

Matt Parker  
DREIECKSBEZIEHUNGEN



GOLDMANN

### *Buch*

Trigonometrie ist vielleicht das grundlegendste Konzept, das Menschen jemals entwickelt haben. Das einfache, aber vielseitige Dreieck ermöglicht es uns, die Welt zu kartieren, Raketen ins All zu schießen, Musik aufzunehmen und beim Billard etwas weniger schlecht zu sein. Der Stand-up-Comedian, ehemalige Mathematiklehrer und Bestsellerautor Matt Parker erklärt äußerst unterhaltsam und auch für Mathe-Muffel nachvollziehbar, warum wir Dreiecke gar nicht genug schätzen können.

### *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 der Mathematik zu und zog nach London. Er betreibt den YouTube-Kanal »StandUpMaths«, hält Vorträge und tritt in Radio und Fernsehen auf. Matt Parker hat Mathematik an der Cambridge University, der Oxford University, der Harvard University und einer australischen Grundschule unterrichtet.

### *Außerdem von Matt Parker im Programm*

Damit hatte keiner gerechnet. Die größten Mathe-Irrtümer der Menschheit  
auch als E-Book erhältlich

MATT PARKER

# DREIECKS- BEZIEHUNGEN

**WIE SINUS, KOSINUS & CO.  
UNSER GANZES LEBEN BESTIMMEN**

*Aus dem Englischen von  
Monika Niehaus und Bernd Schuh*

GOLDMANN

Die englische Originalausgabe erschien 2024 unter dem Titel  
»Love Triangle« bei Allen Lane, Penguin Random House UK, London.

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 FSC® N001967

1. Auflage

Deutsche Erstausgabe Januar 2026

Copyright © 2024 der Originalausgabe: Stand-up Maths Ltd.

Copyright © 2026 der deutschsprachigen Ausgabe:

Wilhelm Goldmann Verlag, München,

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

produksicherheit@penguinrandomhouse.de

(Vorstehende Angaben sind zugleich

Pflichtinformationen nach GPSR.)

Redaktion: Eckard Schuster

Umschlag: Uno Werbeagentur, München

Umschlagmotiv: FinePic®, München

Satz: Satzwerk Huber, Germering

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

CH · CB

ISBN 978-3-442-18052-3

[www.goldmann-verlag.de](http://www.goldmann-verlag.de)

*Gewidmet meinen Eltern,  
Brad und Judy Parker,  
die mich Dreiecke lieben lehrten*



# Inhalt

<i>Null</i>	
Einführung .....	9
<i>Eins</i>	
Nicht auf der Strecke bleiben .....	19
<i>Zwei</i>	
Ein neuer Blickwinkel .....	54
<i>Drei</i>	
Gesetze und Regeln .....	89
<i>Vier</i>	
Be-Netzen .....	120
<i>Fünf</i>	
Perfekte Passform .....	160
<i>Sechs</i>	
Woher kommen Formen? .....	198
<i>Sieben</i>	
Allmählich wird es »triggi« .....	241
<i>Acht</i>	
Wo in aller Welt? .....	281

*Neun*

Ist das wirklich Kunst? ..... 315

*Zehn*

Wellen schlagen ..... 352

Zusammenfassung ..... 385

Dank – ein Dankestrio ..... 390

Bildnachweis ..... 392

Register ..... 394

*Null*

# Einführung

Im Februar 2021 legte ein Autofahrer vor dem Supreme Court von South Australia Einspruch gegen einen Bußgeldbescheid wegen Geschwindigkeitsüberschreitung ein. Im März 2019 war dieser Mann in seinem Mitsubishi Magna mit leicht überhöhter Geschwindigkeit von 68 km/h in einer 60er-Zone geblitzt worden. Er hatte den Strafbescheid wegen Geschwindigkeitsüberschreitung vor einer niedrigeren Instanz erfolglos angefochten und seinen Fall inzwischen durch alle Instanzen bis vor das oberste Gericht des Bundesstaates gebracht.

Und mit welchen Argumenten? Der Wagen habe größere Radkränze, was den Durchmesser des Rades erhöhe und den Tachometer ungenau mache. Wirklich erstaunlich!

»Wie gesagt, Pythagoras und Physik, ein kleiner Kreis dreht sich schneller als ein großer Kreis – was brauche ich mehr an Beweisen, es handelt sich schließlich um Mathematik«, rechtfertigte er sich vor Gericht. Gefragt, warum er keine Berechnungen von Fachleuten vorlege, erklärte er: »Ich bin nicht bereit, acht Riesen für ein Expertengutachten zu zahlen.« Was mich auf den Gedanken bringt, dass ich meine Meinung als Mathe-Experte viel zu billig verkaufe (ich gebe sie kostenlos und ungefragt zum Besten).

Und meiner Ansicht nach hatte seine Verteidigung durchaus Potenzial. In gewissem Sinne stimmt es tatsächlich, »ein kleine-

rer Kreis dreht sich schneller als ein großer Kreis«, wenn es ums Rollen geht. Der Umfang eines kleinen Rades ist ... nun eben kleiner, daher muss es sich öfter drehen als ein größeres Rad, um dieselbe Strecke zurückzulegen.

Falls der Tachometer des Mitsubishi Magna zur Bestimmung der momentanen Geschwindigkeit des Wagens die Achsendrehung benutzt, würde er tatsächlich inkorrekte Geschwindigkeiten anzeigen, wenn er auf eine andere Radgröße geeicht wurde. Um diese Argumentation zu stützen, wären allerdings Berechnungen erforderlich.

Berechnungen, die der Beklagte nicht vorlegen konnte. Er war zudem ein Serientäter, was Geschwindigkeitsüberschreitungen anging, und hatte in den vergangenen fünf Jahren bereits zwölf Bußgelder für zu schnelles Fahren aus verschiedenen Gründen angefochten. Er verlor den Prozess.

Was ich allerdings besonders interessant daran finde, ist die Rechtfertigung des Beklagten im Namen von Pythagoras. Tatsächlich hat die Situation nichts mit Pythagoras zu tun. Pythagoras war ein antiker griechischer Philosoph und Mathematiker, dessen Ruhm auf Dreiecken basierte, nicht auf Kreisen. Offenbar wollte diese opportunistische Person beim Versuch, sich aus der Strafanzeige herauszureden, besonders mathematisch klingen und den geheimnisvollen »Pythagoras« als allumfassende mathematische Gottheit heraufbeschwören.

Der Satz des Pythagoras ist, so vermute ich, das schwierigste Stück Mathematik, mit dem sich fast jeder in der Schule auseinandersetzen muss. Daher ist Pythagoras zu einer Art Gallionsfigur für komplexe, aber irgendwie nutzlose Mathematik geworden. Man kann sich ziemlich sicher sein, dass etwas fest in der Psyche der Allgemeinheit verankert ist, wenn in Folgen von Se-

rien wie *Inspektor Morse*, *Mordkommission Oxford* und *Family Guy* darauf angespielt wird.

