

Matt Parker
DAMIT HATTE KEINER GERECHNET!



Buch

Meistens arbeitet die Mathematik in unserem Alltag unauffällig hinter den Kulissen. Bis jemand vergisst, eine »1« einzutragen und eine Brücke einstürzt, ein Flugzeug vom Himmel fällt oder ein Gebäude wankt. Was passiert, wenn Mathematik in der realen Welt schiefeht? Matt Parker erkundet und erklärt eine Reihe von Beinahe-Unfällen und Pannen und zeigt damit höchst anschaulich, wie allgegenwärtig die Mathematik in unserer Welt ist – und wie sie uns ab und zu ein Bein stellt. Wir wären alle besser dran, wenn wir Mathe als praktischen Verbündeten ansehen würden, ist Matt Parker überzeugt. Brilliant erzählte Tipping-Point-Geschichten, die beweisen, dass man am besten mit allem rechnet.

Autor

Matt Parker ist Mathematiker und Stand-up-Comedian. Der Australier studierte Maschinenbau an der University of Western Australia, wandte sich aber vor dem Abschluss dem Unterrichten von Mathematik zu und zog nach London. Er betreibt den YouTube-Kanal »StandUpMaths«, hält Vorträge und tritt in Radio und Fernsehen auf. Parker ist für die Queen Mary University London (Public Engagement in Mathematics Fellow) im Outreach Program für Mathematik tätig und war Popular Lecturer der London Mathematical Society.

MATT PARKER

DAMIT HATTE KEINER GERECHNET!

Die größten Mathe-Irrtümer der Menschheit

*Aus dem Englischen von
Susanne Kuhlmann-Krieg*

GOLDMANN

Die englische Originalausgabe erschien 2019 unter dem Titel
»Humble Pi. A Comedy of Maths Errors« bei Allen Lane,
einem Imprint von Penguin Random House UK, London.

Alle Ratschläge in diesem Buch wurden vom Autor und vom Verlag sorgfältig
erwogen und geprüft. Eine Garantie kann dennoch nicht übernommen werden.
Eine Haftung des Autors beziehungsweise des Verlags und seiner Beauftragten
für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist daher ausgeschlossen.

Der Verlag behält sich die Verwertung der urheberrechtlich
geschützten Inhalte dieses Werkes für Zwecke des Text- und
Data-Minings nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.
Jegliche unbefugte Nutzung ist hiermit ausgeschlossen.



Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH FSC® N001967

6. Auflage

Deutsche Erstausgabe Mai 2022

Copyright © 2019 der Originalausgabe: Matthew Parker

Copyright © 2022 der deutschsprachigen Ausgabe:

Wilhelm Goldmann Verlag, München,

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

produktsicherheit@penguinrandomhouse.de

(Vorstehende Angaben sind zugleich

Pflichtinformationen nach GPSR.)

Bildnachweis: siehe Seite -5

Umschlag: UNO Werbeagentur, München

Umschlagmotive: FinePic®, MünchenDaten; © Kelly Sillaste/Trevillion Images

Redaktion: Eckard Schuster

Satz: Uhl + Massopust, Aalen

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-442-17897-1

www.goldmann-verlag.de

*Gewidmet meiner Frau Lucie,
die mir unerschütterlich zur Seite steht.*

*Ja, mir ist klar, dass es schon auch
was von einem Fehler hat,
der eigenen Frau ein Buch über Fehler zu widmen.*

Anmerkung des Autors zu den Seitenzahlen

Mehrere der in diesem Buch berichteten Episoden handeln von Computersystemen, die rückwärtszählen, abstürzen, wenn sie bei null angelangt sind, und »überlaufen«. Auch wurden einige Mathefehler aus den Geschichten ganz bewusst in die Gestaltung und Struktur dieses Buches übernommen. Aus diesem Grund werden auch die Seiten rückwärtsgezählt. Bitte bringen Sie das Buch deshalb nicht zu Ihrer Buchhandlung zurück, um ihr Geld zurückerstattet zu bekommen.

INHALT

0	Einleitung	389
1	Wenn das Zeitgefühl beim Teufel ist	379
2	Konstruktionsfehler	351
3	Little Data	323
4	Außer Form	294
5	Darauf können Sie nicht zählen	263
6	Unberechenbar 1	236
7	Wahrscheinlich falsch	213
8	Investieren Sie Ihr Geld da, wo Ihre Fehler schon sind	185
9	Rund gerechnet	159
9,49	Unterhalb unserer Wahrnehmungsschwelle	136
10	Einheiten, Konventionen – Warum können wir uns da nicht einigen?	120

11	Statistik, wie ich sie mag	94
12	TLOTA FUZLIGÄL	66
13	Unberechenbar 2	35
	Dank	- 1
	Abbildungsverzeichnis	- 5
	Sach- und Personenregister	- 7

Null

EINLEITUNG

Im Jahr 1995 veranstaltete Pepsi eine Werbeaktion, bei der man die Kunden Punkte sammeln ließ, die dann in Pepsi-Produkte eingetauscht werden konnten: Für 75 Punkte gab es ein T-Shirt, für 175 eine Sonnenbrille, ja, sogar eine Lederjacke für 1450 Punkte war im Angebot. Wenn man die drei Sachen zusammen auf- oder anhatte, konnte man in den 1990ern damit echt punkten. In der Fernsehwerbung zur Punkte-Aktion ließ man jemanden auftreten, der das vormachte.

Aber die Leute, die den Werbespot drehten, wollten ihn mit einem gehörigen Knaller und in »klassischer Pepsi-Verrücktheit« enden lassen. Also flog der Protagonist samt Pepsi-T-Shirt, -Sonnenbrille und -Lederjacke mit einem Senkrechtstarter zur Schule. Angeblich sei das Militärflugzeug für schlappe sieben Millionen Pepsi-Punkte zu haben.

Der Witz daran ist jedem klar: Man hat die Idee hinter der Treuepunkte-Aktion auf die Spitze getrieben und ins Lächerliche verkehrt. Solide Comedy-Schreibe. Allerdings hatte man dabei offenbar vergessen, seine Matheaufgaben zu machen. Sieben Millionen klingt erst einmal nach einer großen Zahl, aber ich glaube, das Team, das den Werbespot zu verantworten hatte, hat sich nicht die Mühe gemacht nachzurechnen, ob sie wirklich groß genug ist.

Jemand anders hingegen schon. Damals kostete ein einsatz-

bereiter Senkrechstarter vom Typ AV-8 Harrier II das US-Marinekorps mehr als 20 Millionen Dollar, und dankenswerterweise gibt es eine einfache Möglichkeit der Umrechnung zwischen den Währungen US-Dollar und Pepsi-Punkte: Pepsi gestattete jedermann, Extrapunkte käuflich zu erwerben, das Stück zu 10 Cent. Nun bin ich nicht allzu bewandert, was die Marktpreise für Kampfflugzeuge aus zweiter Hand betrifft, aber für mich klingt die Summe von 700 000 Dollar für ein Zwanzig-Millionen-Flugzeug nach einem guten Deal. Das galt auch für John Leonard, der versuchte, diesen umzusetzen.

Dabei ging es allerdings nicht um ein zahmes »versuchte«. Er setzte alles auf eine Karte. Die Werbeaktion sah vor, dass Leute für eine Bestellung aus dem Original-Pepsi-Katalog ein Minimum von 15 ordnungsgemäß erworbenen Pepsi-Punkten vorweisen mussten, dem sie dann einen Scheck über die restliche Summe plus 10 Dollar für Versand und Bearbeitung beilegen konnten. John hielt sich daran. Er verwendete ein Originalformular, sammelte 15 Punkte durch den Kauf von Pepsi-Produkten und legte bei seinen Anwälten 700 008,50 Dollar auf einem Treuhandkonto ein, um den Scheck zu decken. Der Typ hat das Geld sogar aufgenommen! Es war ihm toderntst.

