

Leseprobe aus:

Heinz Oberhummer Martin Puntigam Werner Gruber  
Das Universum ist eine Scheißgegend



Mehr Informationen zum Buch finden Sie auf  
[www.hanser-literaturverlage.de](http://www.hanser-literaturverlage.de)

© Carl Hanser Verlag München 2015

HANSER

Oberhummer · Puntigam · Gruber

**DAS UNIVERSUM IST EINE SCHEISSGEGEND**

*Gewidmet Harry Rowohlt*

**DAS  
UNIVERSUM  
IST  
EINE SCHEISSGEGEND**

Von Heinz Oberhummer, Martin Puntigam und Werner Gruber.  
Unter maßgeblicher Mitarbeit von Dr. Florian Freistetter.

HANSER

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung  
des Buches oder von Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne  
schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm  
oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung –  
mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert  
oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder  
verbreitet werden.

1 2 3 4 5 19 18 17 16 15

© 2015 Carl Hanser Verlag München  
[www.hanser-literaturverlage.de](http://www.hanser-literaturverlage.de)  
Herstellung: Thomas Gerhardy  
Covergestaltung, Illustrationen und Layout: Büro Alba  
Druck und Bindung: CPI - Ebner & Spiegel, Ulm  
Printed in Germany

ISBN 978-3-446-44477-5  
E-Book ISBN 978-3-446-44478-2



Seit 2007 gibt es die „Science Busters“ als Bühnenshow und Radiokolumne (FM4), seit 2011 auch als Fernsehsendung (ORF eins, 3sat, mit Top-Quoten) und in Buchform. Ihr erstes Buch *Wer nichts weiß, muss alles glauben* war „Buchliebling 2011“, ihr zweites *Gedankenlesen durch Schneckenstreicheln* (2012) wurde zum Wissensbuch des Jahres 2013 gekrönt. Beide waren Bestseller. Gemeinsam haben sie bislang sechs Preise zuerkannt bekommen, u.a. den Volksbildungs-Preis der Stadt Wien, den Sonderpreis des Österreichischen Kabarettpreises und den Radiopreis der Erwachsenenbildung.

*Martin Puntigam* ist ehemaliger Medizinstudent und Studienabrecher der Uni Graz. Er wurde als (Solo)Kabarettist mehrfach für seine Satire ausgezeichnet (Salzburger Stier, Prix Pantheon, Österreichischer Kleinkunstpreis, Österreichischer Kabarettpreis). Er arbeitet in Wien unter anderem für die ORF-Radiosender Ö1 und FM4. Puntigam ist der purpurne Master of Ceremony der schärfsten Science Boygroup der Milchstraße, mit der er die Science-Busters-Bestseller *Wer nichts weiß, muss alles glauben* und *Gedankenlesen durch Schneckenstreicheln* geschrieben hat und als Hauptautor für das ORF-Fernsehen seit Dezember 2011 eine nicht minder erfolgreiche TV-Show herstellt.

*Heinz Oberhummer* ist emeritierter Professor für Kern- und Astrophysik, Kosmologie und Theoretische Physik an der TU Wien, zudem – als ehem. Vorsitzender der Konfessionslosen Österreicher und Beirat der Giordano-Bruno-Stiftung-Chef – Atheist und Skeptiker. Seine Arbeiten über die Feinabstimmung des Universums sorgten für internationales Aufsehen. Er ist Gründer der Science Busters und hat neben den beiden Prachtbänden der Physik-Wonneproppen auch als Autor mit *Kann das alles Zufall sein?*, das Wissenschaftsbuch des Jahres 2009 verfasst. Heinz Oberhummer lebt umgeben von Alpakas (die eines der widerstandsfähigsten Lebewesen, das Conan-Bakterium, in sich tragen) im Dunkelsteinerwald in der Nähe von Wien.

*Werner Gruber* ist Experimental- und Neurophysiker an der Uni Wien und gilt als Fachmann für kulinarische Physik. Er schrieb die beiden populärwissenschaftlichen Erfolgsbücher *Unglaublich einfach. Einfach unglaublich* und *Die Genussformel* und als Co-Autor (zusammen mit den zwei erstgenannten Herrschaften) die beiden Science-Busters-Blockbuster *Wer nichts weiß, muss alles glauben* und *Gedankenlesen durch Schneckenstreicheln*. Heute ist er hauptsächlich Direktor des Planetariums und der Sternwarten Wiens.