Ich finde es sehr schade, dass sich die meisten Leute im Zusammenhang mit Dreiecken nur an die Langeweile erinnern, die sie in der Schule beim Satz des Pythagoras empfanden. Ich liebe Dreiecke! Wir alle sind auf Dreiecke angewiesen, um die moderne Welt am Laufen zu halten. Meiner Ansicht nach (und daher dieses Buch, das Sie in Händen halten) haben Dreiecke den Weg für einige der wichtigsten Erkenntnisse geebnet, die die Menschheit jemals gewonnen hat. Dreiecke sind das Tor zur Geometrie und Trigonometrie. Dreiecke helfen uns, den Alltag zu meistern, und machen die Zivilisation möglich. Außerdem gefallen sie mir einfach.

Viele Leute beschäftigen sich nicht mehr mit Dreiecken, sobald sie den obligatorischen Unterricht über Pythagoras hinter sich haben, nur um Geometrie und Trigonometrie abrupt zu reanimieren, sobald sie ihre berufliche Karriere starten. Ganz offensichtlich kommt man durch einige Lebensentscheidungen in engen Kontakt mit Dreiecken. Meine eigene Erfahrung als Mathelehrer und Mathe-Autor ist dafür ein Beispiel. Bei anderen Berufen ist dies oft weit weniger offensichtlich. Wann immer irgendeine Art von »Ist Mathe nicht doof?«-Gerede in den Sozialen Medien auftaucht, gibt es einen ganzen Chor von Leuten, die dem widersprechen und erzählen, wie wichtig Mathe beruflich für sie ist. Zu meinen Favoriten gehört ein Arbeiter auf einem Ölfeld, der erklärte: »Mein Tag beginnt und endet mit Geometrie.« Und ein Maschinist pflichtete ihm bei: »Ich benutze praktisch jeden Tag Trigonometrie.«

Der Ölarbeiter beschrieb sogar genauer, wie unerwartet wichtig mathematisches Wissen für seine Karriere war. »Eine Sache,

die ich rasch lernte, war, dass deine mathematischen Fertigkeiten oder vielmehr dein mathematisches Geschick darüber entscheiden, wie weit du es in dieser Industrie bringen kannst.« Durch das Erlernen von Geometrie gelang es ihm, vom einfachen Bohrhelfer (der sich um das Bohrgestänge kümmert) zum Bohrgeräteführer befördert zu werden, der die ganze Operation leitet.

Zudem setzen wir Menschen schon seit sehr langer Zeit Dreiecke ein, um die Welt um uns herum zu gestalten. Ich lebe etwas außerhalb von London, das einst als antike römische Stadt Londinium gegründet wurde. Irgendwann im 1. Jahrhundert v. Chr. entschlossen sich die Römer, eine Straße zu bauen, um Londinium mit einer Stadt namens Noviomagus Regnorum in der Nähe der Südküste von England zu verbinden, die heute Chichester heißt. Die Römer sind berühmt dafür, stets schnurgerade Straßen gebaut zu haben (was solide Kenntnisse in Landvermessung und Geometrie verlangt), doch in diesem Fall ging das wohl nicht.

Zwischen London und Chichester liegen die Surrey Hills. Zu ihnen gehört ein Höhenzug, die North Downs, der für englische Verhältnisse einer beeindruckenden Bergkette gleichkommt. Dort lebe ich, und das macht Laufen und Radfahren ebenso malarisch wie anstrengend. Die Römer wussten zwar nicht, dass dies mein zukünftiger Wohnsitz sein würde, wohl aber, dass die North Downs und die sich anschließenden South Downs zu hügelig waren, als dass man dort problemlos Straßen hätte bauen können. Selbst wenn es ihnen gelungen wäre, eine gerade Straße durch die Hügelregion zu legen, wäre sie zu steil gewesen, als dass Gefährte darauf hätten verkehren können. Daher entschieden sie sich gegen eine gerade Verbindung zwischen London

und Chichester und bauten mithilfe ihrer ingenieurstechnischen und trigonometrischen Fähigkeiten eine Umgehungsstraße, die sich aus zahlreichen geraden Abschnitten zusammensetzte und als Stane Street bekannt wurde.

Um herauszufinden, wo die gerade Straße verlaufen wäre, zog ich mithilfe von Google Maps eine Gerade zwischen der modernen London Bridge (Sitz der ersten, von den Römern errichteten festen Brücke über die Themse) und dem Ort, wo einst das Osttor von Noviomagus in Chichester war. Laut der Karte betrug die Entfernung 88,6 Kilometer, und als mein Blick die Gerade entlangwanderte, stellte ich fest, dass sie perfekt in einer Linie mit einem Abschnitt der modernen A3 lag. Die A3 bog nach Südlondon ab, doch dann führte meine virtuelle Linie offenbar direkt über einen geraden Abschnitt der A24. In der modernen Londoner Straßenkarte verliefen wichtige Straßen auf der direkten Verbindungslinie zwischen London Bridge und Chichester.

Es ist nicht ungewöhnlich, dass moderne Land- und Schnellstraßen in England dem Verlauf antiker Straßen folgen, und verdächtig gerade Straßen sind ein sicheres Zeichen dafür, dass hier die Römer am Werk waren. Der Fingerabdruck römischer Ingenieurskunst lebt im modernen Straßensystem weiter. Diese Teilstrecken der A3 und der A24 sind fossile Überreste der von den Römern errichteten Stane Street. Die ersten 20 Kilometer der Straße verliefen direkt in Richtung Chichester, bevor die Straße nach Osten abbog, um die North Downs zu umgehen. Was mich allerdings verwunderte, war, dass die Straße diese frühere Linie niemals mehr aufnimmt. Die geraden Abschnitte führen um und durch das Gebiet, wo heute die Ortschaft Dorking liegt, bevor sie den Osten der Stadt Chichester erreicht.

Das konnte ich einfach nicht glauben. Die Römer hatten offenbar die Geometrie bewältigt, die man braucht, um sicherzustellen, dass eine Straße direkt auf ihr Ziel in 88 Kilometern Entfernung zuläuft, aber nur für die ersten 20 Kilometer? Das hätte erfordert, die gesamte Luftlinie (über zwei Hügelketten) zu vermessen, nur um sicherzustellen, dass das erste Viertel passte. Die Straße wäre kürzer und direkter verlaufen, wenn sie direkt auf einen Pass durch die North Downs abgezielt hätten, aber nein, sie richteten ihre Straße zunächst nach Chichester aus, vergeudet unzählige Arbeitsstunden und Mühen für Berechnungen und vermaßten Dreiecke in schwierigem Terrain, nur um anzugeben? Oder wollten sie, wie ich lieber glauben würde, das Wunder der Dreiecke zelebrieren, mit deren Hilfe man Landflächen, Strecken und Winkel vermessen kann?

Wenn man weiß, wohin man schauen muss, kann man Hinweise auf Dreiecke – und auf Geometrie im Allgemeinen – finden, die praktisch überall in unserem Leben eine Rolle spielen. Meistens bleiben sie dank zahlreicher mathematisch geschulter, geschickter Expertinnen und Experten unsichtbar im Hintergrund, doch hin und wieder können wir Sterbliche Hinweise auf die geheime Welt der Dreiecke entdecken – manchmal deshalb, weil jemand wie die Römer einfach nur angeben wollte.