Pepsi wies seine Forderung zunächst lapidar zurück: »Der Harrier-Jet in der Pepsi-Werbung ist ein Jux, allein dazu da, dem Spot ein witziges und amüsanter Ende zu verleihen.« Aber Leonard hatte bereits Anwälte eingeschaltet und war bereit zu kämpfen. Seine Anwälte schossen zurück: »Hiermit fordern wir Sie in aller Form auf, Ihrer Zusage nachzukommen und auf der Stelle Vorkehrungen zu treffen, unserem Klienten das neue Harrier-Flugzeug zukommen zu lassen.« Pepsi gab nicht nach, Leonard klagte, und die Sache ging vor Gericht.

Der Fall trat ein ordentliches Hin und Her darüber los, ob der fragliche Spot ganz offensichtlich ein Witz sei oder ob die Möglichkeit bestehe, dass ihn jemand mit Fug und Recht ernst nehmen könne. Die offizielle Stellungnahme des Vorsitzenden Richters war ein Vorgesmack darauf, wie abstrus das alles werden würde: »Das Bestehen des Klägers darauf, dass der Werbespot ein ernst gemeintes Angebot darstelle, verlangt vom Gericht zu klären, was den Spot witzig macht. Zu erläutern, warum ein Witz witzig ist, ist eine verzwickte Angelegenheit.«

Aber sie haben es versucht!

Die Aussage des Teenagers, einen Harrier-Jet zur Schule zu nehmen »schlage jeden Bus«, offenbart eine wenig plausible unbekümmerte Vorstellung von den Schwierigkeiten und Gefahren, die mit dem Führen eines Kampfflugzeugs – im Vergleich zur Benutzung eines öffentlichen Transportmittels – in einem Wohngebiet einhergehen würden.

Keine Schule würde eine Landefläche für den Kampffjet eines Schülers zur Verfügung stellen, noch würde sie die Störung durch ein solches Flugzeug dulden.

Im Lichte des gut dokumentierten Einsatzspektrums des Harrier-Jets als Kampfflugzeug gegen Ziele am Boden und in der Luft, zur bewaffneten Aufklärung und Abriegelung aus der Luft sowie zur offensiven und defensiven Luftabwehr im Kriegsfall ist die Darstellung eines solchen Flugzeugs als Transportmittel für den morgendlichen Schulweg ganz eindeutig nicht ernst gemeint.

Leonard hat seinen Jet nie bekommen, und Leonard gegen PepsiCo Inc. ist heute ein Stück Rechtsgeschichte. Ich persönlich

finde es tröstlich, dass mir nun, wenn ich etwas in Richtung »gehörigem Knaller« äußere, ein gesetzlich anerkannter Präzedenzfall zur Verfügung steht, der mich vor Leuten schützt, die mich ernst nehmen. Und wenn irgendwer ein Problem damit haben sollte, sammle er einfach genügend Parker-Punkte für ein kostenloses Foto von mir, das zeigt, wie wenig mich das schert (Versand- und Bearbeitungskosten sind selbst zu tragen).

Pepsi bemühte sich seinerseits, sich vor künftigen Problemen solcherart zu schützen, und veröffentlichte den Spot in überarbeiteter Form mit einem Wert von 700 Millionen Pepsi-Punkten für die Harrier. Ich habe mich gewundert, dass man diese große Zahl nicht gleich zu Anfang genommen hatte, schließlich sind sieben Millionen nicht einen Deut witziger. Das Unternehmen hatte sich schlicht nicht die Mühe gemacht nachzurechnen, als es sich für eine willkürlich gewählte Zahl entschied.

Wir Menschen sind nicht sonderlich gut darin, den Wert einer großen Zahl korrekt zu erfassen. Und selbst wenn wir wissen, dass eine Zahl größer ist als eine andere, schätzen wir die tatsächliche Differenz häufig nicht richtig ein. 2012 musste ich bei den BBC-Nachrichten antreten, um zu erklären, wie groß eine Billion ist. Die Schulden des Vereinigten Königreichs waren soeben auf über eine Billion Pfund angewachsen, und so losten sie mich aus, um zu erklären, dass das eine große Zahl ist. Ganz offensichtlich würde es nicht reichen, lauthals zu verkünden: »Das ist wirklich 'ne Menge Kohle, und damit zurück ins Studio!«, also musste ich mir ein Beispiel einfallen lassen.

Ich verlegte mich auf meine Lieblingsmethode, und zwar das Veranschaulichen von großen Zahlen mithilfe von Zeit. Wir wissen, dass eine Million, eine Milliarde und eine Billion unterschiedliche Größenordnungen sind, aber oft ist uns nicht klar,

wie atemberaubend groß der Abstand von einer zur anderen ist. Eine Million Sekunden von jetzt an, das bedeutet ein bisschen weniger als elf Tage und vierzehn Stunden. Nicht so schlimm. So lange könnte ich warten. Das sind weniger als zwei Wochen. Eine Milliarde Sekunden sind mehr als einunddreißig Jahre.

In einer Billion Sekunden von heute an schrieben wir das Jahr 33700 unserer Zeitrechnung.

Diese erstaunlichen Zahlen sind nach einem kurzen Nachdenken klar wie Kloßbrühe. Million, Milliarde und Billion sind jeweils das Tausendfache voneinander. Eine Million Sekunden sind grob über den Daumen gepeilt ein Drittelmonat, also entspricht eine Milliarde Sekunden etwas in der Größenordnung von 330 (ein Drittel von tausend) Monaten. Und wenn eine Milliarde ungefähr 31 Jahren entspricht, dann entspricht eine Billion natürlich 31 000 Jahren.

Im Laufe des Lebens lernen wir, dass Zahlen linear angeordnet sind, mithin der Abstand zwischen zwei Zahlen immer der gleiche ist. Wenn Sie von eins bis neun zählen, ist jede neue Zahl eins mehr als die vorangegangene. Wenn Sie jemanden fragen, welche Zahl auf halber Strecke zwischen eins und neun liegt, wird er entgegnen: »fünf« – aber nur, weil man es ihm so beigebracht hat. Schafsnasen aufgewacht! Wir Menschen haben bei Zahlen nämlich instinktiv eine logarithmische Wahrnehmung und keine lineare. Wenn Sie ein kleines Kind fragen oder jemand anderen, der nicht durch unser Bildungssystem indoktriniert wurde, wird es oder er die Drei auf halber Strecke zwischen eins und neun einordnen.

Drei ist eine andere Art von Mitte. Sie ist das logarithmische Mittel, will sagen, die Mitte im Kontext der Multiplikation, nicht der Addition. $1 \times 3 = 3$. $3 \times 3 = 9$. Sie können von eins nach

neun gelangen, indem Sie entweder in Viererschritten addieren oder indem Sie in Dreierschritten multiplizieren. Das »Multiplikationsmittel« ist demnach drei, und das ist das, was Menschen von Natur aus sehen – bis man es uns anders beibringt.

Als man die Angehörigen der indigenen Munduruku am Amazonas bat, Gruppen von Punkten auf einer Art Zahlenstrahl ohne Unterteilung, aber mit einem Punkt am Anfang und zehn Punkten am Ende, einzuordnen, platzierten sie Dreiergruppen in der Mitte. Wenn Sie ein Kind im Kindergartenalter oder kleiner kennen, dessen Eltern nichts gegen Ihre Experimente haben, wird es genau dasselbe tun, wenn es Zahlen einordnen soll.

