



# Leseprobe

Professor Dr. Ernst Peter  
Fischer

## Die Verzauberung der Welt

Eine andere Geschichte der  
Naturwissenschaften

---

»Ernst Peter Fischer erklärt dem Volk alles,  
was man über Naturwissenschaft wissen  
muss.« *Die Zeit*

Bestellen Sie mit einem Klick für 14,99 €



---

Seiten: 336

Erscheinungstermin: 02. September 2015

Mehr Informationen zum Buch gibt es auf

[www.penguinrandomhouse.de](http://www.penguinrandomhouse.de)

---

## Inhalte

- Buch lesen
- Mehr zum Autor

## Zum Buch

---

### **Von fallenden Äpfeln bis zu den Higgs-Teilchen - eine Anleitung zum Staunen**

Die meisten Menschen glauben, die Naturwissenschaft habe die Welt entzaubert. Was berechnet werden könne, berge keinerlei Geheimnis mehr. Ganz im Gegenteil, sagt Bestsellerautor und Wissenschaftspublizist Ernst Peter Fischer in seinem neuen Buch - erst durch unablässiges Forschen, durch stetes Nachfragen und unbändige Neugier, kurz: durch die genaue Kenntnis der Naturwissenschaften enthüllt sich uns das wahre Geheimnis der Welt. Fischer zeigt dies am Beispiel großer Wissenschaftler und ihrer "Entdeckungen" von Kopernikus' Weltbild bis hin zum Higgs-Teilchen. Eine gänzlich "andere Geschichte der Naturwissenschaften" - und eine Anleitung zum Staunen.



#### **Autor**

### **Professor Dr. Ernst Peter Fischer**

---

Ernst Peter Fischer, geboren 1947 in Wuppertal, studierte Mathematik, Physik und Biologie und promovierte 1977 am California Institute of

P

ERNST PETER FISCHER

**DIE VERZAUBERUNG DER WELT**

*EINE ANDERE GESCHICHTE DER  
NATURWISSENSCHAFTEN*

Pantheon



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967  
Das für dieses Buch verwendete FSC®-zertifizierte Papier  
*Lux Cream* liefert Stora Enso, Finnland.

Erste Auflage

Pantheon-Ausgabe September 2015

Copyright © 2014 by Siedler Verlag, München,  
in der Verlagsgruppe Random House GmbH  
Umschlaggestaltung: Jorge Schmidt, München, unter Verwendung  
einer Vorlage von Rothfos + Gabler, Hamburg  
Lektorat: Ursula Kiausch, Mannheim  
Satz: Ditta Ahmadi, Berlin  
Reproduktionen: Mega-Satz-Service, Berlin  
Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck  
Printed in Germany 2015  
ISBN 978-3-570-55292-6

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

*Für Thomas Rathnow,  
den Freund, der ermutigt*

# Inhalt

VORWORT	
Das verlorene Gefühl	9
KAPITEL 1	
Große Fragen und ihre unendliche Geschichte	21
EXKURS	
Zwei Arten von Energie und die Energiewende	55
KAPITEL 2	
Staunen im Alltag	61
EXKURS	
Zehn Geheimnisse des Menschen	79
KAPITEL 3	
Mysterien der modernen Wissenschaft	83
EXKURS	
Rückblick auf den Beginn des 21. Jahrhunderts	103
KAPITEL 4	
Bildung und der Anteil der Naturwissenschaften	109
EXKURS	
100 × wichtigstes Wissen	153
KAPITEL 5	
Freiheit mit Gesetzen	157
EXKURS	
Ein romantischer Vorschlag	171
KAPITEL 6	
Die romantische Dimension	175

<b>EXKURS</b>	
Das romantische Atom	193
<b>KAPITEL 7</b>	
Das Geheimnis von Kunst und Wissenschaft	197
<b>EXKURS</b>	
Studiengang Wissenschaftsgestaltung – ein Vorschlag	229
<b>KAPITEL 8</b>	
Wissenschaft als Poesie	233
<b>EXKURS</b>	
Szenen der Wissenschaft	263
<b>KAPITEL 9</b>	
Newtons Uhrwerk und Gottes Beitrag	267
<b>EXKURS</b>	
Die Rückkehr des Designers	301
<b>NACHWORT</b>	
Mut zu allen Möglichkeiten	305
<b>ANHANG</b>	
Dank	320
Literatur	321
Sach- und Personenregister	328
Rechtenachweis	336