Ich glaube, es ist an der Zeit, dass mehr Menschen die Wunder der Dreiecke kennenlernen, zusammen mit dem, was sie ermöglichen: Geometrie und Trigonometrie. Diese blasierte Haltung, sich nicht um Formen zu kümmern, kann nicht unwidersprochen hingenommen werden! Sehen Sie sich diese Packung Biskuits an. Ein offensichtlich achtseitiger Keks wird als »hexagonal« – sechseckig – bezeichnet. Eine achtseitige geometrische Form ist ein Oktagon, ein Achteck! Können Sie sich vor-

stellen, dass die Hersteller dieser Packung an anderer Stelle einen ähnlich schlimmen Fehler hätten durchgehen lassen, beispielsweise einen Tippfehler oder einen falschen Inhaltsstoff?

Und wie steht es mit einem Unternehmen namens Octagon Timber Flooring, dessen Logo kein Oktagon zeigt, sondern eine 3D-Form, das Ikosaeder.



*Das ist wirklich schwer zu schlucken.*



*Würden Sie diesen Leuten trauen, einen Raum zum Verlegen auszumessen?*

Ich bin ein großer Ikosaeder-Fan – schließlich besteht es aus 20 Dreiecken –, aber es handelt sich nicht um ein Oktaeder. Alles, was uns noch fehlt, ist ein drittes Produkt oder Unternehmen, das sich Ikosaeder nennt, aber tatsächlich ein Hexagon im Logo trägt; dann würde sich der Teufelskreis des Chaos schließen.

Diese anderen Figuren sind ebenso wichtig wie Dreiecke. Wie ich noch zeigen werde, lassen sich alle Formen auf Dreiecke zurückführen, doch was noch wichtiger ist: Diese Beispiele zeigen, wie überraschend locker wir als Gesellschaft sind, wenn es um geometrische Präzision geht. Meiner Ansicht nach ist das ein Symptom dafür, dass Leute Geometrie als eines der nutzlosen Dinge ansehen, die sie in der Schule lernen mussten, deren Details sie aber nun ruhig vergessen können. Jene Tage gehören dank dieses Buches hoffentlich bald der Vergangenheit an.

Wir haben bereits viele Leute im Boot, Dreiecksliebhaber und Menschen, die Dreiecke beruflich einsetzen. Manche Leute, die Dreiecke lieben, lieben sie wirklich. Mindestens zwei meiner Freunde haben ein Dreiecks-Tattoo. Und denken Sie nur an die vielen Fun-Dreiecke: Das allgegenwärtige Tastensymbol für »Abspielen« ist ein Dreieck, das beste Instrument in einem Orchester ist die Triangel, und ein Sandwich schneidet man idealerweise in Dreiecksform. Dreiecke sind einfach großartig!

Während ich dabei war, dieses Buch mit dem Arbeitstitel *Love Triangle* zu schreiben, brachte der fantastische Stand-up-Comedian James Acaster sein Netflix-Special *Repertoire: Recognise* heraus, in dem er meinte: »Every triangle is a love triangle when you love triangles.« (Jedes Dreieck ist ein Dreiecksverhältnis, wenn man Dreiecke liebt.) Das kann ich nur unterstreichen. Ich wünsche mir, dass alle Menschen Dreiecke lieben. Und welchem

Mathematiker schrieb Acaster diesen fiktiven mathematischen Slogan zu? Pythagoras, natürlich!

Lassen Sie uns daher einen Weg durch die Welt der Geometrie und Trigonometrie anlegen, um Dreiecke aller Art zu feiern. Keinen direkten, geraden Weg, sondern einen, der eine bequemere Route durch die North Downs und all ihre blöden Unebenheiten nimmt. Wo auch immer im Spektrum zwischen »Bin ich froh, niemals wieder Geometrie betreiben zu müssen« und »Ich liebe Dreiecke« Sie sich befinden – ich hoffe, ich kann Ihnen die nützlichen, die wirklich wichtigen und die spielerischen Seiten von Dreiecken aufzeigen.

Dreiecke sind alles, und alles ist Dreieck.



*Eins*

# Nicht auf der Strecke bleiben

Das ist das erste Mal in rund zwanzig Jahren, dass ich einen Mathe-Experten einsetzen musste, und es könnte sein, dass es nicht das letzte Mal ist.

*Anwalt der Schweine*

Aus der Entfernung gesehen sind Heißluftballons eine gelassene Form des Lufttransports. Langsam und lautlos ziehen sie farbenfroh über den Himmel. Näher betrachtet sind sie hingegen wilde, unkontrollierbare Gasgrills, befestigt an Tausenden von Quadratmetern Tuch und einem lebenswichtigen Picknickkorb. Die sicherste Art, die Fahrt eines Heißluftballons zu genießen, ist vom Boden aus, ein gutes Stück davon entfernt. Um es genau zu sagen, einen halben Kilometer entfernt.

Da das Geräusch der Brenner, die in einem Heißluftballon gezündet werden, so laut und erschreckend ist, hat die englische Luftfahrtbehörde Civil Aviation Authority Einschränkungen für die Flugrouten der Ballons erlassen – sie müssen landwirtschaftliche Flächen meiden, damit die dort lebenden Tiere nicht von dem brüllenden Himmelskörper in Panik versetzt werden. Trotz dieser Flugverbotszonen zog im April 2012 ein Heißluftballon von Go Ballooning über die Low Moor Farm in North Yorkshire und löste eine Massenpanik unter Schweinen aus.

Ich erspare Ihnen die gruseligen Details, doch es genügt zu sagen, dass die Farm an diesem Tag eine Menge Schweine verlor, darunter trüchtige Sauen.

Da das für die Schweinezüchter in jener Saison einen Verlust von 800 Ferkeln bedeutete, entschlossen sie sich, die Ballonfahrer auf Schadenersatz zu verklagen. Go Ballooning wandte ein, ihre GPS-Daten zeigten, dass der Ballon niemals eine Flughöhe von 750 Metern unterschritten habe. Der Haufen Schweinekadaver sprach allerdings dafür, dass der Ballon dem Boden viel näher gekommen war.

Der beste nicht auf Schweinen beruhende Beweis, den die Schweinezüchter anbieten konnten, war ein von einem Nachbarn aufgenommenes Foto, der so weit entfernt stand, dass der Heißluftballon wieder in die »ruhige« Kategorie fiel. Von seinem Standpunkt aus bot der Ballon einen hübschen Anblick (das Schweinemassaker wurde von einer Baumgruppe verdeckt), und so machte er einen Schnappschuss. Und mit diesem Foto konnten sich die Schweinezüchter auf die Macht der Mathematik stützen. Und nicht nur auf die irgendeiner Mathematik, sondern auf die von Dreiecken.

Der Rechtsanwalt der Schweinezüchter wandte sich an den mathematischen Fachbereich der University of York, und Professor Chris Fewster übernahm den Fall. Fewsters aktuelles Forschungsgebiet ist nicht die Berechnung von Ballonhöhen, sondern er beschäftigt sich mit Quantenfeldtheorie und der Krümmung der Raumzeit. Und das, so könnte man argumentieren, qualifiziert ihn, Ballons von bis zu mehreren Lichtjahren Größe zu handhaben. Zumindest war er in der Lage, mit ein paar Dreiecken zu jonglieren. Als ich Chris danach fragte, meinte er, die Höhe des Ballons zu berechnen, habe »kaum mehr [verlangt]

als Trigonometrie und ein gewisses Verständnis dafür, wie eine Kamera funktioniert«.