Selbst nach lebenslangem Lernen und Umgang mit kleinen Zahlen bleibt uns das rudimentäre Empfinden, dass große Zahlen einer logarithmischen Beziehung gehorchen, mithin der Abstand zwischen einer Billion und einer Milliarde sich ungefähr genauso weit anfühlt wie der zwischen einer Million und einer Milliarde – in beiden Fällen geht es um ein Tausendfaches. In Wirklichkeit aber ist der Abstand zur Billion sehr viel größer: so wie der Unterschied zwischen dem Erreichen eines Alters von Anfang dreißig und einer Zeit, da die Menschheit womöglich nicht mehr existiert.

Unser Gehirn ist einfach nicht so verschaltet, dass es die Schulmathematik locker beherrscht. Verstehen Sie mich nicht falsch: Wir kommen mit einem fantastischen Spektrum an zahlenassozierten und räumlichen Fertigkeiten zur Welt. Selbst Babys können die Zahl an Punkten auf einem Blatt Papier erfassen und rudimentäre Berechnungen damit anstellen. Wir werden außerdem voll ausgestattet für das Erlernen von Sprache und für symbolisches Denken geboren. Aber die Fertigkeiten, die uns ermöglichen zu überleben und Gemeinschaften zu bil-

den, gehorchen nicht notwendigerweise den Kriterien der formalen Mathematik. Eine logarithmische Skala ist in jedem Falle eine gültige Form der Anordnung und des Vergleichs von Zahlen, aber die Mathematik braucht eben auch die lineare Zahlengerade.

Alle Menschen sind zuerst einmal töricht, wenn es um das Erlernen formaler mathematischer Elemente geht. Es ist ein Prozess – wir nehmen, was die Evolution uns gegeben hat, und weiten unsere Fertigkeiten in Sphären aus, die zunächst unseren Verstand übersteigen. Wir werden nicht mit einer wie auch immer gearteten Fähigkeit geboren, Brüche oder negative Zahlen zu verstehen oder eines der vielen anderen schrägen Konzepte, die von Mathematiker-Gehirnen entwickelt wurden. Doch im Laufe der Zeit kann Ihr Gehirn peu à peu lernen, mit ihnen umzugehen. Wir verfügen heute über Schulsysteme, die Schüler zwingen, sich mit Mathematik auseinanderzusetzen, und durch eine genügend intensive Beschäftigung damit können unsere Gehirne lernen, mathematisch zu denken. Aber wenn diese Fertigkeit nicht mehr benutzt wird, fällt das Gehirn sehr rasch wieder auf seine Fabrikeinstellung zurück.

Im Vereinigten Königreich musste ein Rubbel-Los noch in der Woche seiner Einführung wieder vom Markt genommen werden. Das Unternehmen Camelot (das unter anderem Veranstalter der englischen National-Lotterie ist – Anm. d. Ü.) hatte sich das Konzept ausgedacht und schob sein Scheitern auf »Verwirrung bei den Spielern«. Die Lotterie trug den Namen Cool Cash, und auf den Losen war ein Temperaturwert aufgedruckt. Ergab das Gerubbel des Spielers eine Temperatur, die unter dem abgedruckten Sollwert lag, hatte er gewonnen. Aber eine Menge Spieler schienen Probleme mit negativen Zahlen zu haben:

Auf einem meiner Lose hieß es, ich müsse im Rubbelfeld eine Temperatur von weniger als -8 Grad haben. Die Zahlen, die bei mir erschienen waren -6 und -7 Grad, also dachte ich, ich hätte gewonnen, die Frau im Lottogeschäft auch. Aber als sie das Los einlas, sagte die Maschine, ich hätte nichts gewonnen. Ich habe bei Camelot angerufen, aber sie haben mich abgewimmelt und wollten mir weismachen, dass -6 mehr und nicht weniger als -8 sei. Aber ich kaufe ihnen das nicht ab.

Was das Ausmaß an Mathematik, wie wir sie in unserer modernen Gesellschaft anwenden, eindrücklich und erschreckend zugleich vor Augen führt. Unsere Art hat gelernt, mathematische Sphären zu erkunden und zu nutzen, um Dinge zu tun, die weit über das hinausgehen, was unsere Gehirne von Natur aus verarbeiten könnten. Das erlaubt uns Leistungen weit jenseits dessen, wofür unsere innere Hardware angelegt ist. Wenn wir abseits unserer Intuition operieren, können wir die interessantesten Dinge tun, aber genau da sind wir auch am verwundbarsten. Ein einfacher Rechenfehler kann hier unbemerkt durchgehen, aber am Ende verheerende Folgen haben.

Die Welt von heute ist gelebte Mathematik: Computerprogramme, Finanzwirtschaft, Technik ... all das ist Mathematik in unterschiedlicher Verkleidung. Alle möglichen Arten von scheinbar harmlosen Schnitzern können daher die abstrusesten Konsequenzen haben. Dieses Buch ist eine Sammlung meiner mathematischen Lieblingsfehler aller Zeiten. Fehler wie die auf den folgenden Seiten sind nicht einfach nur amüsan, sie sind entlarvend. Sie lüpfen kurz den Vorhang und enthüllen uns eine Mathematik, die normalerweise still und unbemerkt hinter den

Kulissen agiert. Es ist, als werde hinter unserer modernen Hexerei ganz kurz der Zauberer von Oz sichtbar, der mit Rechenschieber und Abakus Überstunden schiebt. Immer erst dann, wenn etwas schiefgeht, bekommen wir ein Gefühl dafür, wie weit die Mathematik uns aufsteigen lässt – und wie tief der Fall hernach sein kann. Ich habe nicht die Absicht, mich über die Leute lustig zu machen, die für diese Versehen verantwortlich sind. Auf mein Konto gehen mit Sicherheit genug eigene Fehler. Uns allen geht es so. Als zusätzliche Spaßaufgabe habe ich mit Absicht drei meiner eigenen Patzer im Buch stehen lassen. Geben Sie mir Bescheid, wenn Sie sie alle drei gefunden haben!

Eins

WENN DAS ZEITGEFÜHL BEIM TEUFEL IST

Am 14. September 2004 waren am Himmel über dem Süden Kaliforniens ungefähr achthundert Flugzeuge auf Langstreckenflügen unterwegs. Durch einen mathematischen Fehler sollte das Leben Zehntausender Passagiere an Bord in Gefahr geraten. Ohne jede Vorwarnung kam der Zentrale der Luftverkehrsüberwachung im Raum Los Angeles mit einem Schlag die Sprechfunkverbindung zu all diesen Maschinen abhanden. Das sorgte für ein beträchtliches Maß an Entsetzen.

Drei Stunden blieben die Funkgeräte außer Funktion, in dieser Zeit griffen Lotsen und Flugleiter zu ihren Handys, um Kontakt zu anderen Luftverkehrsüberwachungszentren aufzunehmen, damit diese die Kommunikation mit den Maschinen aufrechterhielten. Es gab keine Unfälle, lediglich zehn Flugzeuge gerieten in dem entstandenen Chaos in geringere Distanz zueinander als vorgeschrieben (9 Kilometer in horizontaler und 600 Meter in vertikaler Richtung), zwei Maschinenpaare passierten einander in einer Distanz von knapp 4 Kilometern. Vierhundert Flüge am Boden hoben mit Verspätung ab, weitere sechshundert wurden abgesagt. Alles wegen eines mathematischen Systemfehlers.

