



Bevor Randall Munroe, geboren 1984, den Webcomic »xkcd« erfand, war er Roboter-Ingenieur bei der NASA. Seine Bücher *What if? Was wäre wenn?*, *Der Dinge-Erklärer* und *How to – Wie man's hinkriegt* wurden internationale Bestseller. Munroe lebt in Cambridge, Massachusetts.

What if in der Presse:

»Ein genial amüsantes Sachbuch
aus Wissenschaft und Narretei.«
Stern

»Randall Munroe, Nerd und Genie.«
ZEIT online

»Brillant.«
Bill Gates

Außerdem von Randall Munroe lieferbar:
Der Dinge-Erklärer – Thing Explainer.
Komplizierte Sachen in einfachen Worten
How to – Wie man's hinkriegt. Absurde, wirklich
wissenschaftliche Empfehlungen für alle Lebenslagen

Besuchen Sie uns auf www.penguin-verlag.de
und Facebook.



RANDALL MUNROE

what if?

Was wäre wenn?



*Wirklich wissenschaftliche Antworten
auf absurde hypothetische Fragen*

Aus dem Amerikanischen
von Ralf Pannowitsch

Jetzt mit
zusätzlichen
Kapiteln



PENGUIN VERLAG

Die Originalausgabe erschien 2014 unter dem Titel *What if? Serious Scientific Answers to Absurd Hypothetical Questions* bei Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, New York.

Diese Ausgabe enthält fünf zusätzliche Kapitel.

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten, so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung, da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.

Songtexte aus »If I didn't have you« © by Tim Minchin.
Mit freundlicher Genehmigung von Tim Minchin.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

1. Auflage 2020

Copyright © 2014 by xkcd.com

Copyright © der deutschsprachigen Ausgabe 2016 by

Albrecht Knaus Verlag

in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

Umschlag: any.way Grafik Partner, nach Entwürfen

von Patrick Barry und Sabine Kwauka

Umschlagmotiv: Randall Munroe

Satz: Uhl + Massopust, Aalen

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN 978-3-328-10690-6

www.penguin-verlag.de



Dieses Buch ist auch als E-Book erhältlich.



DIE FRAGEN

Einführung	9	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 2	76
Globaler Sturm	11	Das letzte Licht der Menschheit	77
Zufallsniesanruf	18	Machengewehr-Jetpack	86
Abklingbecken	21	Stetiger Aufstieg	93
Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 1	25	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 3	98
Eine New Yorker Zeitmaschine	26	U-Boot im Weltall	99
Seelenverwandte	36	Abteilung für Kurzantworten	104
Laserpointer	42	Blitze	110
Die Periodenwand der Elemente	52	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 4	117
Alle Welt hüpf	62		
Föhn	67		



Der menschliche Computer	118	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 7	186
Kleiner Planet	126	Selbstbefruchtung	187
Steakabwurf	131	Hochwurf	198
Eishockeypuck	137	Tödliche Neutrinos	204
Erkältungswelle	140	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 8	209
Das halb leere Glas	146	Bremshubbel	210
Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 5	152	Unsterbliche Irrläufer	216
Ausserirdische Astronomen	153	Orbitalgeschwindigkeit	221
DNA spurlos verschwunden	158	Die Datentransferrate von FedEx	227
Interplanetarische Cessna	165	Freier Fall	230
Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 6	172	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 9	235
Yoda	173	Sparta	236
Luftballon statt Fallschirm	177	Die Ozeane trockenlegen # 1	241
Alle Mann raus!	181	Die Ozeane trockenlegen # 2	248

Twitter	255	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 11	323
Lego-Brücke	260	Der Regentropfen	324
Längster Sonnenuntergang	267	Neutronenkugel	329
Relativistischer Baseball	273	Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 12	339
Seltsame (und beunruhigende) Fragen # 10	277	Richter 15	340
Die Erde dehnt sich aus	278	Spinnen vs. die Sonne	346
Schwereloser Pfeil	287	Schwimmen auf dem Mond	351
Erde ohne Sonne	291	Ballonaut	356
Wikipedia-Druckversion	295	Weltraumbestattung	361
Das Facebook der Toten	299	Haufenweise Geld verdienen	365
Sonnenuntergang über dem britischen Empire	305	Dank	369
Beim Teeumrühren	309	Quellenverzeichnis	371
Alle Blitze der Welt	314		
Der einsamste Mensch	319		