VORWORT

## Das verlorene Gefühl

*Man wird nicht sagen dürfen, daß die Physik die Geheimnisse der Natur wegerkläre, sondern daß sie sie auf tieferliegende Geheimnisse zurückführe.*

CARL FRIEDRICH VON WEIZSÄCKER

Das Schönste, was ein Mensch erleben kann, ist, so Albert Einstein, das Geheimnisvolle. Einstein nennt es »das Grundgefühl, das an der Wiege von wahrer Wissenschaft und Kunst steht«. Und dieses Gefühl geht den Menschen in diesen Tagen auf vielfache Weise verloren oder wird ihnen genommen – etwa wenn manche Sozialphilosophen verkünden, die aufklärenden Naturwissenschaften sorgten für eine »Entzauberung der Welt«. Zahlreiche journalistische Vermittler unterwerfen sich diesem Diktum, wenn sie mit kühnen Überschriften wie »Schwänzeltanz entzaubert« ihren Lesern ein Wissen über das Leben und Weben von Bienen vorgaukeln – ein Wissen, das sie nicht haben können, weil das angesprochene Phänomen keineswegs vollständig erklärt ist. Häufig wetteifern mediale Kommunikatoren darin, dem Publikum vorzuführen, was die Naturwissenschaften scheinbar alles erklären können, ohne dass eine Frage offen bliebe: Krebs entsteht durch entartetes Zellwachstum. Farben versteht man durch unterschiedliche Wellenlängen. Wasser bekommt seine Oberflächenspannung durch die Gestalt seiner Moleküle. Licht wird von Atomen ausgesandt. Energie wird durch Kernspaltung oder Fusion frei. Und so weiter und so fort.

Bereits vor einiger Zeit hat der Literaturwissenschaftler Erich Heller darüber geklagt, dass die bunten Bildchen, die im Fernsehen als wissenschaftliche Erklärung etwa von Viren und ihren Wirkun-

gen angeboten werden, kaum für ein Verstehen sorgen und mehr dafür, dass sich die Zuschauer »im Nu in einer Walt-Disney-Welt von farbigen Absurditäten« wiederfinden. Das zappelnd bunte Geblümmer hektischer Bildschnitte raubt ihnen jedes Gefühl für das Geheimnisvolle, das die Natur demjenigen bietet, der sie aus der Nähe sieht und sie wahrnimmt.

Menschen sind primär nicht rational urteilende, sondern sinnlich wahrnehmende – also ästhetisch empfindsame – Wesen, die sich ganz selbstverständlich darum bemühen, das Schöne in der Welt zu entdecken. Sie erfahren dabei unter anderem Freude an dem, was Licht so alles vermag. Licht funkelt, strahlt, leuchtet, scheint, wärmt, erhellt, glitzert, blitzt auf, wird gespiegelt, polarisiert und inzwischen in höchst raffinierten Leuchtdioden produziert oder auf besondere Weise in Form von Laserstrahlen frei- und eingesetzt. Licht bietet auf seine Weise viele sinnlich zugängliche Geheimnisse, die Lust auf mehr Phänomene machen – sofern sie einem nicht ausgetrieben wird, etwa in der Schule. Denn dort werden diese Phänomene in der Regel unter den schwarzen Strichen versteckt, mit denen Schulbücher Strahlengänge etwa bei Fernrohren, Mikroskopen oder Prismen nachzeichnen und vorführen. Diese glatten Linien der Pädagogen erfassen unter anderem das Reflexionsgesetz, bei dem Licht auf einen Spiegel trifft, der merkwürdigerweise ebenfalls bevorzugt als schwarze Linie erscheint, sodass ein schwarzer Strich auf einen anderen trifft – was mit dem, was Kinder sehen, endgültig nichts mehr zu tun hat. Mit den schwarzen Linien ist alles klar, man hat alles erklärt und in eine Formel gebracht, die in Prüfungen als Wissen abgefragt wird.

