

Wiebke Salzmann

Der Urknall und andere Katastrophen

ERLEBNIS
wissenschaft



Wiebke Salzmänn
Der Urknall und andere Katastrophen

200 Jahre Wiley – Wissen für Generationen

John Wiley & Sons feiert 2007 ein außergewöhnliches Jubiläum: Der Verlag wird 200 Jahre alt. Zugleich blicken wir auf das erste Jahrzehnt des erfolgreichen Zusammenschlusses von John Wiley & Sons mit der VCH Verlagsgesellschaft in Deutschland zurück. Seit Generationen vermitteln beide Verlage die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung und technischer Errungenschaften in der jeweils zeitgemäßen medialen Form.

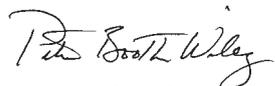
Jede Generation hat besondere Bedürfnisse und Ziele. Als Charles Wiley 1807 eine kleine Druckerei in Manhattan gründete, hatte seine Generation Aufbruchsmöglichkeiten wie keine zuvor. Wiley half, die neue amerikanische Literatur zu etablieren. Etwa ein halbes Jahrhundert später, während der »zweiten industriellen Revolution« in den Vereinigten Staaten, konzentrierte sich die nächste Generation auf den Aufbau dieser industriellen Zukunft. Wiley bot die notwendigen Fachinformationen für Techniker, Ingenieure und Wissenschaftler. Das ganze 20. Jahrhundert wurde durch die Internationalisierung vieler Beziehungen geprägt – auch Wiley verstärkte seine verlegerischen Aktivitäten und schuf ein internationales Netzwerk, um den Austausch von Ideen, Informationen und Wissen rund um den Globus zu unterstützen.

Wiley begleitete während der vergangenen 200 Jahre jede Generation auf ihrer Reise und fördert heute den weltweit vernetzten Informationsfluss, damit auch die Ansprüche unserer global wirkenden Generation erfüllt werden und sie ihr Ziel erreicht. Immer rascher verändert sich unsere Welt, und es entstehen neue Technologien, die unser Leben und Lernen zum Teil tiefgreifend verändern. Beständig nimmt Wiley diese Herausforderungen an und stellt für Sie das notwendige Wissen bereit, das Sie neue Welten, neue Möglichkeiten und neue Gelegenheiten erschließen lässt.

Generationen kommen und gehen: Aber Sie können sich darauf verlassen, dass Wiley Sie als beständiger und zuverlässiger Partner mit dem notwendigen Wissen versorgt.



William J. Pesce
President and Chief Executive Officer



Peter Booth Wiley
Chairman of the Board

Wiebke Salzmann
Der Urknall und andere Katastrophen



WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Autorin

Dr. Wiebke Salzmann
Bäukerweg 11
18182 Mönchhagen

1. Auflage 2007

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

**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.

© 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Printed in the Federal Republic of Germany

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Satz TypoDesign Hecker GmbH, Leimen
Druck und Bindung Ebner & Spiegel GmbH, Ulm

Wiley Bicentennial Logo Richard J. Pacifico

ISBN: 978-3-527-31870-4

ISBN ePDF 978-3-527-64113-0

ISBN ePub 978-3-527-64112-3

ISBN Mobi 978-3-527-64114-7

Illustrationen von Roland Wengenmayer,
Frankfurt/Main.

Inhaltsverzeichnis

Vorreden VII

- 1 **Schöpfung und Qualitätsmanagement** 1
Evolution im Schnelldurchgang und die Arbeitsweise
der Physik 1
- 2 **Der Urknall** 13
Beginn und Entwicklung des Universums 13
- 3 **Ein Besuch im Zoo** 31
Elementarteilchen und Kräfte 31
- 4 **Welle, Teilchen oder was?** 45
Licht und Quantenmechanik 45
- 5 **Gequantelte Atome oder: Beobachten Katzen sich selbst?** 63
Atome und Quantenmechanik 63
- 6 **Rechts oder links oder doch lieber gar nicht erst festlegen?** 79
Noch einmal Quantenmechanik 79
- 7 **Tunnelbau mit Nebeneffekten** 93
Tunneleffekt – zum letzten Mal Quantenmechanik 93
- 8 **Wasserstoffexplosionen und versalzene Suppen** 107
Atome als chemische Elemente 107
- 9 **Altägyptische Bettgestelle** 121
Radioaktivität 121

- 10 **Kettenreaktionen** 131
 - Kernspaltung 131
- 11 **Kampf dem Bewegungsmangel** 141
 - Elektrische Leitfähigkeit in Metallen 141
- 12 **Mit Pink Devil gegen Couchpotatoes** 151
 - Isolatoren und Halbleiter 151
- 13 **Gesperrtes und Durchlässiges** 157
 - Diode 157
- 14 **Megageiler Sound** 171
 - Transistor 171
- 15 **Was tun gegen Löcher im Kühlschrank?** 181
 - Magnetismus und Induktion 181
- 16 **Halloween** 199
 - Elektrischer Widerstand und Supraleitung 199
- 17 **Helium – jetzt auch superflüssig** 209
 - Suprafluidität 209
- 18 **Einladung zum Abendessen** 217
 - Druck und Temperatur von Gasen 217
- 19 **Konfusion mit der Kernfusion** 227
 - Kernfusion 227
- 20 **Weißt du, wie viel Sternlein stehen ...** 243
 - Entstehung und Lebensweg von Sternen 243
- 21 **Die Stilberatung** 257
 - Effekte in starken Gravitationsfeldern 257
- 22 **Operation »Schrödingermann«** 273
 - Literatur** 283
 - Register** 285

Vorreden

»So, jetzt sind wir fast fertig. Wir brauchen nur noch einen hübschen Einband. Laplace, gibst du ihn mir mal? Und wie organisieren wir den Vertrieb? Ist Schrödinger schon aus der geschlossenen Psychiatrie zurück?«

»Chef, der will gar nicht zurück. Hat sich verbarrikadiert.«

»Ach. Ja, dann suchen wir uns wohl am besten einen Verlag. So, hübsches Titelbild, nicht?«

»Titelbild? Wozu denn der überflüssige Schnickschnack?«

»Ah, die verehrte Gabriela. Schön, dass Sie da sind. Nun ja, unser Werk soll doch auch nett aussehen.«

»Das Buch. Deshalb bin ich hier. Meinen Sie wirklich, dieses einbändige Werk wird unserem Anspruch gerecht? Ich hätte da eine Alternative anzubieten ... dies sind meine persönlichen Aufzeichnungen des Schöpfungsprozesses. Wenn Sie mal schauen mögen ...«

»Hm. 2384 Bände. Sicher sehr umfassend.«

»Chef, es ist *vollständig*.«

»Lassen Sie mal sehen – ah ja, Formeln. Und noch ein paar Formeln. Eigentlich nur Formeln. Hm. Ich dachte doch eher an ein Werk, dass auch Leser ohne Physikstudium verstehen können.«

»Leser *ohne* Physikstudium? Ich weiß ja, dass Ihre Schöpfung die verschiedensten Lebewesen hervorbringen soll, aber meinen Sie nicht, es sollte da Grenzen geben?«

»Aber meine Liebe, wir ...«

»Ha, das ist mal wieder typisch! Nur weil Sie selbst von morgens bis abends mit dieser öden Physik zubringen, glauben Sie, das müssten alle tun! Wo blieben da Kunst, Musik, Kultur, ...«