## Inhalt

Vorwort . . . . .	11
-------------------	----

### **TEIL 1** | *Vorspiel im Himmel*

Vorspiel im Himmel . . . . .	14
D.O.A. – Death on arrival . . . . .	32
Unter Gaia . . . . .	40
Die Hölle, das sind die anderen . . . . .	46

### **TEIL 2** | *Innen*

Reisewarnungen . . . . .	50
I am coming home . . . . .	54
Ich düse im Sauseschritt . . . . .	56
Supersonic . . . . .	61
Häschen in der Grube . . . . .	62
Es ist verdammt hart, der Nächste zu sein . . . . .	73
Mercury Project unchained . . . . .	76
Venus, altes Treibhaus . . . . .	79
Segel im Wind . . . . .	82
Die Welt ist nicht genug . . . . .	91
Bist du gelähmt! . . . . .	92
Born to be wild . . . . .	96
Wünsch dir was . . . . .	100
Stoner . . . . .	105
Kosmologische Inländerfreunde . . . . .	109

Lobster Man from Mars . . . . .	113
Zum Goldenen Hummer . . . . .	116
Galaktischer Schnupfen . . . . .	118
Erde an Kugelstern . . . . .	122
Sind wir bald da? . . . . .	124

**TEIL 3 | *Aussen***

GTA – Grand Tour Außen . . . . .	130
NEO Rauch . . . . .	131
Here Comes the Boom . . . . .	134
Ausweichmanöver . . . . .	141
Greetings from Dr. Kurt Waldheim . . . . .	143
Stürmischer Türsteher . . . . .	153
Bling-Bling . . . . .	162
Some like it hot . . . . .	165
Die Ringe des Herrn . . . . .	167
Raucherbereich . . . . .	174
The Hoff . . . . .	177
Volldampf . . . . .	180
Uranus Heep . . . . .	182
1, 2, 3 – Neptun frei . . . . .	186
Timeo Danaos . . . . .	191
Genaue Ortsangabe . . . . .	196
Philae-Stück . . . . .	201
Tschuri der Sängerknabe . . . . .	207
Smells like Teen Spirit . . . . .	211

**TEIL 4 | *Jenseits***

You ain't seen nothing yet . . . . .	216
Eigentümerversammlung . . . . .	223
Heat . . . . .	228

Dichtigkeitstest . . . . .	229
Kosmischer Cocktail . . . . .	234
Sie haben Ihr Ziel erreicht . . . . .	242
Night of the Living Aliens . . . . .	252
Bis(s) zur Roche-Grenze . . . . .	258
Where is everybody? . . . . .	275
Time Bandits . . . . .	281
Ich komme aus der Zukunft . . . . .	284
Masse und Macht . . . . .	287
Willkommen im Teilchen-Zoo . . . . .	289
Stabilitätspakt . . . . .	295
Hut ab . . . . .	298
Freund der Blasmusik . . . . .	302
Dehnungsübungen . . . . .	306
Hier ist alles super! . . . . .	307

*Anhang*

Dank . . . . .	317
Text- und Bildnachweise . . . . .	318
Sach- und Personenregister . . . . .	322

## **Vorwort**

Wenn ich eine Zahl lese wie – zum Beispiel – eine Trillion, oder wenn Sie mir so Zahlen aufzeigen wie 1 000 000 000 000, und wenn ich dann noch höre, wie leer der Weltenraum ist, dann kann ich mir diese Leere auch nur mit zwölf e vorstellen, also Leeeeeeeeeere, oder so. Das Wort „Raum“, wenn man es sich schön langsam vorspricht, klingt nicht unschön, weil das au mit dem m am Schluss einem das Gefühl gibt, es wäre noch Platz da. M am Schluss überhaupt macht die Sache sonor, so wie – dumm. Da hört man einen Klang, es klingt nach Hohlraum, wo nichts ist, besser gesagt, wo gar nichts ist. Wenn ich höre und staunend lese, wie viele Sandkörner alle Gestade dieser Erde bevölkern, und ich schau dann in den Himmel und zähle ein paar Sternlein, dann ist es Schnuppe, wie viele ich zusammenbring. Mein Spezi Rudi hat einmal sehr viele Sterne gesehen, weil ihm irgendein Gegenüber ein Trumm über den Schädel gezogen hat, und als er wieder ins Diesseits zurückgekehrt war, hat er gesagt, er hätte nicht geglaubt, dass so eine Sternenpracht überhaupt existiert, und er freut sich heute noch darüber. Eigentlich war er ja bereits drüben, oder außerhalb, aber die Beschreibung seines kurzen Ausflugs ins Jenseitige war doch eher karg. Jetzt weiß ich nicht – war er mit Lichtgeschwindigkeit drüben? Dann ist er tatsächlich nicht sehr weit gekommen, weil ja, wenn das Licht einen Schritt macht, der Raum zwei macht. Das ist wie beim Hasen und dem Igel. Wenn einen also der Heilige Geist erleuchten will, dann ist der Raum auch für ihn eine Mordsherausforderung – und im All besonders, weil man ja

weiß, wo nichts ist, hat der Kaiser sein Recht verloren. Trotzdem begeistert mich, dass gerade da, wo nichts ist, so Erscheinungen auftreten, wie sie die Seher und Seherinnen und die Astrologen und Astrologinnen gegen Entgelt sehr deutlich vor Augen haben. Diese Berufe erfreuen sich galaktischer Chancen, vielleicht weil wir selber nichts sehen, oder auch weil Ungläubige eben mit der Unendlichkeit große Probleme haben. Gerade wurde wieder eine Erde entdeckt und in der Presse banalisiert, weil ja angeblich noch ein paar Milliarden davon herumschwirren in der großen Leeeeeere. Diese Erdenbewohner, egal ob Bakterien oder Oktopusse, sind dann ja doch keine Außerirdischen, sondern Innerirdische und das beruhigt mich.