Und niemand bemerkt, dass dabei das vergnügliche Verstehen ausgeschaltet und dem Licht mithin jeglicher Zauber genommen wird. Mit den schwarzen Strichen der Pädagogik verschwindet die ästhetische Neugierde der Schüler auf den schönen Schein des Lichts, und der kalte und schneidende Verstand der Forscher verlangt sein Opfer, wie es oberflächlich aussieht. Doch was den Physikern und anderen Wissenschaftlern gelingt und sie beschäftigt, wenn sie sich dem Licht zuwenden, hat mit solch einer – vorgeblich didak-

tischen – Darstellung nicht das Geringste zu tun. Wer sich auf ihre Einsichten einlässt, merkt, wie weit die groteske Idee einer Entzauberung der Welt durch die Naturwissenschaften neben der Wahrheit liegt. Die vorliegende »andere Geschichte der Naturwissenschaften« hat sich vorgenommen, diese Feststellung mit einigen Beispielen zu untermauern und zu verdeutlichen.

Wie zu zeigen sein wird, vermehrt eine naturwissenschaftliche Erklärung der Welt das Geheimnisvolle in ihr und führt damit zu ihrer Verzauberung und unserer Verzückung. Keineswegs handelt es sich bei den Naturwissenschaften um eine »anonyme, kollektive träge Bewegung«, die nur »mindere Wahrheiten« erfassen kann, wie es der vielbeachtete amerikanische Kulturphilosoph Francis George Steiner in seinem 2001 erschienenen Buch *Grammatik der Schöpfung* behauptet hat. Im Gegenteil: Für viele naturwissenschaftliche Entwicklungen sind kreative Prozesse konstitutiv. Sie bestehen nicht aus schlichten Entdeckungen (im Sinne von Aufdeckungen bereits vorhandener Gegebenheiten), sondern erweisen sich bei näherem Hinschauen als freie Hervorbringungen des menschlichen Geistes.

Physiker wie Carl Friedrich von Weizsäcker wussten seit Jahrzehnten zwischen tiefen und einfachen Wahrheiten auf ihrem Gebiet zu unterscheiden. Das Gegenteil einer einfachen Wahrheit – Elektronen tragen eine elektrische Ladung – ist falsch, während das Gegenteil einer tiefen Wahrheit – Elektronen bewegen sich als Teilchen – eine neue Wahrheit ist: Elektronen zeigen nämlich auch Eigenschaften von Wellen.

Dem Philosophen und Physiker von Weizsäcker stand seinerzeit etwa die geheimnisvolle Stabilität der Atome vor Augen, die von der Physik erst mit der Notwendigkeit von Quantensprüngen zwischen stationären Zuständen und dann mit den Formen begründet wurde, die Atome dabei annahmen. So brauchbar sich diese Deutung für den weiteren Verlauf der Physik auch erwies, so wird doch niemand behaupten, dass das ursprüngliche Geheimnis damit wegerklärt wurde. Vielmehr kann jeder sehen, der sehen will, dass das Mysterium der Atome dadurch vertieft wurde und insgesamt bis in die Gegenwart offen geblieben ist.

## Wahrheiten der Wissenschaft

Es soll riskiert werden, zehn Wahrheiten zu formulieren, die der Arbeit von Naturforschern zu verdanken sind – wobei der Autor nicht darauf hingewiesen werden muss, dass es auf keinen Fall zu den ursprünglichen Zielen von Wissenschaft gehört, Wahrheiten zu verkünden, wie es etwa die Religionen tun. Wissenschaft wollte durch Wissen zum einen die Freude an der Wahrnehmung der Welt vergrößern und zum anderen das Leben von Menschen erleichtern. Auf der Suche nach dem dazugehörigen Wissen sind erfreulicherweise Einsichten aufgetaucht, die den Charakter von Wahrheiten beanspruchen können. Einige werden hier angeführt. Sie tauchen alle im weiteren Text auf und bleiben an dieser Stelle daher ohne Erläuterung.