Von offizieller Seite aus gibt man sich im Hinblick auf Details

zum genauen Ablauf der Ereignisse einsilbig, wir wissen aber, dass das Problem mit dem Zeiterfassungssystem der Computer im Kontrollzentrum zu tun hatte. Das System der Luftverkehrsüberwachung fing offenbar bei dem Wert 4 294 967 295 an und zählte in Millisekunden rückwärts, was bedeutete, dass es 49 Tage, 17 Stunden, 2 Minuten und 47,296 Sekunden brauchte, um auf null zu kommen.

Normalerweise sollte das System immer neu gestartet werden, bevor es so weit war, und der Countdown würde wieder bei 4 294 967 295 beginnen. Nach allem, was ich weiß, waren sich einige Leute darüber im Klaren, dass hier ein potentielles Problem lag, und es war Usus, das System mindestens alle dreißig Tage neu zu starten. Das bedeutete allerdings letztlich nur, sich um das Problem herumzumogeln, denn das Vorgehen änderte nichts am zugrundeliegenden mathematischen Fehler, der darin bestand, dass niemand nachgerechnet hatte, wie viel maximale Laufzeit die Millisekunden für das System tatsächlich bedeuteten. 2004 lief es daher aus Versehen fünfzig Tage am Stück, erreichte null und schaltete sich ab. Achthundert Flugzeuge, die soeben über einer der größten Städte der Welt ihre Bahn zogen, waren in Gefahr, weil man schlicht und einfach keine hinreichend große Zahl gewählt hatte.

Die Leute schoben die Schuld blitzschnell auf ein kürzlich durchgeführtes Update der Computersysteme auf eine neue Windows-Version. Einige der frühen Windows-Ausgaben (insbesondere Windows 95) litten unter genau demselben Problem. Wann immer Sie das Programm starteten, zählte Windows in Millisekunden die »Systemzeit«, innerhalb derer alle anderen Programme betrieben wurden. Sobald es aber 4 294 967 295 erreicht hatte, schaltete es zurück auf null. Manche Programme –

Treiber zum Beispiel, die es dem System ermöglichen, mit externen Komponenten zu kommunizieren – hatten ein Problem, wenn die Zeit plötzlich einen Rückwärtssprung machte und neu gezählt wurde. Diese Treiber waren auf korrekte Zeitmessung angewiesen, um sicherzustellen, dass die angeschlossenen Geräte ordnungsgemäß reagierten und nicht zu lange »einfroren«. Wenn Windows dann plötzlich die Zeit null meldete, stürzten sie ab und nahmen das gesamte System mit.

Es ist nicht klar, ob Windows selbst unmittelbar an dem Vorfall von 2004 schuld war oder vielmehr eine neu programmierte Programmsequenz seitens des Kontrollzentrums. Wie dem auch sei, wir wissen, dass die Zahl 4 294 967 295 schuld ist. Sie war nicht groß genug für die Heimcomputer der 1990er-Jahre, und sie war nicht groß genug für die Luftverkehrsüberwachung der 2000er. Oh, und sie war auch 2015 nicht groß genug für die Boeing 787, den »Dreamliner«.

Bei der Boeing 787 gab es ein Problem mit dem System, das die Generatoren für die Stromversorgung im Flugzeug kontrolliert. Dort hatte man offenbar die Zeit mithilfe eines Zählwerks bemessen, das in 10-Millisekunden-Schritten zählte (also hundert Mal pro Sekunde tickte) und bei 2 147 483 647 (verdächtigweise ziemlich genau die Hälfte von 4 294 967 295) ablief. Das hieß, wenn das System 248 Tage, 13 Stunden, 13 Minuten und 56,47 Sekunden ununterbrochen lief, konnte die Boeing 787 plötzlich ohne Strom sein. Das schien lange genug, dass die meisten Flugzeuge neu gestartet werden würden, bevor es zu Problemen kam, aber doch immerhin so kurz, dass ein Stromversorgungsverlust im Bereich des Denkbaren lag. Die amerikanische Luftfahrtbundesbehörde FAA (Federal Aviation Administration) beschrieb die Lage wie folgt:

Der interne Software-Zähler der Steuereinheiten für die Generatoren (*generator control units*, GCUs) wird nach 248 Tagen Dauerbetrieb überlaufen, wodurch die GCUs auf Sicherheitsmodus schalten werden. Wenn die vier (mit den triebwerkeigenen Generatoren verschalteten) Hauptgeneratoren zur selben Zeit hochgefahren werden, würden nach 248 Tagen Dauerbetrieb alle vier GCUs zur selben Zeit auf Sicherheitsmodus umschalten und so unabhängig von der Flugphase zum Verlust der gesamten Wechselstromversorgung führen.

Ich glaube, dieses »unabhängig von der Flugphase« ist der offizielle FAA-Sprech für »das Ding kann mitten im Flug den Geist aufgeben«. In der offiziellen Sprachregelung zur Flugtauglichkeit war von einer »in regelmäßigen Abständen notwendigen Wartungsaufgabe der Stromabschaltung« die Rede. Will sagen, jedermann im Besitz einer Boeing 787 hat daran zu denken, die Maschine regelmäßig ab- und wieder anzuschalten. Das ist der klassische Programmierertrick, ein Problem zu lösen. Boeing hat seine Programme seither upgedatet, um das Problem zu beheben. Inzwischen ist es nicht mehr nötig, beim Flugzeug kurz einen Restart durchzuführen, um es startklar zu machen.

Wenn 4,3 Milliarden Millisekunden einfach nicht genug sind

Wie also kommt es, dass sich Microsoft, das Luftverkehrskontrollzentrum von Los Angeles und Boeing bei der Zeiterfassung sämtlich auf diese scheinbar willkürliche Zahl von rund 4,3 Milliarden (oder die Hälfte davon) beschränken? Das

Problem scheint echt weit verbreitet. Wenn man sich die Zahl 4294967295 in Binärschreibweise anschaut, geht einem ein Licht auf. In den Einsen und Nullen des Computercodes notiert wird daraus 11111111111111111111111111111111 – eine Folge aus 32 aufeinanderfolgenden Einsen.

Die meisten Menschen müssen sich in ihrem Leben nie auch nur ansatzweise mit Schaltkreisen und dem Binärcode auseinandersetzen, auf dem unsere Computer basieren. Sie müssen sich nur Gedanken machen um die Programme und Apps, die auf ihren Geräten installiert sind, und gelegentlich um das Betriebssystem (zum Beispiel Windows oder iOS), auf dem diese Programme laufen. Letztere arbeiten mit den normalen Zahlen 0 bis 9 jenes Dezimalsystems, das wir alle kennen und lieben.

Unterhalb der Oberfläche liegt dem Ganzen aber der Binärcode zugrunde. Wenn die Leute Windows auf einem Computer oder iOS auf einem iPhone verwenden, haben sie es lediglich mit der grafischen Benutzeroberfläche (*graphical user interface*, GUI) zu tun. Unterhalb der GUI wird es kompliziert. Ebene um Ebene von Computerprogrammen sorgen dafür, dass jeder Mausklick und jede Wischbewegung des Gerätebenutzers letztlich in den kargen Maschinencode aus lauter Einsen und Nullen übersetzt wird, der die Muttersprache unserer Computer ist.