Liebe Science Busters, Eure Abhandlung über das unbegreiflich Begreifliche taugt mir sehr, weil Ihr großartige Erzähler seid, und Eure Ironie mir bei meiner Ratlosigkeit diesem Universum gegenüber eine wirkliche Hilfe ist. Mein alter Freund Otto Grünmandl hat mir tröstend gesagt, als er kurz davor stand, diese Erde zu verlassen: „Woach Gerhard, i stirb jetz amal derweil, und dann schauma weiter!“

Mit Zuversicht, dass Euer Buch eine große Leserschaft findet!  
Euer Gerhard Polt



## UNSER UNIVERSUM

*Völlig unerwartet, aber genau vorausberechnet ist unser geliebtes Universum nach einer langen und erfüllten Expansion plötzlich, unversehen und mit Lichtgeschwindigkeit in ein echtes Vakuum übergegangen.*

***Es trauert niemand, weil niemand mehr da ist.  
Es war sowieso eine Scheißgegend.***

## Vorspiel im Himmel

Das war es also. Das Universum wurde tiefergelegt. Wer hätte damals vor 13,8 Milliarden Jahren gedacht, dass es einmal so zu Ende gehen wird. Wohl niemand, und das nicht nur deshalb, weil es damals weit und breit noch niemanden gegeben hat, der sich auch nur irgendwas hätte denken können.

Dass man einmal seine Brille nicht findet, okay. Ein Flugzeug kann spurlos verschwinden,<sup>1</sup> manchmal versinkt eine Straßenkreuzung in einem Sinkloch,<sup>2</sup> und dass die Welt untergehen könnte, damit beschäftigt sich die Menschheit seit Jahrtausenden leidenschaftlich. Viele Menschen sehnen sich sogar richtiggehend danach, und die meisten Religionen haben einen farbenprächtigen Weltuntergang im Schaufenster stehen. Aber dass ein ganzes Universum von einer Sekunde auf die andere nicht mehr ist, damit rechnet im Alltag niemand. Jede Wette, können Sie gerne einmal bei Ihren Bekannten in die Runde fragen. Dabei ist das viel wahrscheinlicher als etwa ein Weltuntergang. Weiß man heute. Weltuntergänge sind wirklich sehr selten. Prophezeit werden sie zwar alle paar Monate, der letzte große Popstar war der Weltuntergang 2012 anlässlich des vermeintlichen Endes des Mayakalenders, aber in der Regel muss jedes Mal suppliert werden. Fix rechnen können wir eigentlich erst in etwa 8 Milliarden Jahren damit, wenn sich die Sonne zu einem Roten Riesen aufgebläht haben wird. Bis dahin sollten wir allerspätestens die Erde verlassen haben, vielleicht schon ein wenig eher, zirka in etwa einer Milliarde

Jahren sollten wir den Planeten gewechselt haben, die Erde wird dann längst nicht mehr die alte sein.

Worauf können Sie sich einstellen, wenn Sie ab dann aus dem Fenster schauen? Wie wird das Wetter, was wird uns die Sonne als Show bieten? Da muss ich ganz kurz ein wenig ausholen: So wie man vor einem halben Jahrhundert noch vielen Kindern geraten hat, viele Knödel zu essen, damit sie groß und stark würden, so muss auch ein junger Stern massiv zulegen, um als solcher Karriere zu machen. Am Beginn ihres Berufslebens als Sterne fusionieren die noch kleinen Sonnen in ihrem Inneren Deuterium und Lithium. Währenddessen fressen sie ununterbrochen Materie aus ihrer Umgebung, alles, was sie erwischen können, um ihr Kampfgewicht zu erreichen. Denn wenn nicht genug Masse zusammenkommt, dann war es das, dann wird aus der kleinen Sonne kein richtiger Stern, sondern nur ein Brauner Zwerg. Braune Zwerge sind die Loser in der stellaren Hierarchie. Wie sie genau entstehen, ist allerdings noch umstritten, kann sein, dass sie aus der Gas- und Staubwolke, in der Sterne normalerweise geboren werden, hinauskatapultiert werden. Quasi vom Tisch verwiesen, und müssen ohne Nachspeise ins Bett. Deshalb können sie nicht mehr Masse aufnehmen. Es könnte auch sein, dass sie sich am Rand eines entstehenden Sterns ähnlich einer Zyste bilden, und wenn ein größerer Himmelskörper vorbeikommt, dann macht er ihn weg, wenn er schon da ist. Wie ein Chirurg, der bei einer Blinddarmoperation auch gleich die Wärschen unter der Achsel wegschneidet. Um nur zwei von mindestens sechs Möglichkeiten zu nennen, die momentan diskutiert werden.\* Wenn der Stern es aber schafft, genug Masse einzusammeln und die Kernfusion in Gang zu bringen, dann hat er eine strahlende Zu-