»Ach, die liebe Michaela ist auch schon da. Wir freuen uns auch, Sie zu sehen. Um zum Thema zurückzukommen, ich dachte in der Tat, es sei nicht nötig, dass alle Lebewesen Physik studieren. Und damit auch die anderen einen Einblick in unsere Arbeit erhalten kön-

nen, haben wir doch unser Buch in Auftrag gegeben. Ohne Formeln. Dafür mit Bildern. Schön anschaulich.«

»Anschaulich? Chef, Sie wissen doch, dass Anschaulichkeit immer auch Ungenauigkeit bedeutet. Bilder können immer nur Näherungen sein, das gibt die Komplexität unserer Arbeit in keiner Weise wieder.«

»Meinen Sie nicht, es ist wichtiger, dass die Leser eine grundsätzliche Vorstellung von dem bekommen, was wir hier treiben? Da kann man doch ein bisschen Ungenauigkeit in Kauf nehmen. Die meisten Menschen finden Bilder anschaulicher als Formeln.«

»Nun, ich nicht. Wissenschaftlicher Exaktheit ist unbedingt der Vorzug vor Anschaulichkeit zu geben. Aber ich sehe schon, dass meine Meinung hier mal wieder nicht gefragt ist. Und wenn ich das so durchblättere – es ist ja noch nicht mal vollständig! Ganze Themenbereiche kommen nicht vor!«

»Nun ja, wir hielten es für sinnvoll, das Buch nicht zu unhandlich zu machen. Man soll es ja auch im Bett lesen können. Deshalb lieber was weglassen und das Übrige ein bisschen gründlicher. Den Rest können wir ja später noch mal machen.«

»Was Sie so gründlich nennen. Ein Buch ohne Formeln kann nicht gründlich sein. Wer hat es denn eigentlich verfasst? Hier ist ja der Lebenslauf – Physikerin ist sie ja immerhin, aber noch nicht mal Professorin? Und was schreibt sie so, wenn sie keine Sachtexte verfasst ... Märchen? Kurzkrimis? *Trivilliteratur*? Chef, das ist nicht mein Niveau! Ich distanzieren mich in aller Form von diesem Werk!«

»Also, ich find Krimis klasse. Muss nur genug Action drin sein. Explosionen und so.«

»Nun, hochverehrte Kollegin Luzie, mir war nicht bekannt, dass Sie überhaupt lesen können.«

»Klar kann ich. Trotzdem find ich 'n Experiment anschaulicher. Hier – Sie kritzeln seitenweise ödes Zeug aufs Papier, nur um 'ne Supernova zu erklären. Das geht doch viel anschaulicher im Experiment ...«

»Nein, Luzie, bitte ni...«

...

»Laplace, reichst du mir diesen Fetzen auch noch? So, jetzt hier noch ein bisschen Klebestreifen und die Asche wegfeigen – und unser Buch ist so gut wie neu. Liebste Luzie, Sie wissen, wie sehr wir alle die spontane und äh, mitreißende Art ihrer Experimente schätzen – aber könnten Sie bei Ihren Supernovae etwas mehr Sicherheitsabstand

halten? Sonst müssen wir doch noch auf das 2384-bändige Werk der Kollegin Gabriela zurückgreifen. Und mit dem Formelwust vergraulen wir die Leser. – Meine liebe Gabriela, warum sehen Sie so biestig drein? Habe ich sie mit irgendwas verärgert? Michaela, gefällt Ihnen denn unser Werk?»

»Viel zu trocken. Keine Poesie. Konnten Sie nicht einen Dichter finden? Wo bleiben hier Romantik, Gefühle, was für 's Herz ... Und was finde ich hier stattdessen? Elementarteilchen und Kräfte, Quantenmechanik, ...«

»Nein, Laplacie, nicht wieder ohnmächtig werden! Luzie, nehmen Sie seine Füße, wir bringen ihn in die Schocklage.«

»..., Aufbau von Atomen, Radioaktivität und Kernspaltung, elektrische Leitfähigkeit, Halbleiterphysik, Magnetismus, Supraleitung, Suprafluidität, Kernfusion – igit!»

»Nun ja, es handelt sich um einen Bericht der frühen Schöpfungsphase, beginnend beim Urknall. Da gibt es noch nicht so viele Herzen ... Aber sehen Sie doch, Sterne kommen vor. Sind Ihnen Sterne romantisch genug?»

»Ja aber doch nicht so! Hier geht es um Aufbau und Entwicklung von Sternen! Das ist doch nicht romantisch! Ah, wenigstens haben Sie den Bericht über das Weihnachtsproblem mit aufgenommen. Das bringt zumindest ein Minimum an gesellschaftlich-sozialer Bedeutung.«

»Wie bitte? Dieses unsägliche, wissenschaftlich völlig unhaltbare Kapitel haben Sie aufgenommen? Es hat keinerlei ...«

»Ach, Sie schon wieder! Sie haben keine Ahnung von sozialer Bedeutung. Sie haben bestimmt auch wieder nicht daran gedacht, dass wir uns bei einigen Personen für die geleistete Unterstützung bedanken sollten.«

»Bedanken? Die Arbeit am Schöpfungsbericht unterstützen zu dürfen, ist eine Ehre. Ich erwarte im Gegenteil Dankeschreiben der Beteiligten.«

»Also nein, meine Liebe, da muss ich der Kollegin Michaela zustimmen. Luzie, Laplacie und ich haben da auch etwas vorbereitet ... wo ist die Liste ... ach, da:

Roland Wengenmayr, Redakteur der »Physik in unserer Zeit«, erhält für die hervorragende bildliche Dokumentation unserer Arbeiten einen persönlichen Stern. (Wir bitten bei diesem wertvollen Geschenk

um Vorsicht: Wenn das Sternenzentrum in einigen Hundert Millionen Jahren kollabiert, besteht die Gefahr des Finger-Einklemmens.)

Dr. Thomas Bührke, Redakteur der »Physik in unserer Zeit«, erhält für die Betreuung einzelner in dieser wertvollen Zeitschrift erschienenen Kapitel aus unserem Bericht eine Jahrhundertkarte für den Elementarteilchenzoo.

Susanne Kreitmann, Stefanie Zill, Dr. Michael Wunder, Wolfgang Mielke, Kai und Dr. Arne Boysen, Heike Geisler, Armin Blawert, Barbara Blawert, Prof. Dr. Klaus Bohne sowie die *Autorengruppe vom Literaturhaus Kuhtor in Rostock* unter der Leitung von *Dr. Wolfgang Gabler* erhalten für die Mühe, ausgewählte Texte lesen zu müssen, einen Kulturabend. Zunächst bringt die Kollegin Luzie ein Stück auf ihrer neuen Gitarre zu Gehör, dann folgt eine Modenschau auf einem Neutronenstern Ihrer Wahl, anschließend gibt es einen Eintopf aus dem von Luzie modifizierten Dampfkochtopf. Die Explosion ist jetzt garantiert. (Vielleicht bringen Sie sich zur Sicherheit eine Dose Ravioli mit.) Sollten wir Sie in der Aufzählung vergessen haben oder sollten Sie den Eindruck haben, gar nicht auf die Liste zu gehören, kommen Sie einfach trotzdem. Fällt nicht auf.

Dr. Gudrun Walter und *Dr. Waltraud Wüst* von Wiley-VCH erhalten für die Betreuung unseres Berichtes ein Jahrhundertabo für ein Lauftraining im Leitungsband. Für den reibungslosen Ablauf sorgt die im Preis enthaltene anschließende Dusche im Heliumspringbrunnen.

Dr. Thomas Salzmann erhält für das Lesen der Erstversionen und für das Wiedereinsammeln und Zusammensetzen der Computerteile, wenn die sprichwörtliche Geduld unserer Protokollantin mal wieder zu einem Fenstersturz des unwilligen Rechners führte, den erwähnten Röhrencomputer inklusive einer Pinguinanlage, garantiert ohne Fenster und Tore.

