmel wachsen .....	105

## Teil II

### Das Schokoladenproblem

1. Sind Städte lebendig? .....	129
2. Darwin im Supermarkt .....	142
3. Die Evolution Gottes .....	156
4. Alan Turings Irrtum .....	180
5. Die Mensch-Maschinen .....	201
6. Der Zauber der blauen Pille .....	222

### Teil III

#### So lasst uns denn ein Apfelbäumchen selektieren

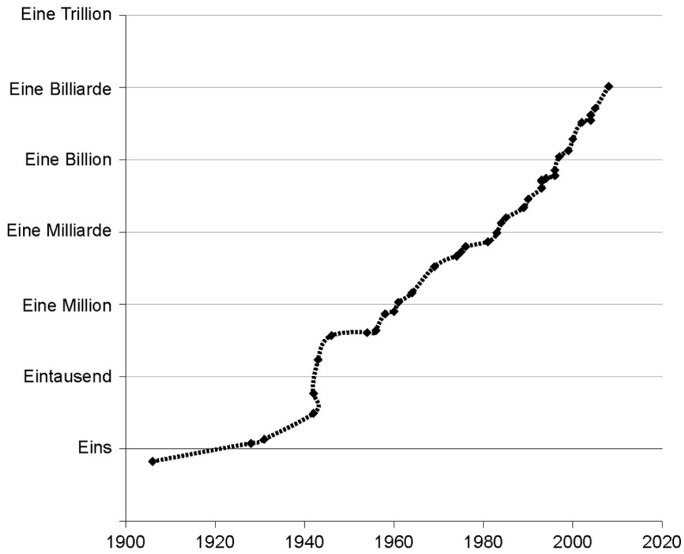
1. Zurück in die Steinzeit .....	243
2. Wir haben die Wahl .....	261
3. Gärtner im Garten Eden .....	282
Literatur .....	293
Dank .....	296

## 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. 2500 D-Mark. Damals war ich einer der wenigen in Deutschland, die so ein Gerät für private Zwecke besaßen.

Ende 2006 erwarb ich für 1000 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 3200 erhöht. Beim Hauptspeicher betrug der Faktor 131000. Die Rechenleistung dürfte je nach Anwendung insgesamt mehr als 100000-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 verdoppelt, was in der Praxis über Jahrzehnte bestätigt wurde. Da die Dichte der Speicherelemente inzwischen an ihre physikalischen Grenzen stößt, wurde das Moore'sche 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 Verdopplungszeit 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 1000-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 1000-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