\* Wenn Sie so was interessiert, dann halten Sie einfach Augen und Ohren offen. Um u.a. solche Sachen zu klären, werden aktuell riesige Teleskope gebaut, die sind sehr teuer, deshalb wird sicher jede kleine Entdeckung mit Trompetenschall publiziert.

kunft vor sich. Je nachdem, wie viel Masse er in die Waagschale wirft, wird dann aus ihm ein Hyperriese mit bis zu 300 Sonnenmassen\* oder, wie vor rund 4,6 Milliarden Jahren, nur ein Gelber Zwerg wie unsere Sonne mit, Sie haben es erraten, nur einer Sonnenmasse.

Kernfusion bedeutet vereinfacht gesagt, dass aufgrund der enormen Hitze und Masse im Sonneninneren zunächst Wasserstoffkerne, also Protonen, miteinander verschmelzen. Das tun sie nicht freiwillig, denn Protonen sind positiv geladen, und gleiche Ladungen stoßen sich ab. Hitze und Masse der Sonne zwingen sie aber ab und zu doch, sich näherzukommen, als es ihnen angenehm ist. Wenn Sie wollen, stellen Sie sich das so vor wie einen vollgestopften U-Bahnwaggon. Dicht an dicht stehen die Menschen und versuchen den Blicken der anderen auszuweichen und Körperkontakt möglichst zu vermeiden. Aber ab und zu überkommt es ein paar von ihnen, die Erregung geht mit ihnen durch, sie beginnen zu schmusen und können nicht mehr voneinander lassen. Das gesamte Hormonsystem des Körpers kommt in Wallung, was über rote Backen als Wärmestrahlung abgeführt wird.

Nicht anders ist es bei Wasserstoffkernen im Inneren der Sonne. Wenn die Protonen sich zu nahekommen, dann verschmelzen sie in mehreren Schritten zu einem Heliumkern. Dessen Masse ist geringer als die der an der Fusion beteiligten Wasserstoffkerne. Weil aber Masse nicht einfach verschwinden kann, wendet sie sich an die beliebteste Formel der Welt:  $E = mc^2$  und wird Energie, im vorliegenden Fall Strahlung. Das klingt nach größeren Reibungsverlusten im Work-Flow, man nennt das auch Massendefekt, der aber sehr gut ist in dem Fall. Denn die Sonne ist so schwer, dass sie eigentlich lieber heute als morgen unter dem Druck ihrer Schwerkraft in sich

\* Grobe Schätzung, bei so gewaltigen Objekten stoßen Theorie und Messverfahren an Grenzen: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_most\\_massive\\_known\\_stars#Uncertainties\\_and\\_caveats](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_most_massive_known_stars#Uncertainties_and_caveats), Zugriff 29.5.2015. Alle Links der Fußnoten sind online unter [sciencebusters.at](http://sciencebusters.at) abrufbar.

zusammenstürzen würde. Die Strahlung drückt aber von innen dagegen, und so bleibt so ein Gelber Zwerg wie die Sonne Jahrmilliarden stabil. Insgesamt werden rund 600 Millionen Tonnen Wasserstoff in rund 596 Millionen Tonnen Helium umgewandelt, und zwar pro Sekunde. Also jetzt, und jetzt, und jetzt und jetzt wieder, und auch jetzt.

Ein Masseverlust von 4 Millionen Tonnen pro Sekunde klingt nach viel, ist aber angesichts der Gesamtmasse der Sonne von knapp  $2 \times 10^{30}$  kg lange Zeit nicht sehr dramatisch. Wenn Sie eine Orange schälen und in Spalten teilen, dann bleibt dabei auch immer wieder ein wenig Fruchtfleisch an der Schale hängen, ein bisschen Saft geht verloren, aber insgesamt werden Sie trotzdem den Eindruck haben, in eine ganze, saftige Orange zu beißen, und merken den Verlust gar nicht. So verhält es sich auch bei der Sonne, und wenn alles passt, dann kann sich zumindest auf einem Planeten dieses neuen Sonnensystems im Verlauf von gut vier Milliarden Jahren Leben entwickeln, und zwar so weit, dass Menschen wie Sie und ich in der Lage sind, sich Gedanken darüber zu machen, was in einer weiteren Milliarde Jahren passieren wird.