Fewster konnte anhand eines einzigen Fotos feststellen, in welcher Höhe sich der Ballon befunden hatte, da Dreiecke »natürliche Sudokus« sind, die nur darauf warten, gelöst zu werden. Tatsächlich ähneln sie eher einer Reihe miteinander verbundener Sudokus, bei der jedes einen Hinweis für das nächste liefert. Fewster musste lediglich eine Reihe von Dreiecken auf dem Foto finden, um die Lösung zu erhalten. Manchmal liegt der einzige Unterschied, ob man Geometrie aus praktischen Gründen betreibt oder zum Spaß, im Kontext, in dem die Dreiecke auftauchen.

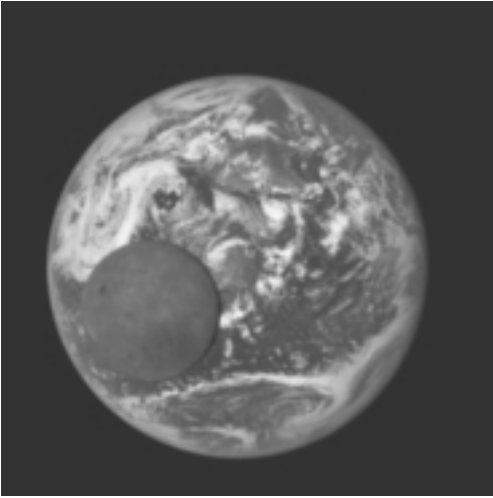
## Schweinometrie

Fewster besaß einige Informationen über das Foto: Er wusste, wo es aufgenommen worden war und wie groß der Ballon war. Auf dem Foto waren zudem einige Bäume zu sehen, deren Standort er kannte und die er vor Ort mit einem Golf-Laser-Rangefinder (offenbar ist Golf inzwischen hightech-affiner, als ich dachte) vermaß, sodass er auch ihre Höhe kannte. Diese Messungen entsprachen den Zahlen, die bereits im Sudoku eingetragen waren, und dank der Dreiecke konnte er nun alle fehlenden Zahlen bestimmen.

Die Superkraft von Dreiecken, die sie hier und an so vielen anderen Stellen derart nützlich macht, liegt darin, dass sie einfach zu entschlüsseln sind. Jedes Dreieck besteht aus drei Seiten und drei Winkeln. Und wenn man auch nur die Hälfte dieser Maßstücke kennt, lässt sich der Rest leicht berechnen. Sie ken-

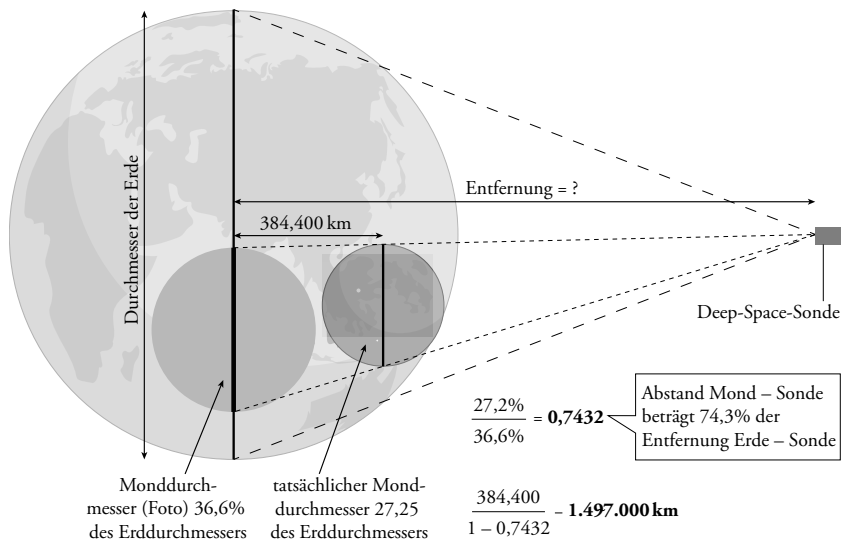
nen nur die Länge aller drei Seiten eines Dreiecks? Kein Problem: Mithilfe der Trigonometrie können Sie die Größe aller drei Winkel rasch bestimmen. Sie können nur eine Seite und zwei Winkel messen? Ein Klacks! Sie erhalten alle anderen Seitenlängen und Winkelgrößen, ohne auch nur einen Finger zu rühren (beziehungsweise nur, um einen Taschenrechner zu bedienen). Tatsächlich möchte ich meine Analogie auf den neuesten Stand bringen. Dreiecke sind wie ein superleichtes Kreuzworträtsel, wo man bereits die Hälfte der Buchstaben kennt und die Lösung stets »Dreieck« lautet.

Genau dieselbe Art Dreiecks-Trickserei benutzte ich, als die NASA 2015 dieses Foto des Mondes vor der Erde veröffentlichte. Es war von dem Weltraumobservatorium Deep Space Climate Observatory aufgenommen worden, hinter dem die Sonne stand und das direkt auf den Mond vor der Erde sah. Es ist ein faszinierendes Foto, das die fremde »dunkle Seite des Mondes« zeigt, vollständig erhellt von der Sonne, mit unserer vertrauten Erde im Hintergrund. Ich denke, es brachte die meisten Menschen dazu, sich klarzumachen, dass die von uns abgewandte Seite des Mondes als »dunkel« bezeichnet wird, weil wir sie von der Erde aus niemals zu sehen bekommen, nicht aber, weil niemals Sonnenlicht auf sie fällt. Mein erster Gedanke – einfach, weil ich es gern herausfinden wollte – war: »Wie weit ist dieses Weltraumobservatorium wohl von der Erde entfernt?«



Wenn man die relativen Größen von Erde und Mond auf diesem Foto misst, hat der Mond (auf dem Foto) 36,6 Prozent des Erddurchmessers. Das ist zu groß! Tatsächlich hat der Mond nur 27,2 Prozent des Erddurchmessers. Das Foto lässt den Mond größer erscheinen als er ist, weil er sich näher an der Kamera befindet als die Erde. Das ist plausibel; im Durchschnitt hält der Mond gesunde 384 400 Kilometer Abstand von der Erde.

Damit der Mond um diesen bestimmten Betrag größer aussah, musste die Entfernung des Mondes zur Sonde 74,3 Prozent des Abstands Sonde – Erde betragen. Wie ich wusste, betrug der Rest der Distanz zwischen Mond und Erde 384 400 Kilometer, und so bedurfte es nur ein wenig Algebra, um den Gesamtabstand zwischen Observatorium und Erde zu berechnen. Und wir alle wissen, dass ich es tat. Details finden Sie unten, falls Sie meine Berechnungen überprüfen möchten.



Meine Übersichtsrechnung ergab eine Entfernung von rund 1,5 Millionen Kilometern, etwa 930 000 Meilen. In der Pressemitteilung erklärt die NASA, das Foto sei »eine Million Meilen entfernt« aufgenommen worden. Wie es scheint, geben sowohl die NASA als auch ich Näherungswerte an. Und obwohl ich in meinen Berechnungen alle Details über die Optik der Kamera zugunsten einiger rasch skizzierter Dreiecke ignoriert habe, denke ich, dass ich der richtigen Antwort näher gekommen bin als die NASA.