Wenn Sie auf einem Stück Papier lediglich Platz für fünf Ziffern hätten, wäre 9999 die höchste Zahl, die Sie auf diese Weise notieren könnten. Damit haben Sie jeden Platz mit der höchstmöglichen Ziffer besetzt. Was die Systeme von Microsoft, der Luftverkehrskontrolle von Los Angeles und von Boeing gemeinsam hatten, war der Umstand, dass es sich um binärkodierte 32-Bit-Systeme handelte, was bedeutet, dass die

höchste Zahl, die man in diesen Systemen schreiben kann, aus zweiunddreißig aufeinanderfolgenden Einsen besteht, und die lautet im Zehnersystem nun mal 4 294 967 295.

Etwas schlechter sieht es in diesen Systemen aus, wenn Sie eine der zweiunddreißig Stellen für etwas anderes brauchen. Wollten Sie jenes Stück Papier mit Platz für fünf Ziffern verwenden, um beispielsweise eine negative Zahl zu notieren, müssten Sie die erste Position für das Minuszeichen reservieren, das heißt, Sie könnten nun nur noch alle Zahlen zwischen -9999 und $+9999$ unterbringen. Man nimmt an, dass das System von Boeing mit »Vorzeichen« operiert. Wenn daher die erste Stelle wegfällt*, bleibt nur noch Raum für maximal einunddreißig Einsen, und dem entspricht im Zehnersystem die Zahl 2147 483 647. Hundertstelsekunden statt Millisekunden zu zählen, hatte ihnen ein bisschen Luft verschafft ... aber leider nicht genug.

Zum Glück lässt sich dieses Problem vorerst auf die lange Bank schieben, sodass es momentan keine große Rolle spielt. Moderne Computer haben eine 64-Bit-Architektur, sodass standardmäßig weit größere Zahlen möglich sind. Die maximal mögliche Zahl ist natürlich noch immer endlich, sodass man bei jedem Computersystem davon ausgeht, dass es hin und wieder ab- und wieder angeschaltet wird. Doch wenn ein 64-Bit-System Millisekunden zählt, stößt es erst nach 584,9 Millionen Jahren an jene Grenze. Also keine Sorge: Es muss in einer Milliarde Jahren nur zweimal neu gestartet werden.

* Natürlich kann man in einer binären Zahl kein + oder - notieren, daher muss das Vorzeichen in der Zahl selbst enthalten sein, aber auch das braucht Platz.

Kalender

Die analogen Verfahren der Zeiterfassung, die wir vor der Erfindung von Computern verwendet haben, hatten wenigstens kein Platzproblem. Die Zeiger einer Uhr können sich endlos drehen, der Kalender geht immer weiter. Vergessen Sie Millisekunden: Wenn man Gedanken nur ans Vergehen von altmodischen Tagen und Jahren verschwenden muss, kann einem ein Mathefehler nicht so leicht den Tag verderben.

Dachte zumindest das russische Schützenteam, als es 1908 zu den Olympischen Spielen in London anreiste, wenige Tage vor dem Beginn der offiziellen Wettbewerbe im Sportschießen am 10. Juli. Aber wenn Sie sich die Ergebnisse der Olympischen Spiele von 1908 anschauen, dann werden Sie feststellen, dass alle anderen Länder damals mehr oder weniger gut abgeschnitten haben, von den Russen jedoch für keinen einzigen Schießwettbewerb Ergebnisse vorliegen. Und das liegt darin begründet, dass der 10. Juli der Russen für die Leute im Vereinigten Königreich (und genau genommen auch in einem Großteil der übrigen Welt) der 23. Juli war. Die Russen verwendeten einen anderen Kalender.

Es scheint merkwürdig, dass etwas so Simplex wie ein Kalender solche Probleme bereiten kann, dass die Nationalmannschaft eines Landes zwei Wochen zu spät zu den Olympischen Spielen aufkreuzt. Aber Kalender sind sehr viel komplizierter, als Sie womöglich denken. Es ist nämlich gar nicht so einfach, ein Jahr gleichmäßig in Tage einzuteilen, und wie immer gibt es für ein und dasselbe Problem verschiedene Lösungen.

Das Universum hat uns nur zwei Zeiteinheiten geschenkt: das Jahr und den Tag. Alles andere ist eine Erfindung der Mensch-

heit, ein Versuch, sich das Leben leichter zu machen. Als die protoplanetare Scheibe sich abkühlte und sich in die Planeten differenzierte, wie wir sie heute kennen, bekam die Erde einen Drehimpuls mit, der sie auf eine Umlaufbahn um die Sonne schickte und sie unablässig um ihre eigene Achse kreiseln ließ. Ihre Umlaufbahn hat sie in einem Jahr vollendet, und die Geschwindigkeit der Erdrotation gibt uns die Länge des Tages vor.

Nur dass beide nicht genau zusammenpassen. Warum sollten sie auch! Sie sind lediglich ein Zufallsergebnis der Zusammenballung von Felsbrocken jener protoplanetaren Scheibe vor Milliarden Jahren. Die Jahresreise der Erde um die Sonne dauert heute 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten und 10 Sekunden. Aus Gründen der Einfachheit bezeichnen wir dies als $365 \frac{1}{4}$ Tag.

Das heißt, wenn Sie nach 365 Tagen Silvester feiern, muss die Erde sich noch einen Vierteltag weiterdrehen, bevor Sie wieder genau dort ankommen, wo Sie letztes Silvester gewesen sind. Die Erde flitzt mit 30 Kilometern pro Sekunde um die Sonne, an diesem Silvester werden Sie daher über 650 000 Kilometer weit weg von dem Ort sein, an dem Sie sich vergangenes Silvester befunden haben. Wenn Ihr Vorsatz fürs neue Jahr also darin bestanden hat, nicht mehr zu spät zu kommen, dann sind Sie schon jetzt damit gescheitert.

Das zeitigt nicht nur kleinere Unannehmlichkeiten, sondern ist auch ein echtes Problem, denn die Umlaufzeit der Erde um die Sonne ist auch Taktgeber für die Jahreszeiten. Auf der Nordhalbkugel fängt der Sommer Jahr für Jahr am selben Punkt der Erdumlaufbahn an, dann, wenn der Norden durch die Neigung der Erdachse der Sonne maximal zugewandt ist. Nach jedem 365-Tage-Jahr weicht der Kalender um einen Vierteltag von den Jahreszeiten ab. Nach vier Jahren würde der Sommer folglich

einen Tag später beginnen. In weniger als vierhundert Jahren, innerhalb der Dauer einer großen Zivilisation, würden sich die Jahreszeiten um drei Monate verschieben, nach achthundert Jahren hätten Sommer und Winter den Platz getauscht.

Um das in Ordnung zu bringen, mussten wir am Kalender schrauben, damit er dieselbe Anzahl an Tagen aufweist wie die Umlaufbahn. Irgendwie mussten wir es hinbekommen, von der stets gleichen Anzahl an Tagen pro Jahr abzurücken, ohne dabei am Ende mit Bruchteilen von Tagen dazustehen. Die Leute mögen es nicht, wenn Sie einen neuen Tag nicht um Mitternacht, sondern zu einer anderen Tageszeit beginnen. Wir mussten das Jahr mit der Umlaufbahn der Erde in Einklang bringen, ohne die Verknüpfung zwischen Erdrotation und Tageslänge anzutasten.

Die Lösung, auf die die meisten Zivilisationen verfielen, bestand darin, die Zahl der Tage pro Jahr zu variieren, sodass die Durchschnittszahl pro Jahr eine Bruchzahl ist. Dafür gibt es aber mehr als ein Verfahren, weshalb auch heutzutage noch immer ein paar Kalender miteinander konkurrieren (die alle zu unterschiedlichen Zeitpunkten unserer Geschichte beginnen). Angenommen, Sie machten sich einen Spaß, schnappten sich das Handy eines Freundes und stellten darauf die buddhistische Zeitrechnung ein. Mit einem Mal würde der Betreffende in den 2560er-Jahren leben. Vielleicht könnten Sie ihm dann einreden, er sei soeben aus dem Koma erwacht.