Was hat die Sonne mit ihrem Leben sonst noch vor? Die Sechsmilliarden-Jahre-Prognose lautet: Etwa an ihrem 5,5-milliardsten Geburtstag, in etwa einer Milliarde Jahren, hat die Leuchtkraft der Sonne so sehr zugenommen, dass es auf der Erde deutlich wärmer wird mit einer mittleren Temperatur von  $30^\circ\text{C}$ . Klingt nach Sommer ohne Ende, im Mittel bedeutet es aber, dass es an viel mehr Tagen und in viel mehr Gegenden als heute viel öfter sehr heiß sein wird. Das mögen Pflanzen nur bis zu einem gewissen Grad, dann stellen viele von ihnen den Stoffwechsel ein und sterben ab, danach sind höhere Lebewesen inklusive uns dran, weil wir ohne Nahrung leider nur sehr schlecht über die Runden kommen. Eine weitere Milliarde Jahre später beträgt die Durchschnittstemperatur dann bereits

100 °C. Davon kriegen wir aber nichts mehr mit, keine Angst.\* Äußerlich merkt man auch der Sonne relativ lange nichts an, aber an der Schwelle zum Teenageralter, also mit gut zwölf Milliarden Jahren, wird sie viel heller und größer, gleichzeitig nimmt die Oberflächentemperatur ab. Gäbe es dann noch Menschen auf der Erde, wäre der Himmel nie mehr blau, sondern rot, weil die Sonne als Roter Riese praktisch den ganzen Himmel einnehmen würde.

Zu dieser Zeit haben es Venus und Merkur bereits hinter sich, aber was passiert mit der Erde, wenn der Mutterstern übergriffig wird? Die Sonne wird deshalb viel größer, weil der Wasserstoff im Inneren irgendwann doch zur Neige geht bzw. die meisten Atome zu Heliumkernen verschmolzen sind. Die liegen aber nicht einfach herum wie Minions und lachen über ihre hohen Stimmen, sondern fusionieren auch. Nicht gleich, erst kommt die Kernfusion zum Erliegen, und die Schwerkraft nimmt die Wärmestrahlung in den Schwitzkasten. Das heißt, die Masse der Sonne macht von außen auf das Sonneninnere Druck. So lange, bis das sagt: „Gut, wenn die Gravitation sich derartig schwer macht, soll sie sehen, was sie davon hat, dann fange ich mit der Kernfusion wieder an. Aber diesmal mit Heliumkernen, höhö.“

Dabei wird es aber noch heißer, und die Wärmestrahlung bläht die Sonne auf. Sie gewinnt dramatisch an Größe, erreicht den bis zu 250-fachen Sonnenradius im Vergleich zu heute, und obwohl drinnen geheizt wird wie wild, auf über 15 Millionen °C,\*\* kühlt die Sonne außen ab. Warum? Ganz einfach, es muss viel mehr Oberfläche geheizt werden als früher, die ihrerseits durch den Flächenzuwachs

\* Vielleicht wird es auch schon viel früher sehr unwohnlich auf der Erde. Bereits heute beträgt die Durchschnittstemperatur in manchen Gegenden 30 °C. Wenn durch den Klimawandel die mittlere Temperatur weiter steigt, könnte es bereits in wenigen Tausend Jahren vorbei sein mit höherem Leben.

\*\* Oder auch Kelvin, wenn Sie wollen, aber bei derartigen Temperaturen fallen 272,15 °C nicht ins Gewicht, die gehen aufs Haus.

auch viel mehr Wärme in derselben Zeit abgibt. Kartoffelpüree kühlt auch schneller ab als ein heißer Erdapfel. Haube, Handschuh und lange Unterhose bräuchten Sie aber trotzdem auch auf der kälteren Oberfläche nicht, die Temperatur beträgt noch immer an die 3000 °C. Die Erdoberfläche ist zu diesem Zeitpunkt bereits wieder glutflüssig, ganz so wie am Beginn ihrer Laufbahn vor rund 4,6 Milliarden Jahren, als das Sonnensystem entstanden ist. Das Aufblähen der Sonne wäre dann sozusagen ein sehr wirkungsvolles Anti-Aging-Programm für unseren Heimatplaneten.