Chris Fewster konnte sich den Luxus nicht leisten, die Optik der Kamera, mit der der Heißluftballon aufgenommen worden war, unberücksichtigt zu lassen. Er berücksichtigte sogar den Winkel, in dem die Kamera das Foto geschossen hatte. Es gelang ihm, sämtliche Dreiecke zu berechnen, und er kam zu dem

Ergebnis, dass der Ballon im Augenblick der Aufnahme 750 bis 760 Meter von der Kamera und damit rund 300 Meter von den Schweinen entfernt gewesen war. Das war sehr viel näher, als die Ballonfahrtveranstalter behauptet hatten. Sie wollten dem Gericht wohl ein Schwein, pardon, einen Bären aufbinden. Dank Fewsters mathematischer Expertise erhielten die Schweinezüchter eine hohe Entschädigung. Als ich ihn nach dem ganzen Vorfall fragte, meinte er, es freue ihn, ein »gutes Beispiel [gegeben zu haben], dass selbst Schulmathematik etwas bewirken kann«.

## Der eine nervige Schritt

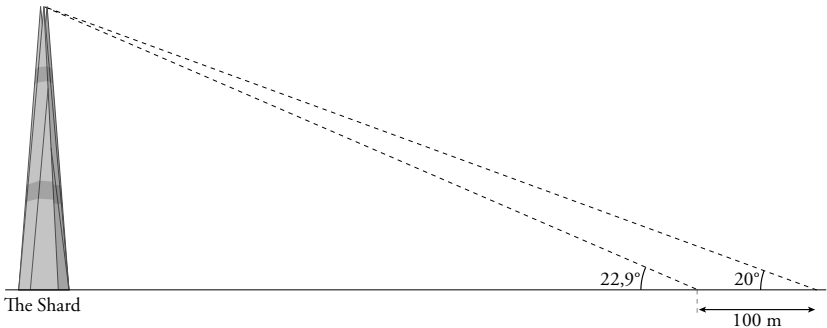
Der einzige Haken beim Lösen von Dreiecken ist, dass man wenigstens eine Seitenlänge kennen muss. Als ich weiter oben behauptete, man könne alle Werte eines Dreiecks (alle drei Seiten und alle drei Winkel) mit »nur der Hälfte der Angaben« berechnen, war ich nicht ganz ehrlich, denn wenigstens eins dieser Maße muss eine Länge sein. Das mag offensichtlich klingen, aber wenn man nicht weiß, wie groß ein Dreieck ist, dann kann es jede Größe haben.

Zwei Dreiecke können dieselben Winkel haben, aber ganz unterschiedlich groß sein. Stellen Sie sich vor, ein Dreieck kommt auf Sie zu. Hoffentlich ein freundliches. Während Sie sich fragen, was Sie getan haben, um die Aufmerksamkeit des Dreiecks auf sich zu ziehen, stellen Sie vielleicht auch fest, dass es beim Näherkommen zwar immer größer erscheint, die Winkel aber gleichbleiben. Es ist, als ob Sie sich von einer Uhr entfernten und die Zeiger immer kleiner werden, die Zeit aber unverändert bleibt (nun, zumindest, wenn Sie nicht gerade mit

nahezu Lichtgeschwindigkeit gehen). Der entscheidende Punkt ist: Wenn Sie Dreiecke benutzen, um eine Entfernung zu berechnen, helfen Ihnen alle Winkel der Welt nicht weiter, wenn Sie nicht wenigstens eine Seite mindestens eines Dreiecks angeben können.

Als meine Freundin Hannah Fry und ich wissen wollten, wie hoch *The Shard* (das höchste Gebäude in London, direkt neben der London Bridge) ist, benutzten wir Dreiecke. Ja, wir hätten es einfach nachgucken können, aber das hätte dem Zweck der Übung widersprochen. Wir wollten eine der frühesten Methoden nachahmen, den Umfang der Erde zu messen. Dabei wurde ein Berg verwendet. London ist leider recht arm an Bergen, daher behelfen wir uns mit einem Wolkenkratzer, und ganz im Sinne des Vorhabens berechneten wir seine Höhe selbst. Mathematik kann so leicht zu unpersönlichen Berechnungen auf einem Stück Papier werden, doch wir wollten die praktische Arbeit selbst erledigen.

Ich hatte meinen riesigen Winkelmesser, den wir verwendeten, um den Winkel zwischen Erdboden und Gebäudespitze von zwei verschiedenen Punkten aus zu messen, per Hand hergestellt. Was uns alles nichts nützen würde, wenn wir nicht auch eine Entfernung kannten. Zum Glück hatte ich meine Schuhe vorsorglich künstlich auf eine Länge von genau 50 Zentimetern gebracht und war 100 Meter zwischen unseren beiden Standorten für die Winkelmessungen von  $22,9^\circ$  und  $20^\circ$  abgesritten. Ein paar rasche Überschlagsrechnungen später, und wir kamen auf eine Höhe von 263 Metern, was nahe genug an der offiziellen Aussichtsplattformhöhe von 244 Metern liegt. Nicht schlecht für einen Heimwerker-Winkelmesser und ein Paar sorgfältig geicher Clownsschuhe.



*100 m = 200 Clownsschuhschritte.*

Aber unbeholffene Schritte von genau 50 Zentimetern Länge zu machen, während eine Freundin so tut, als kenne sie dich nicht, ist nicht die einzige Möglichkeit. Bei einem Besuch in Japan erfuhr ich, dass der Skytree in Tokio der höchste Turm der Welt ist. Tokio ist sehr darauf bedacht, das Wort »Turm« zu betonen, denn es gibt zwei höhere Gebäude: den Burj Khalifa in den Vereinigten Arabischen Emiraten und den Merdeka 118 in Malaysia. Offensichtlich kann man Gebäude zu Wohn- oder zu kommerziellen Zwecken verwenden, während ein Turm ebenso nutzlos wie schlank ist.

Der Tokyo Skytree ist also nur der höchste Turm. Aber Sie fragen sich vielleicht: Wie hoch ist er denn nun? Das habe ich mich auch gefragt. Daher habe ich ihn mit einem Lineal vermessen.

Wenn zwei Dreiecke identische Winkel haben, nennen wir sie »ähnlich«. Das heißt, es handelt sich um dasselbe Dreieck, aber in größeren oder kleineren Versionen. Wenn man daher die Länge einer beliebigen Seite eines dieser Dreiecke sowie den Maßstab zwischen ihnen kennt, kann man das Problem für sämtliche Längen lösen. Daher nahm ich einen Stadtplan von

Tokio zur Hand. Ein Stadtplan ist schließlich nichts anderes als ein maßstäbliches Modell der Stadt, die er abbildet. Die beste physikalische Karte, die ich auftreiben konnte, hatte einen Maßstab von 1 zu 20 000. Das hieß: Wenn ich ein Paar ähnlicher Dreiecke fände – eines auf dem Stadtplan, das andere auf der Straße –, könnte ich das Dreieck auf dem Plan mit einem Lineal ausmessen und wüsste, dass jeder Millimeter auf der Karte 20 Metern in der realen Welt entspräche.