WARNUNG DES AUTORS

Bitte nicht zu Hause ausprobieren! Der Autor dieses Buches ist Cartoonzeichner, aber kein Gesundheits- oder Sicherheitsexperte. Er mag es, wenn etwas Feuer fängt oder explodiert, und das bedeutet, dass er nicht gerade das Beste für die Allgemeinheit im Sinn hat. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung für schädliche Folgen, die direkt oder indirekt aus in diesem Buch enthaltenen Informationen entstehen können.

EINFÜHRUNG

DIESES BUCH ist eine Sammlung von Antworten auf hypothetische Fragen.

Sie erreichten mich über meine Website, wo ich nicht nur als eine Art Dr. Sommer-Team für verrückte Wissenschaftler diene, sondern auch xkcd zeichne, einen Webcomic mit Strichmännchen.

Ich war nicht immer Comiczeichner. Zuerst habe ich Physik studiert und nach meinem Abschluss bei der NASA im Bereich Robotertechnik gearbeitet. Irgendwann habe ich die NASA verlassen, um den ganzen Tag lang Comics zeichnen zu können; mein Interesse an Naturwissenschaften und Mathematik hat aber nicht abgenommen. Schließlich hat es ein neues Ventil gefunden: Ich beantworte seltsame (und manchmal beunruhigende) Fragen aus dem Netz. Dieses Buch enthält eine Auswahl meiner Lieblingsantworten von der Website und dazu noch einen Packen neuer Fragen, die hier zum ersten Mal behandelt werden.

So lange ich zurückdenken kann, habe ich mit Mathe alle möglichen merkwürdigen Fragen beantwortet. Als ich fünf war, hat meine Mutter ein Gespräch mit mir notiert und in einem Fotoalbum aufbewahrt. Als sie erfuhr, dass ich dieses Buch schreiben würde, kramte sie es hervor und schickte es mir. Hier ist es – wortgetreu reproduziert von einem 25 Jahre alten Blatt Papier:

Randall: Gibt es in unserem Haus mehr weiche oder mehr harte Sachen?

Julie: Weiß ich nicht.

Randall: Und auf der ganzen Welt?

Julie: Weiß ich nicht.

Randall: Jedes Haus hat doch drei oder vier Kissen, nicht wahr?

- Julie:** Richtig.
- Randall:** Und jedes Haus hat ungefähr
15 Magnete, oder?
- Julie:** Ich vermute mal.
- Randall:** Also, 15 plus 3, oder sagen wir mal 4,
das ist 19, stimmt's?
- Julie:** Stimmt.
- Randall:** Also gibt es wahrscheinlich etwa
3 Milliarden weiche Dinge und ...
5 Milliarden harte. Also, wovon gibt
es mehr?
- Julie:** Ich nehme mal an, von den harten.

Bis heute habe ich keine Idee, wie ich auf »3 Milliarden« und »5 Milliarden« gekommen bin. Ich wusste ganz bestimmt noch nicht, wie Zahlen wirklich funktionieren.

Meine Mathekenntnisse sind mit den Jahren etwas besser geworden, aber ich greife immer noch aus demselben Grund zur Mathematik wie als Fünfjähriger: Ich möchte Fragen beantworten.

Man sagt, es gäbe keine dummen Fragen. Das ist ganz offensichtlich falsch; meine Frage zu den harten und weichen Dingen war zum Beispiel echt blöd. Aber wie sich herausstellt, kann es uns zu wirklich Aufregendem führen, wenn wir versuchen, eine dumme Frage gründlich und vollständig zu beantworten.