→ **FACT BOX** | *Sternentstehung* ←

*Ein Stern entsteht aus einer großen Wolke, aber nicht einer, die bei uns am Himmel zieht, sondern einer, die sich weiter draußen im Weltall findet, bestehend aus Gas und etwas Staub. Beim Gas handelt es sich hauptsächlich um Wasserstoff und Helium, die beiden simpelsten chemischen Elemente und die einzigen, die schon direkt nach dem Urknall entstanden sind. Wenn so eine Wolke in sich zusammenstürzt und immer dichter und heißer wird, wird irgendwann ein Stern daraus! Das zumindest ist die kurze Version. Die lange Version ist ein bisschen komplizierter.*

*Normalerweise hat die Wolke keine Lust, sich zu verändern. Sie bleibt eine Wolke hauptsächlich aus dünnem Gas, und das so lange, bis sie durch irgendetwas gestört wird. Zum Beispiel einen Stern, der in der Nähe der Wolke vorüberzieht, eine Supernova-Explosion oder irgendetwas anderes, das das Gleichgewicht in der Wolke durcheinanderbringt. Nun entstehen Regionen, in denen sich mehr Gasmoleküle befinden als anderswo. Diese klumpigeren Bereiche*

*üben auf die weniger dichten Bereiche eine stärkere Anziehungskraft aus. Sie ziehen das Material aus ihrer Umgebung an und werden noch dichter. Das geht immer so weiter, und die Wolke kollabiert. Dabei wird sie auch wärmer, denn die ganze Bewegungsenergie kann nicht einfach verschwinden. Noch ist die kollabierende Wolke aber nicht dicht genug, als dass die von ihr erzeugte Wärmestrahlung nicht wieder einfach ins All abgegeben werden könnte. Erst wenn sie weit genug zusammengeklumpt ist, staut sich die Strahlung. Von innen kommend drückt sie gegen die von außen einfallenden Gasteilchen und stoppt dadurch vorerst den Kollaps. Dieser Prozess hat bis jetzt ungefähr 100.000 Jahre gedauert, und am Ende ist ein sogenannter „prästellarer Kern“ entstanden.*

*Mit einem Stern hat das noch nicht viel zu tun. Es handelt sich immer noch um eine sehr große Wolke aus Gas, die jetzt nur ein bisschen dichter und wärmer ist als zuvor. Von außen strömt weiter Material in ihr Zentrum, und diese ganze Materie drückt*

*auf den dichten Klumpen und macht ihn noch dichter und heißer. Bald ist es so heiß, dass die Moleküle in einzelne Atome auseinanderbrechen. Das kostet nun aber Wärmeenergie, und die restliche Strahlung kann den Kollaps jetzt nicht mehr aufhalten. Die Wolke fällt weiter in sich zusammen und wird kleiner. Und wird dabei noch dichter und noch heißer – bis ein neues Gleichgewicht erreicht ist. Das, was hier entstanden ist, nennt man „Protostern“. In seinem Inneren herrschen Temperaturen von 1000 bis 2000 °C – aber ein echter Stern ist es immer noch nicht. Dazu muss erst noch mehr Material von außen auf den Proto-*

*stern fallen, damit es in seinem Inneren noch dichter und noch heißer wird. So heiß, bis sich die Wasserstoffatome im Zentrum irgendwann so schnell bewegen, dass sie nicht mehr voneinander abprallen, sondern miteinander fusionieren können. Dabei wird der Wasserstoff in Helium umgewandelt, und diese Kernfusion setzt Energie frei. Und jetzt endlich, nach ein paar Millionen Jahren, ist aus der Wolke ein richtiger Stern geworden, der aus eigenem Antrieb Energie produziert, leuchtet und dank des Drucks seiner Strahlung nicht mehr weiter kollabiert.*

Stellt sich die Frage: Wird die Sonne eigentlich auch schwerer, wenn sie größer wird? Stellt sich die Gegenfrage: Warum sollte sie? Was größer wird bei unveränderter Masse, also mehr Volumen einnimmt, wird einfach weniger dicht. Dieser Tatsache verdankte auch der berühmte Wissenschaftler Richard Reeds einmal sein Leben, den Sie vielleicht als superelastisches Mastermind der Fantastic Four kennen. Noch bevor er als Mr. Fantastic endgültig seinen Durchbruch schaffte, bekam er es in einem frühen Abenteuer mit einem haushohen, echsenartigen, grünen Monster in roter Unterhose vom Planeten Kraloo zu tun. Sein Name: Gormuu. Es führte nichts Gutes im Schilde, sondern wollte vielmehr die Weltherrschaft an sich reißen. Angriffe der Luftwaffe konnten ihm nichts anhaben, das Schicksal der Erde und ihrer Bewohnerinnen schien besiegelt, da machte Mister Reeds eine Entdeckung. Wenn man das Monster mit einem Energiestrahle beschoss, dann wurde es noch größer. Das allein wäre noch kein Trost gewesen, aber eine Vermessung der gleichermaßen immer größer werdenden Fußabdrücke zeigte, dass Gormuu durch die Strahlenbehandlung offenbar nur größer, aber

nicht massereicher wurde. Der Rest war für den schlaunen Richard ein Kinderspiel. Gormuu wurde einfach so lange mit Energiestrahlung beschossen, bis seine Dichte aufgrund des Größenwachstums – er erreichte immerhin die Größe der Erde! – so gering wurde wie die des Vakuums im Weltall, sodass die einzelnen Atome sich nicht mehr aneinander festhalten konnten und sich allmählich im gesamten Universum verteilten.<sup>3</sup>

Ganz so schlimm kommt es für unsere Sonne nicht, oder noch nicht, das ist noch nicht geklärt, fest steht aber, sie wird nicht schwerer, nur weil das Volumen zunimmt. Ähnlich wie Popcorn, für das man ja auch nicht plötzlich zwei Hände zum Aufheben braucht, nur weil es aufgeplatzt ist.