Ich wanderte durch die Straßen von Tokio, drängte mich durch Menschenmengen und schlenderte kleine Gassen entlang, um das Ende des Schattens zu finden, den der Skytree warf. Schließlich lief die Spitze des Schattens über einen Platz in der Nähe einer Bahnlinie, der wie eine Aussichtsplattform aussah, und ich konnte meine Karte genau am Ende der Spitze ausbreiten. Ich nahm mein Lineal und stellte es genau an dem Punkt auf den Stadtplan, wo der reale Skytree stand. Um ehrlich zu sein, ich habe gerade zweimal das Wort »genau« verwendet, was meine Genauigkeit vielleicht etwas überbetont. Es war ein teilweise bewölkter Tag in einer sehr dicht bebauten Stadt, doch ich tat mein Bestes.

Ich sah nun zwei Schatten: einen, der vom tatsächlichen Turm stammte, und einen zweiten, der vom Lineal auf den maßstäblichen Stadtplan derselben Stadt geworfen wurde. Wichtig: Beide Schatten wurden von derselben Sonne erzeugt, von der irdischen Sonne. Und mein Lineal stand rechtwinklig auf dem Boden, genauso, wie es der Turm gewöhnlich tut, wenn nicht gerade Godzilla auf ihm herumturnt. Das heißt: Das Dreieck, das vom Turm und seinem Schatten gebildet wurde, war dem Dreieck ähnlich, das von meinem Lineal und seinem Schatten gebildet wurde, der am selben Punkt auf dem Plan endete. Da das Lineal durchsichtig war, projizierte es die Messkerben auf den Plan. Ich suchte nach

der Markierung, die sich genau dort befand, wo der Turmschatten endete. 28 Millimeter. Wenn ein 28 Millimeter hoher Miniaturturm auf meinen Stadtplan mit dem 1:20 000-Maßstab gesetzt wurde, dann, so wusste ich, würde er einen ebenso langen Schatten auf das Stadtplan-Tokio werfen wie der Skytree auf das wirkliche Tokio. Multipliziert man 28 Millimeter mit 20 000, ergibt sich eine Höhe von 560 Metern. Nun, das ist wirklich ein hoher Turm! Mehr als einen halben Kilometer hoch! Es stimmt schon, der Turm ist tatsächlich 634 Meter hoch, und ich hatte mich um 74 Meter vertan, aber dafür, dass ich mit einem Touristen-Stadtplan von geringer Auflösung auf unebenem Grund gearbeitet hatte, kann ich mich glücklich schätzen, nicht mehr als 12 Prozent von der korrekten Höhe abgewichen zu sein. Wäre ich zu dem Schluss gekommen, der Schatten des Lineals sei 3,7 Millimeter länger, hätte ich genau ins Schwarze getroffen!



*Selbst im Urlaub versuche ich, mich höchst maßvoll zu verhalten.*

Ich bin keineswegs der Erste, der einen Schatten benutzt, um die Höhe von Objekten zu bestimmen. Ich bin nicht einmal der Erste, der einen Schatten benutzt, um die Höhe des höchsten Turmes der Welt zu messen.

Im 6. vorchristlichen Jahrhundert bestimmte der antike griechische Naturphilosoph Thales von Milet die Höhe des welt-höchsten Turmes seiner Zeit (im Urlaub, nehme ich an). In Thales' Fall handelte es sich um einen Ägyptenurlaub, wo er die Cheops-Pyramide in Gizeh besuchte.

Die Berichte darüber, wie Thales diese Messung durchführte, sind widersprüchlich. In einigen Versionen der Geschichte heißt es, er habe auf genau den Moment am Tag gewartet, an dem die Länge seines Schattens seiner Körpergröße entsprach. Das ist der Moment, an dem der Sonnenschatten den Boden in einem Winkel von genau  $45^\circ$  trifft. Das bedeutet, dass alles, was senkrecht hochsteht, ein gleichschenkliges rechtwinkliges Dreieck bildet, bei dem die Länge des Schattens der Höhe des Objekts exakt entspricht. An diesem magischen Zeitpunkt des Tages kann man den Schatten von allem und jedem messen, und man erhält die Höhe des Objekts.

Das Problem dabei ist, dass man genau den richtigen Moment treffen muss, damit die ganze Sache funktioniert. Anderen Autoren zufolge tat Thales genau das, was ich auch getan habe: den Schatten eines Stocks zu messen, der auf der Spitze des Pyramidenschattens stand. Aber Thales konnte nicht wie ich einfach ins nächste Tourismusbüro gehen und nach einem kostenlosen Stadtplan fragen. Er musste auch die Länge des Pyramidenschattens messen, um den Maßstab zu erhalten. Nach diesem zusätzlichen Schritt hätte seine Berechnung jedoch genauso ausgesehen wie meine.

Der wichtige Punkt dabei ist dies: Wenn ich Zeit damit verbringe, mit Lineal und Stadtplan in Städten herumzulaufen, setze ich eine alte Tradition urlaubender Mathematiker fort und »verschwende« nicht etwa »meine Ferienzeit« oder »verwirre die Einheimischen«, wie meine Freunde und Familie behaupten.

## **Dreiecke in der Antike**

Die Pyramiden sind alt. Als diese Steine aufeinandergetürmt wurden, streiften noch die letzten Wollmammuts in Sibirien umher und hofften, diese lästigen Menschen würden nicht zu einer echten Landplage werden. Als Thales von Milet beschloss, die Höhe der Pyramiden zu vermessen, waren diese bereits mehr als 2000 Jahre alt. Und zu ihrem Bau war eine ganze Menge Mathematik nötig. Schon vor sehr langer Zeit haben Menschen also Geometrie eingesetzt.

Einer der frühesten mathematischen Texte ist ein ägyptischer Papyrus, und natürlich finden sich dort direkt in der Mitte eine ganze Reihe Dreiecke. Irgendwann um 1550 v. Chr. fertigte ein Schreiber namens Ahmes die Kopie eines noch einige Jahrhunderte älteren Dokuments an. Dieses Original ist seit Langem verschollen. Und die Handvoll anderer, älterer mathematischer Dokumente, die heute noch existieren, sind weitgehend anonym, was Ahmes definitiv zum ältesten, namentlich bekannten Mathe-Autor macht. Womit ich eine starke Verbundenheit verspüre, denn alle paar Jahre, wenn ich gerade ein neues Buch veröffentlicht habe, werde ich wieder einmal für einen kurzen Zeitraum zum aktuellsten namentlich erwähnten Mathe-Autor.

Der Ahmes-Papyrus wird heute im Britischen Museum aufbewahrt. Man nimmt an, dass er ursprünglich aus einem verfallenen Gebäude nahe des Ramesseums (Tempel von Ramses II., ähnlich wie ich mein Heim Mattesum nenne) gestohlen wurde, doch das ließ sich nicht verifizieren. Irgendwann zerschnitten die Papyrusdiebe ihre Beute in zwei Teile von zwei und drei Metern Länge, wohl um den Wiederverkaufswert der nun zwei Papyri zu erhöhen. Der Papyrus wurde 1858<sup>1</sup> verkauft und schließlich dem British Museum geschenkt.

Da die Veröffentlichung dieses Buches mit sich brächte, dass Ahmes und ich am Anfang und am Ende der gesamten, der Menschheit bekannte Autorenschaft mathematischer Literatur stehen würden, fragte ich beim Britischen Museum nach, ob ich den Papyrus sehen könne. Da Licht für den Papyrus schädlich ist, wird er nur selten öffentlich ausgestellt, doch netterweise holten sie ihn aus seinem dunklen Aufbewahrungsort, sodass ich einen Blick darauf werfen konnte. Das Erste, was mir auffiel, war, dass es sich eindeutig um einen mathematischen Text handelte. Überall entdeckte ich Dreiecke.