Ganz besonderer Dank gebührt *Prof. Dr. Ronald Leven*, der unter höchstem Einsatz das gesamte Manuskript gelesen und auf Fehler durchforstet hat. Auf eigenen Wunsch erhält er neben einer Jahrtausendkarte für den Elementarteilchenzoo einen nagelneuen Potenzialtopf – die Version mit den unendlich hohen Wänden, man weiß ja, dass die mit den endlich hohen Wänden zu Undichtigkeiten neigen.

Jetzt wünscht das ganze Schöpfungsteam allen Leserinnen und Lesern viel Vergnügen!



Gabriela Nehmen Sie zur Vertiefung unbedingt einschlägige Lehrbücher der theoretischen Physik zur Hand.



Michaela Denken Sie an vitaminreiche Vollwertkost und ausreichend Dehnungsübungen zwischendurch!



Laplace Und seien Sie bloß vorsichtig mit den Kapiteln zur Qu...Quan... mmpf.



Luzie Kleben se aber nich zu sehr am Papier – immer schön praxisnah bleiben. Sonst kapiern se das mit der Wasserstoffexplosion nie.



Gott Ach was, lesen Sie einfach, alles nicht so schlimm. Mit belgischen Pralinen oder französischem Rotwein überstehen Sie auch die Quantenmechanik. Die explosiven Experimente überlassen Sie aber vielleicht doch besser der Kollegin aus der Hölle. Ansonsten erreichen Sie die Feuerwehr unter 112.

Evolution im Schnelldurchgang und die Arbeitsweise der Physik

»Herein!« Während Gottes rechte Hand einen dicken Wälzer mit dem Titel »Paralleluniversen und ihre Eigenheiten« durchblätterte, die linke einige Entwürfe von Lebensformen unterschiedlicher Beinanzahl skizzierte, der rechte Fuß eine Computermaus bediente, der linke im Takt inspirierender Sphärenklänge wippte, seine rechte Hirnhälfte über das Nichts vor dem Fenster sinnierte und die linke über geschlossene und offene Zeitlinien nachdachte, vernahmten beide Ohren das Klopfen an der Tür. »Ah, Laplace! Schön, dich zu sehen! Ist sie das?«

Auf grünbehaarten O-Beinen schwebte eine Erdkugel herein, gehalten von ebenfalls grünhaarigen Fingern. Der Laplacesche Dämon setzte das Erdmodell auf dem Blumenhocker ab, da er die genauen Abmessungen des Schreibtisches unter dem Papierberg nicht ausmachen konnte. Gott wühlte sich hinter seinem Schreibtisch hervor, umrundete die Erde und war zufrieden. »Ja, so hatte ich sie mir vorgestellt. Dann können wir ja heute noch mit der Simulation anfangen. Brauchen wir noch etwas drum herum? Ein bisschen Universum oder so? Warte, ich habe mir da heute Nacht was überlegt, was war das noch ...«

Der Laplacesche Dämon

Der Laplacesche Dämon ist eine »Erfindung« des französischen Physikers Pierre Simon Marquis de Laplace (1749–1827). Dieser Dämon sollte in der Lage sein, von allen Atomen und Molekülen im Universum Ort und Geschwindigkeit zu einem bestimmten Zeitpunkt zu kennen

und aus diesen Daten mithilfe der damals bekannten Gesetze die weitere Entwicklung des gesamten Universums daraus zu berechnen. Dass dies den Menschen nicht gelingen konnte, sollte nur daran liegen, dass diese nicht in der Lage wären, die nö-

tigen Daten zu wirklich allen Teilchen im Universum zu erfassen.

Inzwischen kennt man jedoch zwei Theorien, die dem Dämon seine Aufgabe unmöglich machen. Die eine ist die Quantenphysik mit ihren Unschärferelationen, die besagen, dass es prinzipiell unmöglich ist, von Teilchen im Größenbereich von Atomen oder darunter gleichzeitig Ort und Geschwindigkeit zu bestimmen (s. S. 60). Kennt man das eine, kann man über das andere keine Aussage mehr machen, weshalb der Dämon schon die Anfangsbedingungen für seine Rechnungen nicht bestimmen kann. Lediglich bei großen Objekten kommt man ohne die Anwendung der Quantenphysik aus und kann beispielsweise die Bewegung von Planeten mit Methoden der klassischen Mechanik (d. h. nicht quantenphysikalisch) berechnen.

Aber auch im Gültigkeitsbereich der klassischen Mechanik kann der Dämon seine Aufgabe nur erfüllen, wenn er es mit höchstens zwei Körpern zu tun hat. Bereits bei drei Körpern, die sich gegenseitig beeinflussen (beispielsweise durch ihre Schwerkraft), entwickeln sich die Bewegungen so kompliziert, dass sie nicht mehr vorhergesagt werden können. Die Ursache ist hier die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der Ausgangsbedingungen. Hier geht es nicht um die quantenmechanische Unschärfe, sondern um die Ungenau-

igkeit, die jeder Messung anhaftet. Durch technische Entwicklungen lässt sich diese Messungenauigkeit zwar herabsetzen (man vergleiche z. B. eine alte Pendeluhr mit einer modernen Atomuhr), aber ein Rest bleibt immer. Wenn man die Anfangszustände der drei Körper misst, erhält man zwar Werte beispielsweise für ihre Positionen, aufgrund der Messungenauigkeit können diese aber auch ein wenig weiter rechts oder vorn liegen. Und bei Systemen aus mehr als zwei Körpern kann ein noch so winziger Unterschied in den Anfangsbedingungen dennoch einen großen Unterschied in den späteren Bewegungszuständen der Körper verursachen. Ein Körper, der sich nur ein wenig weiter rechts befand als ein anderer, kann sich unter bestimmten Umständen nach einer Weile trotzdem am anderen Ende des Universums befinden. Da man aufgrund der Messungenauigkeit aber wie gesagt nicht weiß, ob der Körper sich »ein wenig weiter rechts« befand oder nicht, kann man auch nicht vorher-sagen, »an welchem Ende des Universums« er sich am Schluss befindet. Diese Dinge sind Gegenstand der Chaostheorie. Der Schmetterling, der mit einem Flügelschlag in Afrika einen Tornado in Amerika auslöst, ist eine populäre Veranschaulichung des Zusammenhangs zwischen kleinen Änderungen und großen Auswirkungen.

Draußen auf dem Flur waren Stimmen zu hören, Laplace horchte auf und runzelte die grünfellige Stirn. Gott durchwühlte seine Papierberge, übersah einen Briefbeschwerer, der sich aus dem Papierwust befreite und hinunterplumpste. »Autsch, mein Zeh!«, jammerte Laplace. »Zeh? Genau, das war 's! TOE!« »Wie – müssen wir jetzt auch im Berufsalltag schon Englisch sprechen? Reicht das nicht auf internationalen Tagungen?« »Nicht >toe< – TOE! Theory of Every-

thing! So eine Art Weltformel. Klingt doch griffig – man muss ja auch immer an die Presse denken. Wo habe ich sie nur ...«

In der 347. Schublade fand Gott die Weltformel und zerrte sie hervor. »Wenn wir dann noch die Evolution ein wenig beschleunigen und, sagen wir, gleich Säugetiere, Fische und Vögel in die Welt setzen, dann brauchen wir nur sechs Tage für alles. Und können am Sonntag ausschlafen.« »Nee, ausschlafen is nich, hab am Vormittag ein Billardspiel.« »Du spielst Billard?« »Nich spielen, Chef, berechnen. Ich guck mir die Kugeln, soll heißen ihre Positionen und ihre Bewegungen, zu Anfang an und rechne dann den Verlauf des ganzen Spieles aus. Wollen Sie mitrechnen? Aber ich spiel im Vakuum, nicht auf Tischen. Im kräftefreien Vakuum. Da gibt 's keine Probleme mit Reibung, Gravitation und so.«