→ **FACT BOX** | *Popcorn* ←

*Popcorn ist der Autobahnraser unter dem Knabbergebäck. Es platzt nicht nur sehr schnell, sondern springt dabei auch kunstvoll und macht Lärm. Aber warum wird Popcorn so schnell so groß? Aus einem relativ kleinen, dunklen Kern wird ein größeres, weißes Gebilde, und das kommt so: Ein Maiskorn besteht aus einer festen Hülle und einem weichen Inneren aus Stärke. Darin befinden sich 20 mg Wasser, die sich bei Hitze entsprechend ausdehnen. Wasser braucht in verschiedenen Aggregatzuständen verschieden viel Volumen. Das heißt, aus einem Liter Wasser werden unter Normalbedingungen durch Erhitzen 1673 Liter Dampf. Im Popcorn passiert Folgendes: Das Wasser erhitzt sich auf 180 °C. Zwar würde das Wasser gerne verdampfen, aber die Hülle ist so fest, dass es keinen Platz dafür hat, es wird im Inneren des Korns sozusagen gefangen gehalten, sodass die Tem-*

*peratur auf bis zu 180 °C ansteigen kann. Und dann macht das Korn Pop. Durch den Druck des Wassers platzt die Hülle, das weiche Innere kann sich ausdehnen, bildet eine schaumartige Struktur, die nach der Ausdehnung fast augenblicklich erstarrt. Dabei verdoppelt sich in der Regel der Durchmesser, gleichzeitig nimmt die Dichte um das 8-Fache ab. Das Pop-Geräusch entsteht aber nicht, wie man lange fälschlich angenommen hat, wenn die Hülle reißt, sondern in Wirklichkeit macht das Wasser so einen Lärm.*  
*„Lautes Wasser“ klingt nach Esoterik, es handelt sich dabei aber um Physik. Wenn es zum Hüllenbruch kommt, entsteht noch kein Geräusch, die Schale platzt mehr oder weniger geräuschlos. Nach etwa 100 ms kommt es zu einem zweiten Hüllenbruch, und dann kommt es 6 ms später zum Pop. Das Wasser, das sich im Korn befindet,*

*kann erst eine Zeit lang nicht heraus, weil die Schale sehr fest ist. Wenn dann die Schale bricht, entweicht das Wasser so schnell, dass es schlagartig verdampft. Und das macht schon das Pop. Das wäre aber noch nicht laut genug, sondern wir können das Geräusch vor allem deshalb so gut hören, weil gleichzeitig die schaumartige,*

*weiße Stärkemasse aus dem Korn austritt. Diese Masse erkaltet, wie gesagt, sehr schnell, und in den offenen Hohlräumen dieser weißen Masse kann der Laut, den das Wasser beim Verdampfen erzeugt hat, hin- und herschwingen. Das heißt, das Pop ist quasi ein Echo im geplatzen Korn.*

Je größer unsere Sonne wird, desto leichter wird sie sogar irgendwann werden. Warum?

Sterne können, wenn sie sich ausdehnen, unter bestimmten Umständen, wenn ein anderer großer Himmelskörper in der Nähe ist, ihr Material durch die Schwerkraft nur bis zu einer bestimmten Grenze an sich halten. Wird diese Grenze überschritten, man nennt sie die Roche-Grenze – merken Sie sich den Namen, Sie werden ihn noch brauchen, wenn wir später Vampire im Weltall treffen –, dann macht sich die Materie in den Randbezirken selbstständig. Menschen, die mit vielen kleinen Kindern zu Fuß unterwegs sind, kennen das nur zu gut. Zwei Kinder kann man an der Hand nehmen, aber je größer die Gruppe wird, desto schwieriger wird es, alle beisammenzuhalten, und sobald man die Grenze zum Spielplatz überschritten hat, auf dem noch dazu der Eiskiosk geöffnet ist, gibt es kein Halten mehr, auch wenn man noch schnell etwas hätte sagen wollen. Bei der Sonne ist zwar der Merkur in der Nähe, aber der ist gravitativ kein Gegner. Die Sonne wird in diesem Aufblähungsstadium nicht deshalb leichter, weil der Merkur ihr was wegnimmt, sondern weil die neu angefachte Kernfusion im Zentrum des Sterns derart hohe Temperaturen erzeugt, dass auch der restliche Wasserstoff in der Schale, der sich dort noch befindet, ins muntere Fusions-treiben mit einstimmt. Im Inneren der Sonne heizen also Heliumkerne und außen Wasserstoffkerne. Man nennt das wenig originell, aber zweckmäßig Wasserstoff-Schalenbrennen. Dadurch entstehen