Ich weiß immer noch nicht, ob es auf der Welt mehr harte oder mehr weiche Dinge gibt, aber im Laufe der Jahre habe ich eine Menge anderes Zeug gelernt. Die folgenden Seiten sind meine Lieblingsetappen dieser Reise.

Randall Munroe

GLOBALER STURM

Was wäre, wenn sich die Erde
und alles auf ihr plötzlich
nicht mehr drehen würde,
die Atmosphäre aber ihre
Geschwindigkeit beibehielte?

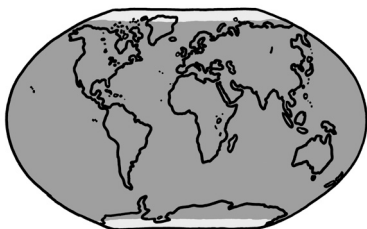
Andrew Brown

SO ZIEMLICH JEDER würde sterben. *Danach* würde es erst richtig interessant werden.

Am Äquator bewegt sich die Erdoberfläche – auf die Drehachse bezogen – mit etwa 470 Metern pro Sekunde (das sind rund 1700 km/h). Würde die Erde stehen bleiben, die Luft aber nicht, dann würde sofort ein Wind mit obengenannter Geschwindigkeit wehen.

Am stärksten wäre dieser Wind um den Äquator herum, aber zwischen dem 42. Grad nördlicher Breite und dem 42. Grad südlicher Breite – also in einem Gebiet, in dem rund 85 Prozent der Weltbevölkerung leben – würde jeder und alles plötzlich Winde mit Überschallgeschwindigkeit erleben.

Die heftigsten Winde würden in Oberflächennähe nur ein paar Minuten anhalten; die Reibung mit dem Boden würde sie bald bremsen. Dennoch würde das ausreichen, um fast alles, was der Mensch gebaut hat, in Trümmer zu legen.



- Hier passieren schreckliche Dinge.
- Hier passieren schreckliche Dinge, aber langsamer.

Mein Haus in Boston liegt so weit nördlich, dass es sich gerade außerhalb der Zone mit den Überschallwinden befindet, und doch wären die Stürme dort noch doppelt so stark wie bei den heftigsten Tornados. Alle Gebäude – vom Schuppen bis zum Wolkenkratzer – würden plattgedrückt und aus ihren Fundamenten gerissen. Die Reste würden quer durchs Land trudeln.

In Polnähe wären die Winde schwächer, aber keine Stadt liegt weit genug vom Äquator entfernt, um der Verwüstung zu entgehen. Longyearbyen auf der norwegischen Insel Spitzbergen (die auf dem nördlichsten Breitengrad gelegene Stadt der Welt) würde von Winden heimgesucht, die so heftig wären wie die stärksten tropischen Zyklone.

Wenn man das irgendwo aussitzen will, könnte einer der besten Orte dafür Helsinki sein. Obwohl die Stadt trotz ihrer Lage (mehr als 60° N) fortgefegt würde, gibt es im Fels unter Helsinki ein ausgeklügeltes Netzwerk von Tunneln, eine unterirdische Einkaufsmeile, eine Eishockeyhalle, Schwimmbäder und mehr.



Kein Gebäude wäre sicher, und selbst Konstruktionen, die den Wind eigentlich aushalten müssten, kämen in Schwierigkeiten. Wie schon der Komiker Ron White zum Thema Hurrikane sagte – »Das Problem ist nicht, *dass* der Wind umherwirbelt; das Problem ist, *was* der Wind umherwirbelt.«

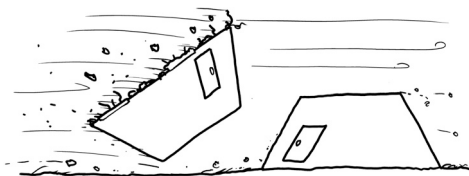
Nehmen wir an, wir sitzen in einem massiven Bunker, der aus einem Material gebaut ist, das Stürme von 1700 km/h aushält.

Dann baute sich das 92. Schweinchen
ein Haus aus abgereichertem Uran.