1. Energie ist unzerstörbar.
2. Atome sind keine Dinge; ihr Aussehen bekommen sie von den Menschen, die dadurch im Innersten der Welt auf sich selbst treffen.
3. Das Weltall ist endlich und unbegrenzt.
4. Die Wirklichkeit ist ein Ganzes ohne Teile.
5. Die Welt steckt voller Möglichkeiten; sie ist nicht nur alles, was der Fall ist, sondern alles, was der Fall sein könnte.
6. Menschen sind Zuschauer und Mitspieler im Theater der Welt, in dem das Drama des Lebens gespielt wird.
7. Zu jeder Beschreibung der Wirklichkeit gibt es eine zweite, die der ersten gleichberechtigt ist, auch wenn sie ihr widerspricht.
8. Leben kann nur im Licht der Evolution verstanden werden und bringt sich selbst in einem kreativen Prozess hervor.
9. Die Beschreibung des Wirklichen benötigt eine unwirkliche (imaginaire) Dimension.
10. Alle Menschen sind für die Folgen der Wissenschaft zuständig, da sich aus ihnen ihre Geschichte ergibt; wer Wissenschaft nicht versteht, versteht sich selbst nicht.

## Der freie Fall

Die Idee des vertieften Geheimnisses offenbart sich direkter und leichter, wenn man das einfache Beispiel des freien Falls betrachtet, über das bereits antike Philosophen wie Aristoteles nachgedacht haben. Warum fallen Gegenstände nach unten auf den Boden, so lautete und lautet die Frage, wobei die in Kindergärten bejohlte und von Erwachsenen schmunzelnd zur Kenntnis genommene Auskunft nicht zugelassen ist, dass Gegenstände deshalb nach unten fallen, weil die, die nach oben fallen, längst weg sind.

Aristoteles meinte das Problem der stets zur Erde fallenden Gegenstände durch ein Ziel klären zu können, und so nahm er an, dass allen Dingen ein Platz in der Welt zukommt; der den fallenden Gegenständen zugehörige Ort sei eben unten auf dem Erdboden. Es hat lange gedauert, bis diese nicht wirklich als wissenschaftlich durchgehende Erklärung in einem modernen Sinn durch eine bessere ersetzt wurde. Sie stammt von dem Briten Isaac Newton, der im späten 17. Jahrhundert konkret weniger einen Grund als eine Ursache für den Tatbestand suchte, dass Äpfel von Bäumen auf die Erde stürzen, wenn man ihre Äste schüttelt, während der Mond am Himmel bleibt, ruhig seine Bahn zieht und nicht von dort oben zu den oder gar auf die Menschen herabfällt.

Newton entwickelte allgemein eine Lehre von den Kräften, die zu Bewegungen führen, und die Kraft, die aus einem Apfel Fallobst macht, nannte er Gravitation oder Schwerkraft. Seitdem gilt die oben gestellte Frage als beantwortet. Bereits in der Schule kann man erfahren, dass Gegenstände, die zu Boden fallen, von der Erde und ihrer Gravitation angezogen werden, und damit gilt das Problem als geklärt und der freie Fall als entzaubert. Doch wer so denkt, denkt nur, dass er denkt, denn die Wissenschaft konnte in der Person von Newton etwas sehr viel Besseres anbieten. Ihr ist in diesem Beispiel nämlich optimal gelungen, was von Weizsäcker ihr als allgemeines Verdienst zuweist: Sie hat das Geheimnisvolle des Fallens auf das tiefer liegende Geheimnis der Schwerkraft zurückgeführt. Oder meint jemand etwa, die Gravitation sei kein Mysterium?

Wer dies denkt, wird gebeten, knapp und verständlich zu erklären, erstens: wie die Schwerkraft zustande kommt, zweitens: wodurch die Erde und ihre Masse diese Wirkung ausüben, und drittens: wie sie ihre Gegenstände in der Höhe erreicht, selbst wenn sie sich wie Flugzeuge am Himmel oder wie der Mond auf seiner Bahn bewegen. Wie kann aus einer trägen Masse eine treibende Kraft werden? Und wie überwindet sie Entfernungen in alle Dimensionen und Richtungen? Vermutlich müssen die weitaus meisten Menschen – einschließlich der überwiegenden Zahl von Moderatoren und anderen Wissenschaftsvermittlern – hier passen, und dies wird bei nahezu allen Erklärungen so sein, die sie abgeben, wenn man ihnen die nächste Frage stellt, die sich aus einer Erklärung ergibt. Die nächste Frage stellt sich immer. Es gibt kein Ende des Wanderns. Darum geht es in diesem Buch. Nicht nur die Phänomene der Natur stecken voller Geheimnisse, sondern auch die Erklärungen, die von den Naturwissenschaften dazu vorgelegt und erörtert werden.