Der hauptsächlich verwendete Kalender unserer Tage ist abgeleitet vom römischen Kalender. Dieser hatte nur 355 Tage und damit beträchtlich weniger als nötig, daher wurde alle paar Jahre zwischen Februar und März ein ganzer Schaltmonat mit zweiundzwanzig oder dreiundzwanzig Tagen eingeführt. Theoretisch ließ sich der Kalender auf diese Weise mit dem

Sonnenjahr in Einklang bringen. Praktisch oblag es allerdings den jeweils herrschenden Politikern zu entscheiden, wann der Extramonat jeweils eingefügt werden sollte. Da diese Entscheidung entweder die eigene Herrschaft verlängern oder die eines Widersachers verkürzen konnte, lag ihr nicht notwendigerweise immer das Motiv zugrunde, den Kalender stimmig zu halten.

Ein politischer Ausschuss ist selten eine gute Lösung für ein mathematisches Problem. Die Zeiten bis zum Jahr 46 vor unserer Zeitrechnung waren von einiger Verwirrung gekennzeichnet, da die Extramonate mehr oder weniger willkürlich kamen und gingen. Mangelnde Aufmerksamkeit in dieser Sache konnte dazu führen, dass jemand, der von Rom weggereist war, raten musste, welches Datum man gerade zu Hause hatte.

Im Jahr 46 vor unserer Zeitrechnung beschloss Julius Cäsar, das Durcheinander zu beenden und einen neuen, verlässlichen Kalender einzuführen. Jedes Jahr sollte fortan 365 Tage haben – der nächstgelegenen ganzen Zahl zum tatsächlichen Wert –, und die Extra-Vierteltage wurden drei Jahre aufgespart und dann im vierten als ein ganzer Extratag angehängt. Das war die Geburtsstunde des Schaltjahrs mit dem Extra-Schalttag!

Um das alles aber überhaupt erst einmal startklar zu bekommen, bekam das Jahr 46 rekordverdächtige 445 Tage verpasst. Neben dem Bonusmonat zwischen Februar und März wurden zwischen November und Dezember noch zwei weitere Monate eingeführt. Ab dem Jahr 45 vor unserer Zeitrechnung gab es dann alle vier Jahre ein Schaltjahr, um den Kalender mit der Erdbewegung im Einklang zu halten.

Na ja, fast. Am Anfang führte ein Schreibfehler dazu, dass das letzte Jahr des Vierjahreszeitraums als erstes Jahr des folgenden doppelt gezählt wurde, sodass es alle drei Jahre ein Schalt-

jahr gab. Aber das wurde erkannt, berichtigt und im Jahr 3 nach Christus hatte alles seine Ordnung.

Päpstliche Kühnheit

Aber Julius Cäsars Modell fielen die 11 Minuten und 15 Sekunden Unterschied zwischen den 365,25 Tagen, die sein Kalender vorsah, und der tatsächlichen Länge von 365,242188792 Tagen in den Rücken – allerdings erst lange nach seinem Tod. Eine Verschiebung von 11 Minuten fällt anfangs nicht groß ins Gewicht, die Jahreszeiten verschieben sich nur alle 128 Jahre um einen Tag. Aber nach einem guten Jahrtausend kommt da was zusammen. Die junge aufstrebende Religion des Christentums hatte ihr Osterfest an den Frühlingsanfang gekoppelt, und Anfang der 1500er-Jahre klaffte eine Lücke von zehn Tagen zwischen dem Osterdatum und dem eigentlichen Frühjahrsanfang.

Fun Fact am Rande: Es wird vielfach behauptet, der julianische Kalender mit seinen 365,25 Tagen sei in Relation zur Erdumlaufzeit zu lange bemessen gewesen. Aber das ist falsch! Ein Umlauf der Erde um die Sonne dauert 365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten und 10 Sekunden: Das ist ein kleines bisschen mehr als 365,25 Tage. Der julianische Kalender ist demnach zu *kurz* bemessen gewesen. Zu lang ist er nur, sobald es um die Jahreszeiten geht. Verrückterweise halten sich nicht einmal die Jahreszeiten an das Umlaufjahr.

Wir befinden uns jetzt auf einer Ebene der Kalenderauflösung, auf der noch andere mechanische Eigenschaften des Erdumlaufs eine Rolle spielen. Beim Umlauf der Erde um die Sonne ändert sich auch die Neigungsrichtung der Erdachse. Dieser

Prozess der Veränderung der Achsneigung von einem Extrem zum anderen dauert 13 000 Jahre. Ein Kalender, der sich exakt an der Umlaufzeit der Erde um die Sonne orientiert, wird demnach alle 13 000 Jahre Sommer und Winter tauschen. Wenn wir die Präzession – die sich verändernde Achsenneigung der Erde – in die Umlaufbahn mit einrechnen, beträgt die Zeit zwischen den Sommersonnenwenden 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten und 45,11 Sekunden.

Die Bewegung durch die Änderung der Achsenneigung verschafft uns pro Erdumlauf zusätzliche 20 Minuten und 24,43 Sekunden. Das *siderische* Jahr («auf die Sterne bezogenes» Jahr oder auch »Sternjahr«) ist demnach länger als das des julianischen Kalenders, das tropische Jahr aber, das auf den Jahreszeiten basiert (und das uns in erster Linie interessiert), ist kürzer. Das hat damit zu tun, dass die Jahreszeiten von der Neigung der Erde relativ zur Sonne abhängen und nicht von der aktuellen Position der Erde. Ich erteile Ihnen die Erlaubnis, diesen Teil des Buches zu kopieren und jedem unter die Nase zu halten, der die Jahresart nicht auf die Reihe bekommt. Vielleicht schlagen Sie demjenigen als guten Vorsatz fürs neue Jahr vor, erst einmal verstehen zu lernen, was ein neues Jahr eigentlich ist.

Siderisches Jahr

31 558 150 Sekunden = 365,2563657 Tage
365 Tage, 6 Stunden, 9 Minuten, 10 Sekunden

Tropisches Jahr

31 556 925 Sekunden = 365,2421875 Tage
365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten, 45 Sekunden

Diese winzige Unstimmigkeit zwischen julianischem und tropischem Jahr war so minimal, dass im Jahr 1500 so ziemlich ganz Europa und Teile Afrikas den julianischen Kalender verwendeten. Aber die katholische Kirche war es leid, dass das Datum von Jesu Tod (dessen Andenken jahreszeitenabhängig gefeiert wurde) immer weiter von dem seiner Geburt (die an einem fixen Tag gefeiert wurde) wegrückte. Papst Gregor XIII. beschloss daher, dass etwas geschehen müsse. Jedermann habe sich ab sofort an einen neuen Kalender zu halten. Und wenn es eines gibt, was ein Papst wirklich kann, dann ist es, viele Leute dazu zu bringen, ihr Verhalten aus allem Anschein nach komplett willkürlichen Gründen zu ändern.