Und der Wolf: »Alter.«



Feine Sache; wir wären sicher – sofern wir die Einzigen mit einem Bunker sind. Unglücklicherweise haben wir aber wahrscheinlich Nachbarn, und wenn unser windseitiger Nachbar einen weniger gut verankerten Bunker hat, wird unser Bunker es aushalten müssen, dass der andere mit 1700 km/h auf ihn knallt.



Die Menschheit würde nicht aussterben.¹ Alles in allem würden aber nur sehr wenige Menschen auf der Erdoberfläche überleben; die herumfliegenden Trümmer würden alles, was nicht gerade strahlungsgehärtet ist, pulverisieren. Aber unter der Erdoberfläche könnten eine Menge Leute ganz gut überleben. Sollten Sie sich,

¹ Jedenfalls nicht sofort.

wenn es passiert, gerade in einem Kellergeschoss (oder besser noch in einem U-Bahntunnel) befinden, hätten Sie also gute Überlebenschancen.

Es gäbe sogar noch andere glückliche Überlebende. Dutzende Wissenschaftler und Mitarbeiter auf der Amundsen-Scott-Station am Südpol würden von den Winden verschont bleiben. Für sie wäre das erste Zeichen einer Störung, dass die Außenwelt plötzlich ganz still wird.

Die mysteriöse Stille würde sie wahrscheinlich eine Weile ablenken, aber schließlich würde jemand etwas noch Seltsameres bemerken:

Die Sonne bewegt sich nicht.

Oh, bestimmt dreht sich die Erde nicht mehr, und alles ist in einem weltweiten Sturm kaputtgegangen.

So was finde ich echt Scheiße.

Ich trete mal dagegen, vielleicht springt sie ja wieder an.



Die Luft

Wenn die Bodenwinde dann nachgelassen haben, wird es noch gruseliger.

Die Sturmwalze würde sich in eine Feuerwalze verwandeln. Normalerweise ist die kinetische Energie von brausendem Wind so gering, dass man sie vernachlässigen kann. Hier haben wir es allerdings mit keinem gewöhnlichen Wind zu tun. Er kommt unter Turbulenzen zum Stehen und die Luft heizt sich dabei auf.

Auf dem Festland würde das zu sengenden Temperaturen führen, und in Gebieten mit feuchter Luft würden sich weltumspannende Gewitter bilden.

Gleichzeitig würde der über die Ozeane fegende Wind die Oberflächenschicht des Wassers aufwühlen und zerstäuben. Für eine

Weile hätte der Ozean dann gar keine Oberfläche mehr; man könnte nicht mehr sagen, wo die Gischt endet und das Meer anfängt.

Ozeane sind *kalt*. Unter der dünnen Oberflächenschicht beträgt ihre Temperatur ziemlich einheitlich 4°C. Der Sturm würde kaltes Wasser aus den Tiefen aufwirbeln. Das Einströmen kalter Gischt in die überheizte Luft würde eine Art von Wetter erzeugen, wie man es auf der Erde noch nie gesehen hat – einen tosenden Mix aus Wind, Gischt, Nebel und raschen Temperaturänderungen.

Das Aufsteigen des Tiefenwassers würde eine wahre Fruchtbarkeitsexplosion verursachen, weil frische Nährstoffe in die oberen Schichten fluten. Gleichzeitig würde es jedoch zu einem großen Sterben unter Fischen, Krabben, Meeresschildkröten und anderen Tieren führen, die mit dem Einströmen sauerstoffarmen Wassers aus der Tiefe nicht zurechtkommen. Jedes Tier, das atmen muss – also beispielsweise auch Wale und Delphine –, hätte am turbulenten Übergang zwischen Meer und Luft Probleme zu überleben.

Die Wellen würden von West nach Ost um den Globus rauschen, und alle Ostküsten würden die größte Sturmflut der Weltgeschichte erleben. Eine blendende Gischtwolke würde über das Festland schießen, und hinter ihr würde sich eine wirbelnde, aufgewühlte Wasserwand wie ein Tsunami vorwärtsbewegen. An manchen Orten würden die Wellen viele Kilometer landeinwärts vordringen.