### Die Entzauberung der Entzauberung

»Die Entzauberung der Welt« – dieser bislang oft benutzte und kritisierte Ausdruck wurde im frühen 20. Jahrhundert durch eine Rede mit einem legendären Titel bekannt und verbreitet. In ihr sprach Max Weber zum ersten Mal über »Wissenschaft als Beruf«. Der dazugehörige Text ist 1919 in Buchform erschienen und bis heute in vielen Ausgaben verfügbar. In Webers Ausführungen ist vom »inneren Berufe zur Wissenschaft« die Rede, und er betont, »nichts ist für den Menschen etwas wert, was er nicht mit *Leidenschaft* tun kann«. So agierten und agieren viele Wissenschaftler tatsächlich, wobei zu Webers Zeitgenossen nicht zuletzt Albert Einstein zählte. Mit den Großen der damaligen Zeit gehörte außerdem Max Planck, dem die Menschheit den geheimnisvollen Begriff des Quantensprungs verdankt. Und das Duo aus Planck und Einstein hat mindestens einen Geisteswissenschaftler, den Theologen Adolf von Harnack (1851–1930), verstehen lassen, warum es zu Beginn des 20. Jahrhun-

derts in Deutschland keinen nennenswerten Philosophen mehr gab. Harnack zufolge gab es sie immer noch, sie arbeiteten nur längst in einer anderen Fakultät, nämlich in der Physik.

Weber hält seine Rede in einer Zeit, in der seit 1911 die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (die heute als Max-Planck-Gesellschaft fortlebt) die Wissenschaften professionalisiert hat. Nach Weber ist eine zunehmende »Rationalisierung« vieler Abläufe durch Wissenschaft und wissenschaftlich orientierte Technik jedoch nicht mit einer »größeren Kenntnis der Lebensbedingungen« einhergegangen. Um dies zu demonstrieren, stellt er seinen Zuhörern die Indianer und Hottentotten gegenüber, die er – wie damals üblich – als »Wilde« bezeichnet.

Tatsächlich, so Weber, wissen diese »Wilden« von ihren Werkzeugen mehr als seine Studenten im Saal etwa von der Technik der Straßenbahn, mit der sie zu diesem Vortrag gefahren sind. Das mangelnde Wissen stört laut Weber deshalb nicht, weil die Menschen in einer zivilisierten Gesellschaft über etwas anderes verfügen, nämlich das Vertrauen darauf, sich dieses Wissen, wenn nötig, mithilfe von Experten aneignen zu können. Wörtlich heißt es dazu in seinem Vortrag:

Die zunehmende Intellektualisierung und Rationalisierung bedeutet also *nicht* eine zunehmende allgemeine Kenntnis der Lebensbedingungen, unter denen man steht. Sondern sie bedeutet etwas anderes: das Wissen davon oder den Glauben daran: daß man, wenn man *nur wollte*, es jederzeit erfahren *könnte*, daß es also prinzipiell keine geheimnisvollen unberechenbaren Mächte gebe, die da hineinspielen, daß man vielmehr alle Dinge – im Prinzip – durch *Berechnen beherrschen* könne. Das aber bedeutet: die Entzauberung der Welt. Nicht mehr, wie der Wilde, für den es solche Mächte gab, muß man zu magischen Mitteln greifen, um die Geister zu beherrschen oder zu erbitten. Sondern technische Mittel und Berechnung leisten das. Dies vor allem bedeutet die Intellektualisierung als solche.