Der Ahmes-Papyrus ist im Grunde ein antikes Lehrbuch, das eine Reihe von mathematischen Problemen vorstellt und dann zeigt, mit welchen Rechenricks man sie lösen kann. Die Dreiecke, die mir zuerst aufgefallen waren, stehen in Zusammenhang mit einer Reihe von Problemen bei der Berechnung des Anstiegs verschiedener Pyramiden – fast zu klischeehaft, um wahr zu sein. Aber tatsächlich erlaubt uns ein Blick auf die Probleme,

---

1 Er wurde von dem schottischen Rechtsanwalt A. H. Rhind gekauft und wird daher oft als Rhind-Papyrus bezeichnet. Ein 18 cm-Stück aus der Mitte wurde separat verkauft; ein Teil davon tauchte 1922 in der Sammlung der New York Historical Society auf, doch der Rest ging verloren.



*Unzweifelhaft dreieckelig.*

die als so wichtig galten, dass sie in ein Lehrbuch aufgenommen wurden, einen Einblick in die damalige Gesellschaft. Natürlich innerhalb gewisser Grenzen – stellen Sie sich bloß vor, was Historiker in einigen tausend Jahren aus unseren modernen Problemen im Stil von »Mary kauft 17 Wassermelonen und 2 Hüte« machen werden. Die Lehrbücher des 21. Jahrhunderts vermitteln den Eindruck, dass wir häufig shoppen gehen und eine Menge dummer Sachen kaufen.

Der Ahmes-Papyrus enthält rund 88 verschiedene Probleme samt Anleitungen zu ihrer Lösung. Wie immer wird die antike Obsession hinsichtlich Brot und Getreide deutlich: Bei zehn Problemen geht es darum, wie man eine Anzahl von Broten

unter einer bestimmten Anzahl von Leuten verteilt. Sechs Beispiele zeigen, wie man das Volumen von Getreide in verschiedenen geformten Getreidespeichern berechnet. Doch dann wird es deutlich geometrischer. Neben den Pyramidenberechnungen beschäftigen sich sechs weitere Probleme mit der Berechnung von Landflächen. Zweifellos hatte es Diskussionen darüber gegeben, wie man Land gerecht neu verteilt, vermutlich nachdem der Nil über seine Ufer getreten war und die vorherigen Grenzmarkierungen weggespült hatte.

Die antike ägyptische Zivilisation gedieh dank des fruchtbaren Schlamm, den die regelmäßigen Nilüberflutungen auf den Feldern hinterließen. Dies motivierte die Ägypter offensichtlich, eine fortschrittliche astronomische und kalendarische Mathematik zu entwickeln, um vorherzusagen, wann diese Überflutungen in jedem Jahr eintreten würden (was zu den direkten Vorgängern unseres modernen Kalenders führte). Doch sie mussten auch wissen, wie die Felder neu zu verteilen waren, sobald sich die Fluten zurückgezogen hatten. Hier ist die Geburt der Geometrie eine Folge der Notwendigkeit, die genaue Größe von Landflächen zu berechnen.

Und das ist nicht nur eine meiner Spekulationen: Der antike griechische Geschichtsschreiber Herodot äußerte dieselbe Idee, als er 430 v. Chr. seine *Historien* verfasste. Mit seiner Vermutung, Ägypten habe der Welt wegen der jährlichen Nilfluten die Geometrie geschenkt, während Babylon (im Team mit der frühen sumerischen Zivilisation) all die anderen mathematischen Errungenschaften lieferte, verlieh er dem Ganzen einen zusätzlichen Twist.

Wenn aber einem von seinem Stück der Fluß etwas wegriß, hatte er diesen Vorfall bei ihm anzuzeigen, worauf er seine Leute schickte, die nachsehen und wieder ausmessen mußten, um wie viel kleiner der Platz geworden sei; damit er in Zukunft nach Maß der angesetzten Abgabe zolle. Von daher, glaube ich nun, ist die Erfindung der Feldmeßkunst nach Hellas hinübergekommen; während die Sonnenuhr, der Stundenweiser und die zwölf Abteilungen des Tages durch die Babylonier den Hellenen bekannt wurden.

Herodot, *Historien*, Zweites Buch, Paragraph 109

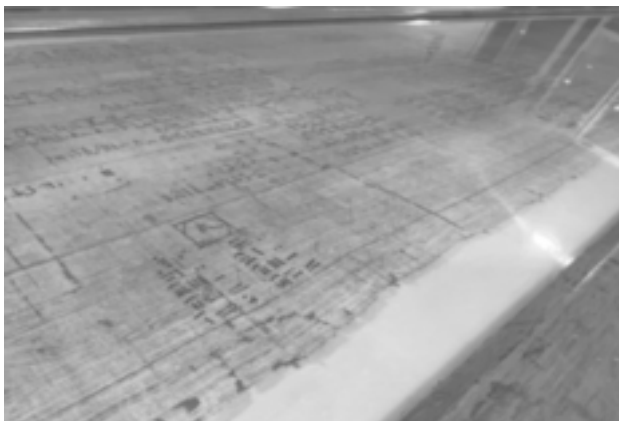
Also schrieben antike Autoren schon vor Jahrtausenden über den Einsatz von Mathematik, um Streitfälle zu regeln. Und offenbar auch, um Steuerprobleme zu lösen. In diesem Fall möchte der Bauer möglichst wenig Steuern zahlen, während der König möglichst viel Steuern einnehmen will. Daher haben beide Seiten großes Interesse daran, dass die Mathematik stimmt.

Es machte mich demütig, den Ahmes-Papyrus zu betrachten und zu realisieren, dass der Text aus einer Zeit vor 4000 Jahren stammt, als die Notwendigkeit, Land gerecht zu verteilen, zur Geburt der Geometrie als eines Gebiets menschlichen Wissens führte. Besonders erstaunte mich, ein Problem zu sehen, bei dem es um die Fläche eines kreisförmigen Feldes ging, was einen angenäherten Wert von Pi erfordert. Ich sah die Berechnung durch und stellte fest, dass sie einen Wert von Pi benutzten, der ungefähr  $4 \times (8/9)^2 = 3,16$  entspricht, was dem wahren Wert recht nahe kommt. Doch was noch wichtiger ist: Diese Hieroglyphen waren das Tor zu all der erstaunlichen abstrakten Mathematik mit unserem Freund Pi, die Menschen in Zukunft entdecken würden. Zur Belustigung der Historikerinnen und

Historiker rundum machte ich rasch ein Selfie mit dem Matheproblem.