Die Unwetter würden große Mengen Staub und Trümmerteilchen in die Atmosphäre spritzen. Gleichzeitig würde sich über den kalten Ozeanoberflächen eine dichte Nebeldecke bilden. Normalerweise ließe das die Temperaturen weltweit absacken. Und genau das würden sie auch tun.

Zumindest auf einer Seite der Erde.

Wenn sich die Erde nicht mehr dreht, endet der normale Zyklus von Tag und Nacht. Die Sonne würde nicht völlig aufhören, sich am Himmel zu bewegen, aber statt einmal täglich auf- und unterzugehen, würde sie das nur noch einmal *pro Jahr* tun.

Tag und Nacht wären jeweils sechs Monate lang, sogar am Äquator. Auf der Tagseite würde die Erdoberfläche im beständi-

gen Sonnenlicht braten, während die Temperaturen auf der Nachtseite abstürzten. Der Wärmeaustausch würde in den Bereichen, die direkt unter der Sonne liegen, zu heftigen Stürmen führen.²

Wenn der Tag-Nacht-Zyklus
futsch ist, wann füttere ich
dann diese Gremlins?



In gewisser Weise würde die Erde dann einem dieser Exoplaneten mit gebundener Rotation ähneln, wie man sie gewöhnlich in der habitablen Zone eines Roten Zwerges antrifft. Ein noch besserer Vergleich könnte die Venus in einem sehr frühen Stadium sein. Aufgrund ihrer Rotation wendet die Venus – ganz wie unsere angehaltene Erde – monatelang der Sonne dieselbe Seite zu. Allerdings zirkuliert ihre dicke Atmosphäre sehr schnell, so dass Tag- und Nachtseite ungefähr dieselbe Temperatur haben.

Die Länge eines Tages würde sich also verändern, die Länge eines Monats aber gar nicht! Der Mond hat ja nicht damit aufgehört, um die Erde zu rotieren. Wenn allerdings die Erdrotation seine Gezeitenenergie nicht mehr speist, würde der Mond nicht länger von der Erde wegdriften (das macht er derzeit nämlich), sondern langsam wieder auf uns zutreiben.

Unser treuer Gefährte Mond würde zu Hilfe eilen, um den von Andrew angerichteten Schaden wieder auszubügeln. Derzeit dreht sich die Erde schneller als der Mond, und unsere Gezeiten verlangsamten die Erdrotation, während sie gleichzeitig den Mond von uns wegschieben.³ Würde sich unser Planet nicht mehr drehen, dann würde auch der Mond nicht länger von uns wegdriften. Statt uns zu

² Allerdings würde auch keine Corioliskraft mehr wirken, und ob sich die Luftmassen im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn bewegen, können wir nur raten.

³ Warum das passiert, wird in »Leap Seconds«, <http://what-if.xkcd.com/26>, erläutert.

verlangsamen, würden seine Gezeitenkräfte unsere Drehbewegung wieder beschleunigen. Ganz langsam, ganz sachte würde die Gravitationskraft des Mondes an unserem Planeten ziehen ...



... und die Erde würde sich wieder drehen.

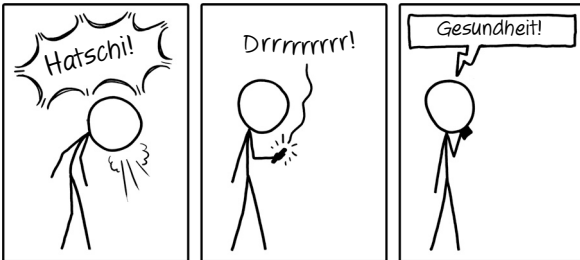


ZUFALLSNIESANRUF

Wenn man eine zufällige Nummer wählt und »Gesundheit!« sagt, wie hoch ist dann die Wahrscheinlichkeit, dass der Angerufene tatsächlich gerade geniest hat?

Mimi

ES IST SCHWER, gutes Zahlenmaterial dafür zu finden, aber vermutlich liegt sie etwa bei 1:40000.