Die Stimmen wurden lauter, als sie sich näherten, eine bis auf knapp über den absoluten Temperaturnullpunkt unterkühlte und eine eher angeregte. Um nicht zu sagen – die Sprecherin war völlig außer sich. »Rechnen? Ach nein, ich wollte mir noch einen Alternativplan überlegen. Leben auf dem Mars.« »Mars? Bringt 's das, Chef? Is das nich dasselbe in Grün?« Die Lautstärke auf dem Flur brachte inzwischen die Erdkugel zum Zittern. Langsam begann sie sich zu drehen. »Die Kolleginnen diskutieren wieder recht angeregt, nicht wahr?«

Zweifelnd betrachtete Gott die Tür und überlegte, ob er eine unvorhergesehene Dienstreise würde vortäuschen können. Laplace murmelte etwas, das wie »Zickenterror« klang, dann wurde die Tür aufgerissen und flog mit einem Knall an die Wand. Die Erschütterung ließ ein Buch aus dem Regal fallen, es stürzte auf das Erdmodell und riss ein Stück heraus. Laplace raufte sich die grüne Glatze, Gott fing das herausgerissene Stück auf und knetete gedankenverloren eine Kugel daraus. Vor ihm baute sich eine wüste Haarmähne auf, darunter ein Engelsgewand in Öko-Lila mit Flügeln, die aussahen, als wäre die Kollegin Michaela durch einen Orkan gekommen, zwei Arme gestikulierten wild vor Gottes Nase. Geistesgegenwärtig schickte er seine Kugel in eine Umlaufbahn um die Erde und rettete alles Bewegliche und Zerbrechliche aus der Reichweite dieser Arme. Ein Redeschwall drang aus der Haarmähne hervor. Gott nickte ab und zu, sagte gelegentlich »jaja« oder »nein, wirklich?« und betrachtete die kleine Kugel, die um die große Kugel schwebte. »Sieh mal, ein Mond. Gute Idee von der Kollegin, oder?«

Laplace hatte andere Sorgen, als nun auch die Kollegin Gabriela das Büro betrat – makellos gestärkter Kittel über frisch gebügeltem nadelgestreiftem Engesgewand, die Federn ihrer Flügel ausgerichtet wie Gardesoldaten, die Haare perfekt zum Knoten gestylt, einen kühlen Blick über den Brillenrand auf die Kollegin werfend.

»Chef, die machen mich fertig!« jammerte Laplace. »Nie sind sie sich einig – können wir die beiden nicht wegrationalisieren?«

Eine Explosion erschütterte das Labor, ein Blitz fuhr aus dem Boden, Feuer und Rauch nahmen kurzzeitig die Sicht. Als sich der Rauch verzogen hatte, hatte Michaelas Mähne den Blick in ihr Gesicht freigegeben, während Gabrielas makellose Frisur gänzlich verwüstet war, der Inhalt von Gottes Frühstücksdose war über das Erdmodell verstreut, und im Fußboden klaffte ein Loch, aus dem ein grinsendes Gesicht mit feuerroten Haaren – zumindest da, wo der Ruß den Durchblick erlaubte – und zwei neckischen Hörnern lugte. »Irrer Auftritt, was?«, zufrieden mit sich hievte Luzie sich aus dem Loch, hockte sich auf den Rand, ließ ein behuftes und ein befußtes Bein baumeln und steckte sich eine Zigarette an.

Gott klaubte derweil seine Käsestulle von der Erde. Einige Bakterien ließ er dabei gezielt zurück und beobachtete zufrieden kauend, wie sie sich in den Ozeanen ausbreiteten und im Zeitalter des Modell-Kambriums aus ihnen explosionsartig eine Vielzahl von, wenn auch noch nicht sehr hoch entwickelten, Lebewesen entstand.

Da fiel Gabrielas Blick auf das Erdmodell. »Ein neues Projekt? Wieso wurde ich nicht informiert? Worum geht es?« »Äh«, Laplace warf Gott einen Hilfe suchenden Blick zu. »Um die Erschaffung von belebten ...« »Igitt! Wie ekelhaft – auf diesem Erdmodell schwimmen schleimige, schwammige Kreaturen in den Ozeanen! Es ist völlig verseucht!« »Seuchen?«, entsetzt wich Michaela zurück, stieß dabei gegen den Zimmerfarn. Die Erschütterung setzte jede Menge Sporen frei, die Gott heimlich auf die Modellerde wedelte. Gabriela griff in ihre Kitteltasche, aber bis sie gefunden hatte, was sie suchte, krabbelten schon etliche Lebewesen an Land und bedeckten Farnwälder die simulierte Erde des Zeitalters des Modell-Karbons. Endlich – so etwa 100 Millionen Modelljahre später – zückte Gabriela ihre Dose Desinfektionsspray, sprühte die Erdkugel von allen Seiten ein und das Modell-Perm-Zeitalter endete mit einem Massensterben.

»... Erschaffung von belebten Planeten«, beendete Laplace endlich seinen Satz. »Leben?«, hauchte Michaela und stürzte auf das Erdmo-

dell zu. »Wie wundervoll, wie niedlich – nützliche Bakterien, hübsche Käfer, kuschelige Kaninchen ...« »Tödliche Grippeviren, schleimige Schnecken, blutrünstige Saurier ...« ergänzte Gabriela vernichtend. »Und Sie haben all das zerstört!« Empört fuhr Michaela zur Kollegin herum. »Mit Ihrem dusseligen Spray!«

»Nee, wieso? Sind doch noch supercoole Viecher da!« Luzie nahm einen T-Rex zwischen Daumen und Zeigefinger. »Klasse. Gibt 's die auch in echt? Und 'n bisschen größer?« Gabriela betrachtete den zähnefleischenden Saurier angewidert und auch Michaela kamen Zweifel, ob das das war, was sie sich so vorgestellt hatte.

»Ähm, Chef – war da in der Planung nicht eher die Rede von Menschen?«, wandte sie sich vorsichtig an Gott. »*Menschen!*?!«, Gabriela verlor kurzzeitig die Fassung, fing sich aber gleich wieder. »Also eigentlich kann man auch diesen Kreaturen etwas abgewinnen, meinen Sie nicht? Wenn wir die Evolution hier stoppen ...«

Entrüstet fuhr Michaela auf die Kollegin los: »Sie schon wieder! Ungeahnte kulturelle Errungenschaften stehen uns bevor ...« »Ozonloch, saurer Regen, Nachbarschaftsstreitigkeiten, ...«

Gott sah zu spät, dass er bei seiner Aufräumaktion Michaelas Wirkungsradius unterschätzt hatte. Als sie ihre Verteidigung der menschlichen Kultur mit schwungvollen Gesten untermalte, flog ein Radiergummi auf die Modellerde und verursachte eine Klimakatastrophe. Die Modellsaurier starben aus.