*Ein Mathefossil, das auf einen Papyrus zeigt.*



*In diesem Kasten befindet sich eine Skizze eines kreisförmigen Feldes, alles darunter sind Zahlen.*

## Von Frankreich in die Galaxis

Vergessen Sie große Felder und die höchsten Türme und lassen Sie uns einen weiten Sprung zu dem größten Objekt machen, das man überhaupt mit Dreiecken vermessen kann. Genauso, wie wir instinktiv zu großen Objekten aufschauen und wissen wollen, wie groß sie exakt sind, lieben es Menschen, den Nachthimmel zu betrachten. Jahrtausendlang haben wir uns wohl auch gefragt, wie weit die Sterne weg sind, ohne irdische Möglichkeit, dies zu berechnen. Heute ist das möglich. Wir werden Dreiecke benutzen, um festzustellen, wo genau im Universum wir Menschen uns befinden. Wir werden etwas wirklich astronomisch Großes vermessen, ganz oben in der Hierarchie der »großen Objekte im Weltraum«. Hier eine kurze Auffrischung:

- Wir leben in einem Sonnensystem mit einem einzigen Stern<sup>2</sup> und mehreren Planeten samt einigen anderen Felsen und Staub.
- Eine Ansammlung von Sternen bildet gemeinsam eine Galaxie.
- Eine Ansammlung von Galaxien bildet einen Galaxienhaufen, auch Cluster genannt.
- Mehrere Galaxienhaufen zusammen bilden einen Super(galaxien)haufen.
- Diese Superhaufen bilden dann gemeinsam das kosmische Netz.

---

2 Die Masse unseres Sonnensystems steckt zu über 99 Prozent in der Sonne, daher sind wir, ehrlich gesagt, nicht mehr als ein Rundungsfehler unseres lokalen Sterns.

Wenn wir Teile der Struktur des kosmischen Netzes identifizieren und benennen könnten, wären dies die größten Objekte, die uns unser gegenwärtiges wissenschaftliches Verständnis zu messen erlaubt. Man kann sich das kosmische Netz in gewisser Weise ähnlich wie das Terrain auf der Erde mit all seinen Höhen und Tiefen vorstellen. Innerhalb des Chaos dieses Terrains gibt es Aspekte, die eindeutig alle zu »derselben Sache« gehören, und daher geben wir ihnen einen Namen, wie »Grand Canyon«, »Mount Everest« oder »dieser Hügel, den ich so ungern hinauf-radle«. Die Oberfläche der Erde mag kontinuierlich sein, doch wir verstehen diese Abschnitte als zusammenhängende Einheiten, die wir benennen und vermessen können.

Das kosmische Netz ist komplexer als die Oberfläche unseres Planeten: Es handelt sich um einen 3D-Schaum aus galaktischen Superhaufen, dessen Größe unser Verständnis überschreitet. Aber dieses Netz befindet sich dort draußen. Oder vielmehr umgibt es uns. Wenn Sie in den Nachthimmel (oder auch den Taghimmel) hinaufschauen, so befindet es sich direkt dort und expandiert in alle Richtungen. Nur ist es derart gigantisch, dass man keine unmittelbare lokale Struktur erkennen kann. Sie könnten die Nullarbor-Wüste ein ganzes Leben lang durchwandern, ohne jemals die Form von Australien zu verstehen. Dazu muss man gehörig Abstand nehmen und darauf zurückblicken.

Die Strukturen im kosmischen Netz sind so riesig, dass nur sehr weit entfernte Abschnitte ins Gesichtsfeld unserer bescheidenen menschlichen Teleskope passen. Und mit »weit« ist »so weit« gemeint (so weit, dass man »so« mit 26 o's schreiben muss). Das Problem bei einer derart großen Entfernung ist, dass so wenig vom Licht dieser Superhaufen die Erde erreicht; daher können wir sie nicht identifizieren. Das Einzige, das wir aus einer

solchen Entfernung sehen können, ist ein Gammastrahlenausbruch, auch Gammablitz genannt. Ein Gammablitz ist nach dem Big Bang das energiereichste Ereignis im ganzen Universum. Urheber ist ein massereicher Stern, der sich zur Supernova aufbläht und dann zum Schwarzen Loch wird. Oder es handelt sich um zwei Neutronensterne, die sich etwas zu nahe kommen. Wir sind uns bislang nicht sicher: Offenbar sind keine zwei Gammablitz identisch. »Gammablitz« ist eher ein Überbegriff für ein Ereignis von unvorstellbar hoher Energie, bei dem Gammastrahlung (sehr hochenergetische Photonen) durchs Universum geschleudert wird.

Und die erscheint dann als kleiner Ausschlag auf unseren Detektoren und das oft nur sehr kurz: Einer von drei Gammablitz dauert nicht länger als zwei Sekunden. Da sich Gammastrahlen zudem nur schlecht »fokussieren« lassen, ist es sehr schwierig, sie zu untersuchen. Diese kosmische Strahlung wurde erst in den 1960er-Jahren durch Zufall entdeckt, als man international begann, in eine Technologie zum Nachweis von Kernwaffenexplosionen zu investieren. Selbst bei einem geheimen Kernwaffentest werden Gammastrahlen frei, die sich in alle Richtungen über und durch die Erde ausbreiten. Daher wurden hochempfindliche Gammastrahlensensoren entwickelt, um solche Tests auch noch in weit entfernten Ländern nachzuweisen. Doch dann entdeckten diese Sensoren schwache Gammastrahlensignale aus dem All.

»Schwach« ist natürlich relativ; tatsächlich ist diese Strahlung höchst energiereich, sie muss nur einen langen Weg zurücklegen. Zudem sind solche Ausbrüche ziemlich selten. Wie sich herausgestellt hat, handelt es sich um ein Ereignis, das in jeder Galaxie nur alle paar hunderttausend Jahre einmal vorkommt.

Zum Glück für uns, denn ein Gammablitz in Erdnähe wäre kein kleiner Blitz im Raum, sondern würde zu einem katastrophalen Massenaussterben führen. Da es jedoch rund hundert Milliarden Galaxien im Universum gibt, die wir von der Erde aus sehen können, sind diese Ereignisse recht häufig, wenn man das Universum als Ganzes betrachtet.

Um diese flüchtigen Todesblitze zu untersuchen, benötigten wir eine Möglichkeit, die Gammastrahlen zu entdecken und dann sofort ein Teleskop auf die Quelle zu richten, um zu sehen, was dort fern der Erde vor sich ging. Und glauben Sie mir, für Weltraumforschende gibt es kein Problem, das sich nicht mit einer Raumsonde lösen lässt. Daher wurde 2004 der Swift Gamma Ray Burst Explorer ins All geschossen; die NASA hatte die Leitung, doch die Hardware stammte aus aller Welt. Lustiger Zufall: Das britische Raumlabor, wo meine Frau arbeitet, lieferte einen der optischen Detektoren.<sup>3</sup> Sobald ein Ausbruch entdeckt wurde, sollte der Explorer herumschwingen und in die Richtung weisen, aus der die extrem energiereichen Photonen der Gammastrahlung kamen. Auch wenn sich der Explorer nicht in zwei Sekunden drehen ließ, so geschah es doch schnell genug, um das Nachglühen weniger energiereicher Photonen aufzufangen.

Dabei wurde offensichtlich eine ganze Reihe wichtiger Entdeckungen gemacht ... bla bla bla. Aber das ist eine andere Geschichte für ein anderes Buch (verfasst von meiner weitaus besser qualifizierten Frau). Was uns interessiert, ist die statistische

---

3 Was bedeutet, dass meine Recherchen für diesen Abschnitt weitgehend darin bestanden, die Tür meines Arbeitszimmers zu öffnen und meine Fragen in den Flur zu rufen. Passend zu ihrer Profession bestand die Antwort meiner Frau meist darin, mir zu raten, mich auf den Mond zu schießen.