Der wirkmächtige Begriff »Entzauberung der Welt« – Weber hat ihn nicht geprägt, er war bereits früher im Zusammenhang mit der »Säkularisierung« des Kosmos in theologischem Kontext in Umlauf – wird später von den Sozialphilosophen Max Horkheimer und Theodor W. Adorno in *Dialektik der Aufklärung* aufgegriffen. Darin vertreten sie die These, das »Programm der Aufklärung« sei die »Entzauberung der Welt« gewesen. Demnach hat sich das Schema der »Berechenbarkeit« zum »System der Welterklärung« entwickelt. Unter dem Diktat allseitiger Naturbeherrschung unterwerfe die rein »instrumentelle Vernunft« denkende Subjekte den Zwängen von Ökonomie und Technologie und verwandle sie in Objekte.

Doch zurück zu Webers Rede. Anzumerken ist hier zunächst, dass er als Beispiel für die »Rationalisierung« der Welt ausgerechnet das Beispiel der Straßenbahn wählt, während die Wissenschaft um ihn herum Röntgenstrahlen und Radioaktivität, Hormone und Vitamine entdeckt, das Zeitalter der Chemotherapie mit Salvarsan einleitet und erste Atommodelle entwirft. Hat ihn das wirklich kaltgelassen und seine Neugierde nicht erreicht?

Offenbar vertritt Weber in seinen Darlegungen die Ansicht, geheimnisvoll und unberechenbar meine in der Wissenschaft ein und dasselbe. Was etwa von einem Physiker berechnet werden kann, sei nicht mehr geheimnisvoll, und was in der Natur geheimnisvoll bleibt, sei für die Forschung unberechenbar.

Davon kann aber keine Rede sein, wie das erwähnte simple Beispiel des freien Falls zeigt, der höchst genau zu berechnen ist, ohne dass damit bei den oben gestellten Fragen zur Schwerkraft auch nur ein Jota Spielraum oder Einblick gewonnen wird. Und so genau der Däne Niels Bohr ab 1913 die Radien der Umlaufbahnen von Elektronen in Atomen berechnen konnte, so geheimnisvoll blieb der Grund für die Stabilität des ganzen Gebildes, für die eine völlig neue Physik benötigt wurde – aber welche?

Auch das Beispiel Straßenbahn hinkt. Können Webers Studenten tatsächlich »jederzeit erfahren«, warum sich eine elektrisch betriebene Straßenbahn nun in Bewegung setzt oder wie sie wieder abbremst? Das setzt nämlich voraus, dass es irgendwo einen Gelehr-



ten in den Räumen der Wissenschaft oder einen Text in einer Bibliothek gibt, der erklären kann, was da in der Natur oder in der Technik genau vor sich geht, wenn Elektrizität in eine motorische Kraft verwandelt wird.

In diesem Fall wäre der Experte dafür der Erfinder der elektromotorischen Kraftübertragung, der Kroatier Nikola Tesla (1856 – 1943), der im Rückblick auf seine Jugendjahre schrieb: »Tag für Tag fragte ich mich, was die Elektrizität sei, ohne eine Antwort zu finden. Achtzig Jahre sind inzwischen vergangen, und ich stelle mir immer noch dieselbe Frage, ohne eine Antwort geben zu können.« Wenn aber die Physiker bis heute Mühe mit der Schwerkraft haben und nicht wissen, was sie ist; wenn jemand wie Tesla nicht weiß, was Elektrizität ist – er weiß dafür, dass es uns und die Erde ohne diese Kraft gar nicht geben könnte –, dann weiß dies niemand. Mit anderen Worten: Von einer möglichen Entzauberung der Welt kann wahrlich keine Rede sein. Tatsächlich darf das genaue Gegenteil behauptet werden, dass nämlich der wissenschaftliche Zugriff einen besonderen Beitrag zur Verzauberung der uns zugänglichen Welt liefert. Sie zeigt den Menschen, wie viele Geheimnisse im Wirklichen stecken.

### Zum Begriff des Geheimnisvollen

Bevor die Geheimnisse der Natur durch den wissenschaftlichen Zugriff vertieft werden, soll noch ein Abschnitt über den Begriff des Geheimnisvollen informieren. Dieser Begriff findet sich vielfach in Nachschlagewerken, etwa in *Meyers Konversations-Lexikon*, das 1889 in Leipzig erschienen ist, als es noch Menschen gab, die an eine abgeschlossene Physik glaubten. Bezeugt werden kann dies durch die Geschichte von Max Planck, die er selbst erzählt hat und die ihm passierte, als er noch keine zwanzig Jahre alt war. Planck wurde tatsächlich in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch einen gelehrten Professor vom Studium seiner anvisierten Disziplin mit dem Hinweis abgeraten, in der Physik sei alles in trockenen Tüchern, man müsse höchstens noch einzelne Stäubchen verwischen.