enorme Sonnenwinde, die dann das Material der Sonnenoberfläche ins All schleudern. Hätte die Erde da noch ihre Atmosphäre, gäbe es dauernd überall fantastische Polarlichter, nicht nur an den Polen. Die Sonne feat. Roter Riese verliert in dieser Phase bis zu 28 Prozent ihrer Masse durch Sonnenwind. Bis zu 0,13-millionstel Sonnenmassen pro Jahr verabschieden sich einfach ins Weltall. Das steckt auch die Sonne nicht so ungerührt weg, und auf die Planeten hat das natürlich auch Auswirkungen. Die bleiben ja nur deshalb so brav auf ihren Umlaufbahnen um die Sonne, weil die vergleichsweise so irrsinnig viel schwerer ist. Die Sonne kontrolliert 99,9 Prozent der gesamten Masse in unserem Sonnensystem. Die daraus resultierenden Gravitationskräfte geben Merkur, Venus, Erde, Mars usw. die Route vor. Wenn die Sonne aber massiv schwächelt, könnte das auch Auswirkungen auf die Bahnradien der Planeten haben. Merkur und Venus hätten trotzdem keine Chance, aber der Bahnradius von Erde und Mars könnte um 38 Prozent zunehmen. Damit wäre die Erdbahn um die Sonne auf Höhe der Bahn des Mars, und der wiederum würde noch weiter weg von der Sonne seine Kreise ziehen. Wenn schon alles Leben vergangen ist, könnte wenigstens der Planet einen Neustart unternehmen. Nach Abkühlen könnte theoretisch alles wieder von vorne beginnen mit Präkambrium, Phanerozoikum bis Pleistozän und Holozän zzgl. Menschen; wenn alles gut geht. Könnte man meinen. Aber erstens wird die Sonne nach ihrer Zwischenkarriere als Roter Riese irgendwann ein paar Hundert Millionen Jahre später ein Weißer Zwerg. Das heißt durch Kernfusion und Schalenbrennen wird die Hülle der Sonne abgestoßen, ein bisschen so, wie bei einer Zwiebel eine Schale nach der anderen abgeschält werden kann. Übrig bleibt ein heißer Kern, nicht viel größer als die Erde, dessen Kernfusion schließlich völlig erloschen ist. Eine strukturschwache Zone, wenn Sie so wollen. Der Stern leuchtet zwar noch ein wenig und eventuell noch sehr

lange, aber die Wärmestrahlung ist gering. Für die Erde würde das bedeuten, dass die Zeit von Roter Riese zu Weißer Zwerg viel zu kurz ist, als dass sich noch einmal Leben entwickeln könnte, und zweitens, dass sie sich mit der Zeit in eine eiskalte Steinwüste verwandelt, denn ohne Atmosphäre ist es sehr schwer für einen Planeten, Wärme festzuhalten. Ohne Wintermantel wird es auch uns bei Minusgraden deutlich schneller kalt. Wenn uns dann niemand wärmt und wir das bisschen Wärme, das wir produzieren, nicht festhalten können, dann erstarren wir irgendwo und frieren ab. An Leben ist nicht mehr zu denken. Die schlechte Nachricht: Das wäre das Best Case Szenario für die Erde, sie überlebt, aber ihre Gefühle sind erkaltet. Die noch schlechtere: Jüngere Untersuchungen zeichnen ein deutlich ungünstigeres Bild.<sup>4</sup>

Durch die Aufblähung zum Roten Riesen kommt die Rotation der Sonne praktisch zum Stillstand. Warum? Es handelt sich dabei quasi um einen umgekehrten Pirouetteneffekt. Gern würde ich jetzt schreiben, dass das sicher jeder schon erlebt hat beim Eistanzen, federleicht übers Gefrorene gleiten und einen doppelten Rittberger unter dem Applaus der Umstehenden in eine Pirouette ausklingen lassen, aber die meisten von uns würden am Eis keine Pirouette zusammenbringen, sondern beim Versuch höchstens einen sehenswerten Stern reißen, wie man in Wien sagt. Denn auch wenn wir im Alltag die Reibung kaum bemerken und nur selten loben, wenn man aufs Eis geht, dann weiß man, was man normalerweise an ihr hat. Wenn man sich auf einen Drehstuhl setzt, kann man den Pirouetteneffekt aber auch erleben, ohne für Holiday on Ice trainieren zu müssen. Ist das schlecht für die Erde, wenn die Sonne sich nicht mehr dreht? Ja, sehr sogar. Und zwar weil dann die Gezeitenkräfte zeigen, was sie können, und die Erde irgendwann in die Sonne stürzen würde.