Was wir heute als gregorianischen Kalender kennen, stammt übrigens nicht aus der Feder von Papst Gregor höchstpersönlich – der hatte zu viel damit zu tun, was ein Papst tun muss, und Menschen dazu zu bringen, ihr Verhalten zu ändern –, sondern aus der des italienischen Arztes und Astronomen Aloisius »Luigi« Lilius. Leider starb Luigi 1576, zwei Jahre bevor die Kommission zur Reform des Kalenders seinen leicht optimierten Kalender herausgab. Mit dem sanften Schubs einer höchst nachdrücklichen päpstlichen Bulle aus dem Jahr 1582 fügte sich ein beträchtlicher Teil der Welt noch im selben Jahr ins neue Kalendersystem.

Luigis Geniestreich bestand darin, das gewohnte Schaltjahr des julianischen Kalenders beizubehalten, aber alle vierhundert Jahre drei Schalttage wieder herauszunehmen. Schaltjahre waren demnach weiterhin alle Jahre, deren Zahl sich durch vier teilen ließ, doch Luigi schlug nun vor, in Jahren, die überdies ein Vielfaches von 100 darstellen, auf die Schalttage zu verzichten (mit Ausnahme derjenigen, die obendrein ein Vielfaches von

400 sind). Damit betrug die Durchschnittszeit eines Jahres nun 365,2425 Tage und lag damit beeindruckend nahe an den gewünschten 365,2422 Tagen des tropischen Jahres.

Aber auch wenn dies der mathematisch bessere Kalender war: Weil dieses neue System seine Wurzeln in den Feiertagen der katholischen Kirche hatte und vom Papst befürwortet wurde, sträubten sich prompt viele nicht katholische Länder, den gregorianischen Kalender zu übernehmen. England (und damit zu jener Zeit automatisch auch Nordamerika) hielt weitere andert-halb Jahrhunderte am julianischen Kalender fest, wodurch sich sein Kalender nicht nur um einen weiteren Tag gegenüber den Jahreszeiten verschob, sondern sich auch von dem unterschied, was in weiten Teilen Europas galt.

Nicht besser wurde das Problem dadurch, dass der gregori-anische Kalender vordatiert wurde und man die Jahre neu be-rechnete, als hätte es den julianischen Kalender nie gegeben. Kraft päpstlichen Dekrets wurde angeordnet, dass dem Oktober 1582 zehn Tage zu streichen seien, und so folgte in allen katho-lischen Ländern auf den 4. Oktober 1582 gleich der 15. Oktober 1582. Das alles macht historische Datumsangaben ein bisschen verwirrend. Als im Zuge des Englisch-Französischen Kriegs englische Truppen am 12. Juli 1627 auf der Île de Ré landeten, rüsteten sich die Franzosen auf der Stelle zum Gegenschlag – am 22. Juli. Das war natürlich am selben Tag. Immerhin war für beide Armeen Donnerstag.

Da der gregorianische Kalender sich vor allem im Hinblick auf die Jahreszeiten zunehmend als praktisch erwies und den Nimbus verlor, etwas zu sein, mit dem man dem Papst ge-horchte, begannen allmählich auch andere Länder, ihn zu über-nehmen. Ein Gesetz des englischen Parlaments aus dem Jahr

1750 verweist darauf, dass Datumsangaben in England sich nicht nur von denen in Europa unterschieden, sondern auch von denen in Schottland. Also lief auch England über, allerdings ohne den Papst direkt zu erwähnen, man bezeichnete das Ganze lediglich als »Verfahren zur Korrektur des Kalenders«.

Also wechselte England (zu dem noch immer Teile Nordamerikas gehörten) 1752 die Seiten und passte seine Datumsangaben an, indem es dem September dieses Jahres elf Tage strich. Auf den 2. September 1752 folgte daher der 14. September 1752. Ungeachtet dessen, was Sie vielleicht online zu lesen bekommen, hat sich niemand darüber beschwert, dass ihm elf Tage aus dem Leben gestrichen wurden, und niemand lief mit Plakaten herum, auf denen stand: »Gebt uns unsere elf Tage zurück!« Ich weiß das sicher: Ich war in London in der British Library, in der es von jeder Zeitung, die jemals in England erschienen ist, ein Exemplar gibt, und habe mir die Kommentare aus der Zeit angeschaut. Keinerlei Rede von Beschwerden, lediglich Werbeanzeigen für neue Kalender. Kalendermacher erlebten die beste Zeit ihres Lebens.

Der Mythos, dass Menschen gegen die Kalenderänderung protestiert hätten, scheint einer politischen Debatte kurz vor einer Wahl im Jahr 1754 entsprungen zu sein. Die Opposition attackierte alles, was die andere Partei während ihrer Amtszeit veranlasst hatte, darunter auch die Neuordnung des Kalenders und den damit verbundenen Verlust von elf Tagen. Festgehalten ist das in dem Ölgemälde von William Hogarth *An Election Entertainment* (deutsch etwa: Wahlbelustigung oder Wahlvergnügen). Die einzige berechtigte Klage zu jener Zeit stammte von Zeitgenossen, die nicht einsahen, dass sie in einem Jahr, dem elf Tage fehlten, für volle 365 Tage Steuern zahlen sollten. Sehr zu Recht, würde man wohl sagen.

Russland änderte seinen Kalender erst im Jahr 1918, indem es den Februar mit dem 14. statt dem 1. beginnen ließ, um mit allen anderen unter dem gregorianischen Kalender gleichzuziehen. Was eine Menge Leute auf dem falschen Fuß erwischt haben dürfte. Stellen Sie sich vor, Sie glaubten noch zwei Wochen Zeit zu haben, um ein Geschenk zu besorgen, wachen auf, und plötzlich ist Valentinstag. Der neue Kalender bedeutete, dass die Russen für die Olympischen Sommerspiele von 1920 pünktlich hätten kommen können, so man sie eingeladen hätte, aber in der Zwischenzeit war aus Russland die Sowjetunion geworden, und diese lehnte die Einladung ab. Die nächsten Olympischen Spiele, bei denen die russischen Athleten antraten, fanden 1952 in Helsinki statt, und dort gewannen sie endlich eine Goldmedaille im Sportschießen.

All diesen Verbesserungen zum Trotz ist unser gregorianischer Kalender auch heute noch nicht vollkommen. Im Mittel 365,2425 Tage pro Jahr sind gut, aber eben nicht genau 365,2421875. Wir sind noch immer 27 Sekunden pro Jahr aus dem Tritt. Das bedeutet, dass unser gegenwärtiger Kalender sich alle 3213 Jahre um einen Tag verschiebt. Die Jahreszeiten werden sich alle halbe Million Jahre umkehren. Und Sie werden schockiert sein zu erfahren, dass es gegenwärtig keinerlei Pläne gibt, daran etwas zu ändern!

Tatsächlich gibt es angesichts derart langer Zeiträume wahrlich andere Probleme, um die wir uns zu kümmern haben. Nicht nur die Erdachse verändert ihre Position, auch die Umlaufbahn unseres Planeten verändert sich. Diese Bahn ist eine Ellipse, und die nächste und die am weitesten entfernte Position wandern in 112 000 Jahren einmal um das Sonnensystem. Doch bereits der Einfluss der Schwerkraft anderer Planeten kann diese

Choreographie durcheinanderbringen. Das Sonnensystem ist ein heilloses Durcheinander.

Aber die Astronomie sorgt dafür, dass Julius Cäsar zuletzt lacht. Die Einheit Lichtjahr – das ist die Strecke, die Licht im Vakuum innerhalb eines Jahres zurücklegt – orientiert sich am julianischen Jahr mit 365,25 Tagen. Wir bemessen unseren Gegenwartskosmos also mittels einer Einheit, die (zumindest teilweise) von einem Römer der Antike definiert wurde.