Gott sah eine gewisse Notwendigkeit, seine ursprünglichen Pläne zu ändern. »So geht es nicht«, raunte er Laplace zu. »Wieso Chef – seit die Saurier weg sind, breiten sich die Säugetiere aus.« »Das meine ich nicht. Wenn wir in Ruhe arbeiten wollen, müssen wir die Kolleginnen beschäftigen. Und zwar nicht nur sechs Tage.«

Heimlich stopfte er die Weltformel in die 347. Schublade zurück, verschloss sie und warf die Schlüssel in den Müllschlucker, während er vorgab, ein noch etwas grobschlächtiges Völkchen, das inzwischen durch das Neandertal rannte, zu beobachten. Derweil war auf der Erde eine Eiszeit ausgebrochen, weil Michaela und Gabriela sich ausnahmsweise einig darin waren, dass Luzies Rauch dem Wohlbefinden abträglich sei, sie das Fenster aufgerissen hatten, und nun die Kälte des Nichts hereinströmte. Die Neandertaler starben aus. Gott sah sich genötigt zu handeln.

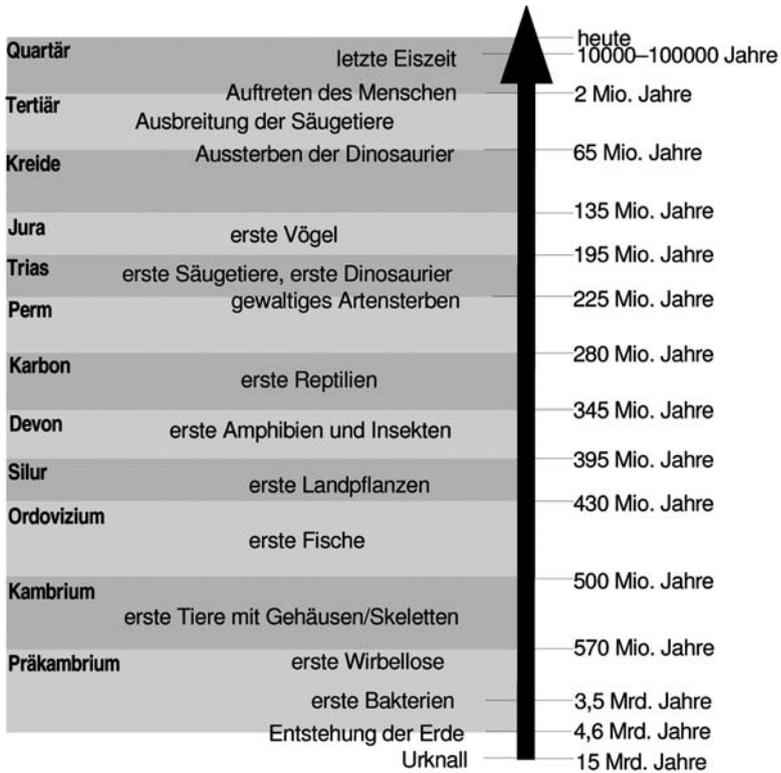


Abb. 1 Zeitalter der Erdgeschichte mit einer Auswahl von Ereignissen.

»Meine Damen, bitte!« Beim dritten Anlauf gelang es ihm, die ihm gebührende Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. »Bevor wir uns mit den Fragen der Evolution befassen, schlage ich vor, zunächst die Grundlagen zu schaffen, die, äh, was dauert denn mal so richtig schön lang, Laplace? Ach ja – Naturgesetze! Physikalische Naturgesetze, um genau zu sein. Wir beginnen mit der Konstruktion dieser Naturgesetze. Gabriela, hochverehrte, geschätzte Kollegin, das dürfte genau die richtige Aufgabe für Ihren so überaus brillanten Geist sein. Ich werde Sie zu meiner naturwissenschaftlichen Assistentin ernennen und mit dieser anspruchsvollen Aufgabe betrauen.«

Gabriela sah ihn misstrauisch an. Das waren ein paar Höflichkeiten zu viel, um wirklich vertrauenswürdig zu sein. Aber Gott lächelte sie nur leutselig an. »Naturgesetze. Nun gut. Um ehrlich zu sein, ich hatte in die Richtung selbst schon einige Überlegungen angestellt.

Welche Projektlaufzeit hatten Sie sich denn so vorgestellt?« »So um die 15 Milliarden Jahre. Ginge das?« Gabriela zückte ihren Terminkalender. »Ja, da hätte ich noch was frei. Wann fangen wir an?«

»Moment!«, protestierte Michaela. »Physikalische Naturgesetze? Ist das alles? Wo bleiben soziale Kompetenzen, kulturelle Entwicklungen, Psychologie, Wellness ...« »Aber, aber, meine Liebe, so lassen Sie mich doch ausreden! Das legen wir natürlich alles in Ihre fähigen Hände! Sie erhalten die Position der Assistentin für Philosophie und Gesellschaftswissenschaften. Ich bin überzeugt, Sie werden uns mit überaus überzeugenden Konzepten ...« »Und ob. Ich muss sofort darüber meditieren. Ich werde ein gesellschaftliches Ereignis schaffen von überaus spiritueller und sozialer Bedeutung. Ich werde es zu nächst an Ihnen testen und dann ...«

Der Rest war nicht mehr zu hören, weil die Kollegin aus dem Büro stürmte. Gott fuhr sich durch den Rauschbart. »War wohl nicht so gut, die Idee.« »Nee, Chef«, pflichtete Laplace ihm bei. »Das macht die wirklich, das an uns ausprobieren. Ich seh mich schon als Testweihnachtsmann Säcke schleppen oder als Probeosterhase durch die Gegend hoppeln.«

Gabriela räusperte sich vernehmlich: »Wenn ich noch etwas sagen dürfte. Ein ausgefeiltes Netz von Naturgesetzen nur für einen Planeten scheint mir kein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu sein.« »Aber nein, meine Liebe. Geplant ist ja auch ein ganzes Universum. Ich suche nur noch etwas, woraus wir es entstehen lassen können.« Gottes Blick fuhr über die Schubladen. Universum-Bausätze hatte er leider gerade nicht da. Aber es musste irgendwo einen Karton mit Universen geben, die er aus Gründen der Platzersparnis soweit zusammengedrückt hatte, bis sie nur noch die Ausdehnung eines Punktes hatten. Also eigentlich gar keine Ausdehnung mehr. Endlich entdeckte er den Karton in Schublade 1 und nahm ein Punktuniversum heraus. »Was woll'n se denn mit so was Winzigem?«, fragte Luzie. »Man könnte es etwas aufblähen ...« »Das da? Da brauchen se 'ne mächtige Explosion. Krieg ich aber hin. Soll ich?«, Luzie holte unterschiedliche Sprengsätze aus der Rocktasche und arrangierte sie neben sich. »Halt, halt, nicht so hastig. Wir fangen erst morgen an. Obwohl die Idee im Ansatz nicht schlecht ist. Eine Urexplosion als Beginn von Allem. Ein Urknall. Ja, das klingt gut. Griffig, genau richtig für die Presse. Ah, meine liebe Gabriela, Sie haben schon erste Ideen entwickeln können?« Die Kollegin sah von ihrem Laptop auf. »Nun ja – wir benöti-

gen verschiedene Theorien: Gravitation für die Bewegung der Himmelskörper, Elektromagnetismus – von den elektromagnetischen Eigenschaften der Materie kommen wir dann zur Chemie ... Einfacher wäre es, wenn wir eine Theorie hätten, die alles auf einmal erklärt ...« Gott schob sich unauffällig vor die 347. Schublade. »Ach, meinen Sie? Stachelt es nicht Ihren Ehrgeiz an, alles Stück für Stück zu entwickeln und zusammensetzen?«

Laplace hatte derweil leuchtende Augen bekommen. »Bewegung von Himmelskörpern ... ein ganzes Universum voll Sterne und Planeten und alle bewegen sich ... das ist viel besser als Vakuum-Billard! Chef, darf ich das Universum ausrechnen?« »Aber natürlich ...« »Das ist in der Tat eine äußerst konstruktiver Vorschlag. Ein bis ins Kleinste berechenbares Universum. Sehr schön.« Gabriela machte sich eine Notiz. Luzie war anderer Meinung. »Schön? Völlig uncool ist das. Wo bleiben denn da unerwartete Überraschungen? Soll ich da nicht doch für sorgen?«, sie warf mit ein paar Feuerwerkskörpern um sich.