Ehe Sie den Hörer in die Hand nehmen, sollten Sie auch bedenken, dass die Person, bei der Sie anrufen, mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 1:1 000 000 000 gerade jemanden umgebracht hat.¹ Vielleicht möchten Sie da lieber vorsichtiger mit Ihren guten Wünschen sein.

Da Niesen aber weitaus häufiger vorkommt als Mord², werden Sie trotzdem viel wahrscheinlicher jemanden an den Apparat be-

¹ Berechnet auf Grundlage einer Mordrate von 4:100000, was in den USA ganz durchschnittlich ist – aber der Spitzenwert aller Industrienationen.

² Beleg: Sie sind noch am Leben.

kommen, der gerade geniast hat, als dass Sie einen Killer erwischen. Von folgender Strategie wird daher abgeraten:



Zur Erinnerung: Das sage ich jetzt immer, wenn jemand niest.

Verglichen mit der Mordrate, wird die Niesrate wissenschaftlich kaum erforscht. Die am häufigsten zitierte Zahl für die durchschnittliche Nieshäufigkeit stammt von einem Arzt, der von ABC News interviewt wurde. Er sprach dort von 200 Niesern pro Person und Jahr.

Eine der wenigen wissenschaftlichen Quellen für Niesdaten ist eine Studie, die beobachtete, wie die Leute bei einer absichtlich herbeigeführten allergischen Reaktion niesten. Um die durchschnittliche Niesrate abzuschätzen, können wir über alle medizinischen Werte, die dabei gesammelt wurden, hinwegsehen und stattdessen nur auf die Kontrollgruppe schauen. Die Personen aus dieser Gruppe wurden überhaupt keinen allergieauslösenden Stoffen ausgesetzt; sie saßen einfach nur allein in einem Raum herum, und zwar insgesamt für 176 Durchgänge zu je 20 Minuten.³

Die Testpersonen in der Kontrollgruppe niesten im Laufe dieser etwa 58 Stunden vier Mal⁴, was aufs Jahr gerechnet ungefähr 400 Nieser pro Person sind (wir nehmen mal an, dass man im Schlaf nicht niest).

³ Nur um mal die Relationen zu veranschaulichen: Das ist 490 Mal hintereinander *Hey Jude*.

⁴ Diese vier Nieser waren das interessanteste Ergebnis aus 58 Stunden Forschung. Ich hätte mir vielleicht lieber 490 Mal *Hey Jude* angehört.

Für 2012 führt die Suchmaschine *Google Scholar* 5980 Aufsätze an, in denen das Wort »niesen« vorkommt. Wenn die Hälfte dieser Aufsätze aus den USA sind und jeder im Durchschnitt vier Autoren hat, erwischen Sie bei einem Zufallsanruf mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 1:10 000 000 jemanden, der genau an diesem Tag einen Aufsatz zum Niesen veröffentlicht hat.

Andererseits kommen in den USA jährlich ungefähr 60 Menschen durch Blitzschlag ums Leben. Das bedeutet, dass Sie nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:10 000 000 000 000 jemanden anrufen werden, der in den letzten 30 Sekunden vom Blitz getroffen und getötet wurde.



Zuletzt nehmen wir an, dass am Erscheinungstag dieses Buches fünf seiner Leser beschließen, das Experiment tatsächlich durchzuführen. Wenn sie den ganzen Tag über beliebige Nummern anrufen, gibt es eine Wahrscheinlichkeit von 1:30 000, dass sie irgendwann an diesem Tag das Besetztzeichen hören, weil die Person, bei der sie anrufen, auch gerade einen beliebigen Fremden anruft, um ihm »Gesundheit!« zu wünschen.

Und es gibt sogar eine Wahrscheinlichkeit von etwa 1:10 000 000 000 000, dass sie sich beide gleichzeitig anrufen.



An diesem Punkt streckt die Wahrscheinlichkeit dann vollends ihre Waffen, und beide Anrufer werden vom Blitz getroffen.