Der Tag, an dem die Zeit stillstehen wird

Am Donnerstag, dem 19. Januar 2038, werden um genau 3.14 Uhr morgens viele unserer modernen Mikroprozessoren und Computer den Dienst verweigern. Und das alles nur wegen der Art und Weise, wie sie Datum und Zeit speichern. Ein einzelner Computer hat bereits genug Probleme, auf dem Laufenden zu bleiben darüber, wie viele Sekunden verstrichen sind, seit er angeschaltet wurde. Noch viel schwieriger wird es, wenn er oben-drein auch noch das Datum ganz genau im Blick haben muss. Die Zeiterfassung bei Computern hat mit all den altbekannten Problemen zu kämpfen, vor denen man steht, wenn man den Kalender mit der Realität der Planetenbewegung versöhnen will, und *obendrein* noch mit den modernen Beschränkungen durch den Binärcode.

Als die ersten Vorläufer des modernen Internets Anfang der 1970er-Jahre online zu gehen begannen, wurde ein verlässlicher Standard zur Zeiterfassung unerlässlich. Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ließ einen Haufen Leute auf das Problem los, und die schlugen 1971 vor, dass alle

Computersysteme von Anfang 1971 an die vergangene Zeit in Sechzigstelsekunden zählen sollten. Die Netzfrequenz, mit der die damaligen Computer liefen, betrug bereits 60 Hertz, also 60 Schwingungen pro Sekunde, es vereinfachte die Dinge also, diese Frequenz auf das System zu übertragen. Kluger Schachzug. Abgesehen davon, dass ein 60-Hertz-System den Wertebereich eines binären 32-Bit-Systems in etwas mehr als zwei Jahren und drei Monaten ausgeschöpft hätte. Doch nicht so klug.

Also wurde das System neu eingestellt und zählte fortan die vergangenen ganzen Sekunden seit Anfang 1970. Die Zahl der Sekunden wird als 32-stellige Binärzahl gespeichert, ihre größtmögliche Zahl und damit das Ende der Zählzeit entspricht im Dezimalsystem einem Maximum von 2 147 483 647 Sekunden. Seit 1970 sind das etwas mehr als 68 Jahre. Und installiert wurde das alles von den Angehörigen einer Generation, die in den 68 Jahren vor 1970 die Menschheit hatte voranschreiten sehen vom ersten motorgetriebenen Flugzeug der Gebrüder Wright bis hin zu den ersten Menschen, die auf dem Mond tanzten. Sie waren sich einfach sicher, dass Computer sich jenseits des Jahres 2038 bis zur Unkenntlichkeit verändert haben und längst nicht mehr auf der Basis der Unix-Zeit arbeiten würden.

Aber hier stehen wir. Die Hälfte haben wir hinter uns, und wir arbeiten noch immer mit demselben System. Die Uhr tickt – im wahrsten Sinne des Wortes.

Computer haben sich in der Tat bis zur Unkenntlichkeit verändert, aber das Unix-Zeit-System ist noch immer, wie es war. Wenn Sie irgendeine Art von Linux-Gerät oder Mac verwenden, dann finden Sie es in der unteren Hälfte des Betriebssystems, gleich unterhalb der GUI. Wenn Sie einen Mac in Reichweite haben, öffnen Sie das Programm »Terminal« – das Tor zum

Innenleben Ihres Apple-Computers. Tippen Sie »Datum + %s« und drücken Sie dann »Enter«. Vor Ihnen sehen Sie dann die Zahl der Sekunden, die seit dem 1. Januar 1970 vergangen sind.

Wenn Sie dies vor Mittwoch, dem 18. Mai 2033, lesen, steht der Zähler kurz vor zwei Milliarden Sekunden. Das wird ein Fest! Leider ist es in meiner Zeitzone dann ungefähr halb fünf Uhr morgens. Ich erinnere mich noch daran, wie ich am 13. Februar 2009 zusammen mit ein paar Kumpels beschwipst durch die Gegend zog und kurz nach halb zwölf Uhr abends das Verstreichen von 1234567890 Sekunden gefeiert habe. Mein Freund Jon, seines Zeichens Programmierer, hatte uns ein Programm geschrieben, das uns den Countdown exakt rückwärtszählte. Alle anderen in der Kneipe waren leicht verwirrt, weil wir den Valentinstag eine halbe Stunde zu früh begossen.

Feiern hin oder her: Wir haben nun gut die Hälfte des Countdowns bis zur Systemselbstzerstörung hinter uns. Nach 2147483647 Sekunden bleibt alles stehen. Microsoft Windows hat ein eigenes System zur Zeiterfassung, aber MacOS fußt direkt auf Unix. Wichtiger noch, viele wichtige Prozessoren in allen möglichen Systemen – angefangen von Internetservern bis hin zu Ihrer Waschmaschine – laufen auf irgendeinem Unix-Abkömmling. Sie alle sind anfällig für den Y2K38-Bug.

Ich mache den Leuten, die die Unix-Zeit damals eingeführt haben, absolut keinen Vorwurf. Sie haben mit dem gearbeitet, was sie zur Verfügung hatten. Die Ingenieure der 1970er dachten sich eben, dass jemand anderer in fernerer Zukunft die Probleme lösen würde, die sie verursachten (typisch Babyboomer). Und um fair zu bleiben: Achtundsechzig Jahre sind eine sehr lange Zeit. Die erste Auflage dieses Buchs erschien 2019, und manchmal denke ich darüber nach, wie es sich zukunftsfest

machen ließe. Vielleicht sollte ich hin und wieder einstreuen »zum Zeitpunkt der Niederschrift« oder meine Aussagen grammatikalisch genauer strukturieren, damit auch Dinge, die im Fluss sind oder sich in der Zukunft ändern könnten, darin Raum finden und der Text nicht demnächst komplett überholt ist. Vielleicht lesen Sie ihn nach der Zwei-Milliarden-Sekunden-Marke von 2033, das habe ich immerhin berücksichtigt. Aber ich denke keinen Augenblick an Leute, die das hier 2086 lesen. Bis dahin sind es noch 67 Jahre!

Ein paar Schritte zur Lösung des Problems hat man bereits unternommen. Alle Rechner, die standardmäßig mit einer maximal 32-stelligen Binärzahl arbeiten, bezeichnet man als 32-Bit-Systeme. Beim Kauf Ihres letzten neuen Laptops haben Sie vielleicht nicht darauf geachtet, welches Bit-System darin standardmäßig verbaut ist, aber seit ungefähr zehn Jahren verfügen alle Mac-Computer über 64-Bit-Betriebssysteme, und auch die meisten Server sind inzwischen bei 64 Bit. Ärgerlicherweise arbeiten manche 64-Bit-Systeme noch mit der alten Zeiterfassung der 32-Bit-Systeme, damit die Besitzer schön mit ihren älteren Computerkumpels spielen können, aber größtenteils ist es so, dass Ihr neu erstandenes 64-Bit-System noch eine ganze Weile Zeit erfassen kann.

Der höchste Wert, den Sie als 64-Bit-Ganzzahl speichern können, beträgt 9 223 372 036 854 775 807, die entsprechende Anzahl an Sekunden ergibt 292,3 Milliarden Jahre. Bei solchen Zeiträumen wird das Alter des Universums plötzlich zu einer richtig handlichen Messgröße: Die Unix-Zeit auf 64-Bit-Systemen reicht von heute an gerechnet 21-mal so lang, wie bisher seit dem Big Bang verstrichen ist, in die Zukunft. Mal angenommen, wir kommen in der Zwischenzeit nicht doch noch auf ein