Gott hatte auch so seine Zweifel am Vorteil der exakten Vorhersagbarkeit, aber als im Flur Schrödingers Katze vorbeilief, die einen Schmetterling jagte, worauf der durch ein Ausweichmanöver einen Wirbelsturm auf der Modellerde auslöste, hielt Gott den Mund. Er wollte Laplace nicht jetzt schon den Spaß an der Sache verderben.

»Ach, und, Chef«, Gabriela tippte auf ihrer Tastatur herum, »parallel dazu sollten wir auch die passende Wissenschaft entwickeln. Um die geschaffenen Naturgesetze auf Zweckmäßigkeit und Funktionstüchtigkeit überprüfen zu können.« »Qualitätsmanagement? Sehr gute Idee! An welche Methoden hatten Sie da gedacht?« »Nun ja – da wäre zunächst als A und O die Beobachtung, die Messung. Laplace, deine Billardkugeln bitte. Sehen Sie – was sehen Sie?« »Blaue Kugel schwebt still im Vakuum, rote Kugel kommt angefliegen. Rote Kugel dengelt gegen blaue Kugel. Blaue Kugel fliegt weg, rote Kugel bleibt schweben«, erklärte Gott folgsam. »Genau. Gestatten Sie mir noch den Hinweis, dass beide Kugeln exakt gleich viel wiegen. Zu Beginn ruhte die blaue Kugel bewegungslos im Vakuum, die rote kam mit exakt 10 m/s – Chef, Sie müssen sich in Zukunft an genauere Angaben gewöhnen – angefliegen, stieß gegen die blaue Kugel, woraufhin die sich mit ebenfalls 10 m/s wegbewegte und die rote bewegungslos zurück blieb. Wir können jetzt also die Theorie aufstellen, dass es eine Größe gibt, die sich aus Geschwindigkeit und Masse zusammensetzt, und die in einem System erhalten bleibt.« »???« »Was

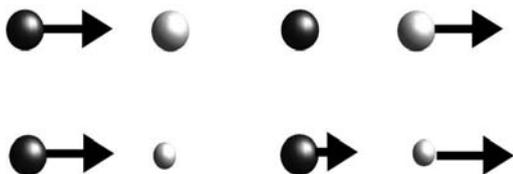


Abb. 2 Impulserhaltung. Stößt eine Kugel (dunkel, oben links) gegen eine gleich schwere ruhende (hell, oben links), versetzt sie diese in Bewegung mit derselben Geschwindigkeit, die sie selbst vorher hatte, und bleibt selbst liegen (oben rechts).

Ist die anfangs ruhende Kugel leichter als die stoßende (unten), überträgt sich Impuls von der stoßenden auf die ruhende, aber nicht der ganze Impuls – es rollen anschließend also beide Kugeln, wobei die kleinere, gestoßene schneller ist als die stoßende.

die Kollegin meint, ist der Impulserhaltungssatz«, erklärte Gott. »Impuls ist Masse mal Geschwindigkeit. Das System besteht in diesem Fall aus den beiden Kugeln. Wenn am Anfang die blaue Kugel ruht, hat sie den Impuls null, weil ihre Geschwindigkeit null ist, und null mal irgendwas ist immer null. Die rote Kugel hat den Impuls (Masse der Kugel) mal 10 m/s. Der Gesamtimpuls des Systems aus den beiden Kugeln ist nun die Summe der Impulse der roten und der blauen Kugel. Da der Impuls der blauen Kugel ja null war, ist der Impuls der roten Kugel also auch der Gesamtimpuls des Systems. Bei dem Stoß geht nun der Impuls der roten Kugel auf die blaue Kugel über. Nach dem Stoß hat daher die rote Kugel den Impuls null und die vorher ruhende blaue Kugel hat den Impuls (Masse der Kugel) mal 10 m/s komplett übernommen. Der Gesamtimpuls des Systems ist also noch derselbe.«

Der Impulserhaltungssatz

So vollständig von einer Kugel auf die andere geht der Impuls nur über, wenn beide Kugeln exakt gleich schwer sind. Bei Stößen zwischen zwei Kugeln muss neben dem Impulserhaltungssatz nämlich auch noch der Energieerhaltungssatz erfüllt sein. Damit kommt man auf

zwei Gleichungen, mit denen man aus der Bewegung vor dem Stoß diejenige nach dem Stoß berechnen kann. Außerdem muss es sich um elastische Kugeln handeln, also solche, die sich nicht dauerhaft verformen, da auch Verformung Energie kostet.

Gabriela dozierte weiter: »Nun ja, jetzt haben wir also aus einer Beobachtung ein Gesetz abgeleitet. Nämlich, dass Impulse in einem System erhalten bleiben, wenn nicht Kräfte von außen auf das System

wirken. Mehrere solcher Gesetze können wir zu einer Theorie zusammenfügen. Aus der können wir dann ableiten, was sonst noch alles beobachtbar sein sollte. Beispielsweise können äußere Kräfte Impulse ändern.« »So in etwa?«, Luzie feuerte eine Granate ab, die Druckwelle der Explosion beschleunigte die Kugel. Gabriela betrachtete leicht pikiert den Rauch im Vakuum. »In etwa. Also, diese Kraft erhöhte den Impuls der Kugel. Da die Masse der Kugel dabei gleich blieb, erhöhte sich ihre Geschwindigkeit. Wir leiten also daraus ab, dass wir Kugeln beliebig beschleunigen können, wenn wir die Kraft nur groß genug machen. Weil Kräfte keinen Einfluss auf die Masse haben, wie wir sehen, wenn wir die Kugel vor und nach dem Stoß wiegen. Bitte – kein Gramm schwerer!« (Wichtig ist hierbei, die sich bewegenden Kugeln zu wiegen. Dank Gabrielas Spezialwaage kein Problem.) »Diese Behauptung können wir dann durch weitere Messungen belegen.«

Das ließen Luzie und Laplace sich nicht zweimal sagen. Nach etlichen verbrauchten Kugeln und Granaten schien Gabrielas Vorhersage belegt. »Bitte sehr – dadurch, dass wir eine Vorhersage aus unserer Theorie bestätigt fanden, haben wir die Theorie selbst bestätigt.«

Gott strich sich nachdenklich über den Rauschebart. »Genau genommen wissen Sie jetzt aber nur, dass Ihre Behauptung, Geschwindigkeiten ließen sich beliebig erhöhen und Massen blieben dabei konstant, für die untersuchten Geschwindigkeiten gilt, und auch nur im Messbereich Ihrer Waage. Wenn wir eine Waage nähmen, die hundertmal genauer misst, könnte es sein, dass Sie doch noch feststellen, dass meinetwegen die Masse mit der Geschwindigkeit zunimmt oder so was. Und über die Myriaden Geschwindigkeiten, die Sie noch gar nicht untersucht haben, wissen Sie eigentlich gar nichts. Zum Beispiel über sehr viel höhere Geschwindigkeiten als Sie hier untersucht haben. Weil Luzies Granaten nicht mehr hergaben.« Luzie runzelte empört die Hörner und machte sich umgehend an die Entwicklung effektiveren Handwerkzeugs. »Chef, das ist eine prinzipielle Frage«, erklärte Gabriela. »Man *kann* nicht beweisen, dass eine Theorie richtig ist. Man kann nur versuchen, die Experimente so sinnvoll wie möglich zu machen, damit man möglichst weit reichende Schlüsse daraus ziehen kann, und die Theorie soweit wie möglich abzusichern. Sicher ist man nie, dass nicht irgendwann doch eine Beobachtung gemacht wird, die mit einer Theorie nicht übereinstimmt. Damit wäre

die Theorie dann allerdings sofort widerlegt. Widerlegen lässt sich eine Theorie mit einem einzigen Experiment, das ihr widerspricht. So was kann der besten Theorie passieren, beispielsweise wenn die Messtechnik feiner wird und man in Bereichen messen kann, die vorher nicht zugänglich waren und man dort Phänomene findet, an die man vorher nie gedacht hat.«

»Wenn Sie jetzt also Luzies verbesserte Explosionsmechanismen ausprobieren, könnten Sie möglicherweise feststellen, dass Ihre schöne Theorie bei hohen Geschwindigkeiten nicht mehr stimmt? Dass eine Kugel vielleicht nicht beliebig schnell werden kann und bei Lichtgeschwindigkeit Schluss ist?« Gabrielas Gesicht war ein einziges Fragezeichen. Was heckte er denn da schon wieder aus? »Und das Impulserhaltungsding?« Auch Luzie hatte mitgedacht. »Die Masse, liebe Luzie. Die Masse eines Körpers müsste dann mit der Geschwindigkeit zunehmen. Dann würde es wieder stimmen.«

»Komm, Laplace, das probiern wer aus!«

Es stimmte. Selbst Luzies kleine, handliche Taschensupernova reichte nicht aus, um die Kugel über die Lichtgeschwindigkeit hinaus zu beschleunigen. Gott zauberte eine hochempfindliche Spezialbewegungswaage aus der Gewandtasche und siehe da! Die schnellen Kugeln waren schwerer als die langsamen. Das galt auch für kleine Geschwindigkeiten, aber da war der Effekt so klein, dass er nicht weiter auffiel. Und bei hohen Geschwindigkeiten, knapp unterhalb der Lichtgeschwindigkeit, wurden sie mächtig schwer. Das war dann auch leider das Ende der hochempfindlichen Spezialwaage. Als Luzie alles gab und eine Kugel auf genau Lichtgeschwindigkeit brachte, wurde diese unendlich schwer. Das hält keine Waage aus.

Gabriela starrte finster auf die Reste der Waage und ihrer schönen Theorie. »Lichtgeschwindigkeit als maximale Geschwindigkeit – was bitte soll das sein, Chef?« »Oh – die Spezielle Relativitätstheorie. Fiel mir so ein. Wir sollten sie ins Programm aufnehmen und noch verallgemeinern. Bei niedrigeren Geschwindigkeiten können Sie ja weiter mit ihrer einfacheren Theorie arbeiten. Da sind die Fehler so klein, das merkt keiner. Und ich sag 's nicht weiter. Theorien gelten eben nur unter bestimmten Bedingungen, wenn die nicht mehr erfüllt sind, muss man auf eine Theorie mit weiter gefasster Gültigkeit umsteigen.« »Dann können wir auch gleich die umfassendere Theorie nehmen«, grollte Gabriela. Gott winkte ab. »Warum so umständlich? Mit einfacheren Theorien kommt man schneller zum Ergebnis. Und

wenn der Fehler, den man dabei macht, kleiner ist, als man jemals messen könnte ...«

Gabriela war keinesfalls einverstanden mit dieser laxen Art. Aber weitere Diskussionen schienen ihr völlig sinnlos. Finster raffte sie ihr Laptop und ihre Unterlagen zusammen und rauschte aus dem Büro. Gott, Laplace und Luzie sahen ihr nach.

»Und Sie glauben, da kommt was bei raus, wenn Sie die das alles machen lassen? Soll ich nicht doch lieber mitmischen?«, Luzie ließ den Pferdefuß baumeln.

Gott schmunzelte. »Wer sagt, dass Sie nicht mitspielen dürfen? Wir alle machen mit. Schließlich muss ich dafür sorgen, dass im richtigen Moment die richtigen – völlig unerwarteten und rein zufälligen – Ereignisse eintreten, um Gabrielas Experimente in die richtige Richtung zu lenken.«

2

Der Urknall



Beginn und Entwicklung des Universums

»Nun, meine Liebe, ich denke, es kann losgehen!«, Gott ließ den Korken knallen. »Halt, halt! Wartet auf mich!«, mit Blitz und Donnerschlag erschien Luzie im Labor. »Nicht ohne mich anfangen! Und ohne mein Feuerzeug schon gar nicht!« Gabriela, wie immer perfekt frisiert, sah kurz von ihren Unterlagen auf, in denen sie noch ein letztes Mal alles überprüft hatte, wedelte die Asche, die Luzies Auftreten unweigerlich mit sich brachte, von ihren Flügeln und musterte die Herrin über Rauch und Feuer missbilligend über den Brillenrand. »Werte Kollegin, das war nicht der Urknall. Das war der Sektkorken. Wozu auch immer Sekt schon zu Beginn der Dienstzeit gebraucht wird.« »Aber meine liebe Gabriela, Sie werden doch nicht den Urknall ohne Sekt starten wollen? Hier, Luzie, nehmen Sie ein Glas.« Gott reichte den Sekt herum. »Möchte noch jemand donnern oder Korken knallen lassen oder können wir vielleicht endlich anfangen?«, Gabriela wartete die Antwort jedoch gar nicht erst ab, sondern legte Stoppuhr und Thermometer bereit und nahm Luzies höllisches Feuerzeug in die Hand. »Wo ist denn die Kollegin von der Psychochophischen Philosophie schon wieder?«, fragte Luzie und schüttelte sich die Asche aus den feuerroten Haaren. »Sollten wir nicht auf sie ...« »Nein!« Gegen Gabrielas Stimme waren Luzies Hörner weich wie ein Daunenkissen. »Wir werden *nicht* auf diese unzuverlässige Person warten. Ich fange jetzt an.« Sie ließ eine Flamme aus dem Feuerzeug springen. Gott räusperte sich dezent hinter ihr. Entnervt drehte Gabriela sich um: »Was ist denn jetzt noch?« »Ähm, meine Liebe, also ich möchte jetzt wirklich nicht den Chef hervorkehren, aber meinen Sie nicht, ich sollte vielleicht selbst ...« »Wie? Oh – oh, ja. Ja, natürlich, Chef. Bitte.« Feuerrot reichte Gabriela ihm das Feuerzeug und warf der grinsenden Luzie einen flammenden Blick zu.

»Aufgepasst, meine Damen! Halten Sie Sekt und Stoppuhr bereit!
3 – 2 – 1 – Feuer!«

Gott nahm ein Punktuniversum – also ein Universum von der Ausdehnung eines Punktes mit unendlich hoher Energiedichte und Temperatur – aus Schublade Nr. 1, hielt Luzies Feuerzeug daran und zündete den Urknall.

Es knallte in der Tat fürchterlich. Das Punktuniversum begann zu wachsen, dehnte sich zu einem Raum, im Moment wohl noch eher einem »Räumchen«, aus, einem wachsenden und ziemlich heißen Mini-Universum.

»Also dann Prost! Auf gutes Gelingen!«, Gott hob das Sektglas und stieß mit Luzie an. Gabriela verdrehte nur die Augen und versuchte, sich auf die Stoppuhr zu konzentrieren. Luzie sah stirnrunzelnd in ihr Glas, holte dann ihre Kilo-Tüte Cayennepfeffer aus der Gewandtasche und würzte kräftig nach. »Und auf was warten wir hier nu? Schwefelsäure? Vulkane? Feuer speiende Drachen?« Sie hockte sich auf den Labortisch und ließ den Pferdefuß baumeln. »Glaube ich eher nicht«, erwiderte Gott. »Sie kennen doch die Kollegin Gabriela, bei ihr muss immer alles so systematisch gehen. Es geht bestimmt mit so grundlegenden Dingen wie Kräften und Elementarteilchen los. Wir müssen nur aufpassen, dass sie nicht dabei bleibt. Sie mag keine Drachen. Im Grunde mag sie überhaupt keine Lebewesen, soweit ich weiß.« Gott betrachtete Luzies Feuerzeug, das er nach dem Urknall gelöscht hatte, und unterdrückte ein Grinsen.

Gabriela warf ihm einen missmutigen Blick zu. »Ich denke, ich habe meine Ansichten dazu in meiner letzten Stellungnahme hinreichend deutlich gemacht – Leben ist unhygienisch und vernichtet alle Symmetrie und Ordnung! Sehen Sie dagegen hier, dieses junge Universum! Es gibt nur eine Kraft darin! Sehr schön einfach und sehr schön symmetrisch!« Gabriela war hochzufrieden.

»Hm. Ja, aber brauchen wir nicht mehrere Kräfte?«, meldete sich Gott zu Wort. »Ich meine, wir möchten doch Sterne, Galaxien und so – brauchen wir dazu nicht die Gravitation? Und ich *möchte* Leben in meinem Universum. Leben verursacht Unordnung und Überraschungen, ist doch interessant. Aber Leben hat mit Chemie zu tun, dazu brauchen wir was Elektromagnetisches. Und vorher – brauchen wir da nicht erst mal was, um Atomkerne zu bauen? Nukleonen oder so? Wie kleben wir die zusammen – vielleicht mit starker Kraft?«

Gabriela verzog das Gesicht. »Aber Chef – sehen Sie denn nicht? Alle diese Kräfte sind durchaus da – gewissermaßen. Sie sind vereinigt zu einer einzigen Kraft! Sie müssen doch erkennen, welche Schönheit in dieser Symmetrie der Kräftevereinheitlichung liegt! Im Gegensatz zu dem Durcheinander aus zig einzelnen Kräften, das Sie da vorschlagen!«

Die Vereinheitlichung der Kräfte

Die uns bekannten vier Kräfte – Gravitation, starke, schwache, elektromagnetische Kraft (s. S. 43) – vereinigen sich bei sehr hohen Temperaturen nach und nach zu einer, im Umkehrvorgang zur im Text beschriebenen Aufspaltung während der Abkühlung des Universums.

Bei der Entwicklung von Theorien, die die Vereinheitlichung der Kräfte beschreiben, ist man unterschiedlich weit – die elektroschwache Kraft als

Vereinigung von elektromagnetischer und schwacher Kraft lässt sich bereits theoretisch beschreiben, zu einer Theorie der Vereinheitlichung von starker und elektroschwacher Kraft (GUT – Great Unified Theory) gibt es viel versprechende Fortschritte. Am weitesten ist der Weg wohl noch bei der Vereinheitlichung der anderen drei Kräfte mit der Gravitation. Die Stringtheorie ist einer der Ansätze hierzu.

»Ja, ja, meine Liebe. Alles vereinigt und alles wunderbar symmetrisch, sozusagen schon supersymmetrisch. Aber irgendwie ist es noch nicht das, was ich mir vorgestellt hatte. Versetzen Sie sich doch mal in die Lage der Lebewesen – Bakterien, Quallen oder Nashörner. Wollen wir die im täglichen Leben mit starker und schwacher Kraft belasten? Für den Hausgebrauch tun 's doch Gravitation und elektromagnetische Kraft. Den Rest verstecken wir im Kleinen.«

Gabriela verzog bei der Erwähnung von Bakterien und Nashörnern angeekelt das Gesicht und sah dann entsetzt auf das Feuerzeug. »Was – Chef! Das Feuerzeug ist aus! Was haben Sie ... Sie müssen weiter heizen – die Temperatur sinkt! Das Universum kühlt sich ab!« »Ja, aber muss das nicht so?«, fragte Gott unschuldig. »Ich dachte, ich zünde nur den Knall. Energie sparen, verstehen Sie?« »Nein, mir war bisher nicht bewusst, dass das so muss«, erwiderte Gabriela eisig. »Und ich verstehe das *nicht!*« Aber sie konnte es nicht mehr ändern, mit zunehmender Ausdehnung des Universums sank seine Temperatur. Für etliche Sekundenbruchteile beobachtete sie verbissen das junge Weltall. Es schien zwar logisch, was Gott da angestellt hatte – genau genommen hatte er ein gravierendes Problem beseitigt, aber Gabriela konnte es nun mal nicht leiden, wenn man hinter ihrem Rü-

cken die Pläne änderte. Das Universum hatte als Raumpunkt angefangen mit unendlich hoher Energiedichte. Wenn es trotz der Ausdehnung weiterhin unendlich hohe Energiedichte und Temperatur behalten sollte, musste man ständig Energie (und zwar unendlich viel Energie) nachliefern, und Gabriela war keinesfalls sicher, ob dies nicht auch in der himmlischen Werkstatt und mit höllischen Feuerzeugen mittelfristig zu Energieverknappung führen konnte. Wenn jedoch keine Energie von außen zugeführt wurde, musste sich die bereits vorhandene Energie auf den expandierenden Raum verteilen, die Energiedichte nahm also ab. Und mit ihr die Temperatur. Je weiter sich das Universum ausdehnte, desto kälter wurde es. Was für Gabriela äußerst beunruhigend war, denn die wunderbar supersymmetrische Vereinheitlichung der vier Kräfte konnte nur bei Temperaturen oberhalb von 10^{32} Grad existieren. Aber noch gab sie die Hoffnung nicht auf, noch war alles supersymmetrisch. Obwohl Gottes verstecktes Grinsen sie ziemlich nervös machte.

Das expandierende Universum

Woher weiß man eigentlich, dass das Universum sich ausdehnt?

Das Spektrum des Lichtes, das uns von Sternen und Galaxien erreicht, weist bestimmte Muster auf, die von Absorptionen und Emissionen bestimmter Lichtfrequenzen durch Atome und Moleküle stammen. Diese Muster sind sehr charakteristisch, und 1929 fiel Edwin Hubble auf, dass diese Muster zu größeren Wellenlängen, als man erwarten würde, verschoben sind. Da im sichtbaren Wellenlängenbereich die roten Wellen länger sind als die blauen, spricht man hier von »Rotverschiebung«, auch wenn es sich um Strahlung aus dem nicht sichtbaren Wellenlängenbereich handelt.

Diese Rotverschiebung kommt durch die Ausdehnung des Universums zu Stande – die ursprünglich »normal« langem, von der Galaxie

ausgesandten Wellen werden auf ihrem Weg zu uns mit dem sich ausdehnenden Raum ebenfalls gedehnt und dadurch länger.

Diese Rotverschiebung hat nichts – wie man manchmal liest – mit dem Dopplereffekt zu tun!

Wenn sich das Universum ausdehnt, muss es früher kleiner gewesen sein als es heute ist. Führt man diesen Gedanken konsequent zu Ende, kommt man zu dem Schluss, dass das Universum als Raumpunkt begonnen hat – eben mit dem Urknall. Es ist also nicht so, dass seit dem Urknall die Materie im Raum auseinander fliegt (wie nach einer Explosion), sondern der Raum selbst dehnt sich aus. Da die Materie sich in ihm befindet, vergrößern sich auch deren Abstände – so wie Rosinen in einem aufgehenden Hefeteig sich voneinander entfernen.