In dem Lexikon kann man 1889 unter dem Buchstaben G keinen Hinweis auf die Naturwissenschaften finden. Dort steht zu lesen: »Geheimnis (Arcanum, Mysterium), alles Dunkle, Verborgene, Unbegreifliche, besonders in Sachen der Religion. In diesem Sinne nennt man Geheimnisse z. B. die Lehren von der Trinität, von der doppelten Natur Christi« (und manches mehr, was im 21. Jahrhundert, in dem die Menschen inzwischen leben und denken, nicht unbedingt erhellend wirkt). Hundert Jahre später – 1989 – bleibt die in Mannheim erschienene *Brockhaus*-Enzyklopädie der gewohnten theologischen Dimension der Geheimnisse verhaftet, ohne die Sache wesentlich verständlicher oder gar angemessen darzustellen: »Geheimnis, allgemein das (noch) nicht Erkannte, wie auch das, was rationaler Erfassung grundsätzlich entzogen ist bzw. nach dem jeweiligen Stand der Wissenschaften der verstandesmäßigen Erkenntnis entzogen zu sein scheint oder wofür – im religiösen Bereich – die Vernunftkenntnis als nicht zureichend erachtet wird (Mysterium). In der Theologie wird Geheimnis eine Wahrheit genannt, die nur durch die Wortoffenbarung Gottes gewusst und nach einer solchen Offenbarung zwar einigermaßen verstanden werden kann, aber doch im Dunkeln bleibt.«

Das Geheimnis als Wahrheit also – auch dazu haben im 20. Jahrhundert die Naturwissenschaftler eine Menge beigetragen.

In dem hier verhandelten naturwissenschaftlich orientierten Kontext lohnt eine pragmatische Abgrenzung des Geheimnisvollen vom Rätselhaften. Das kann durch die einfache Unterscheidung geschehen, dass Rätsel eine abschließbare (zu vollendende) Lösung und Geheimnisse eine offene (offen bleibende) Geschichte haben. Die Existenz einer richtigen Lösung gehört bekanntlich zum Vergnügen an Kreuzworträtseln, und wenn sich ein Doktorand etwa in der Biologie an seine Arbeit macht, möchte er nach einiger Zeit zum Abschluss kommen, weshalb auch in seinem Fall gesagt werden kann, dass seine Forschung darin besteht, ein Rätsel im Rahmen der Wissenschaft und ihrem Denkraum zu lösen. Es kann zum Beispiel darin bestehen, die Frage zu beantworten, welche Art von Signalen Zellen verwenden, um in einem Organismus miteinander zu kom-

munizieren, und die Antwort kann chemische Stoffe oder elektrische Ströme anführen und benennen. Dadurch ist ein erster Schritt – und damit wahrscheinlich auch die Doktorarbeit – geschafft, ohne dass ein Ende des Erkundens in Sicht gekommen wäre. Das Rätsel der beteiligten Moleküle ist zwar gelöst, aber das Geheimnis der lebendigen Wechselwirkung, das sie den Zellen ermöglichen, bleibt so verlockend wie am Beginn der Arbeit, was bekanntlich den Reiz der wissenschaftlichen Forschung ausmacht. Sie fängt zwar mit dem Rätsellösen ganz praktisch an, kommt dann aber immer näher an das Geheimnisvolle heran.

So schön es ist, Rätsel zu lösen, so schön ist es auch, dass Geheimnisse bleiben und man sagen kann, dass Menschen in einem Kosmos leben, der voll von Geheimnissen steckt und so weiter bestehen wird. Während die Naturwissenschaften diese Grunderfahrung erst seit dem 17. Jahrhundert machen können – es gibt sie in ihrer modernen Form erst seit diesen Tagen –, haben gläubige Menschen schon in Epochen davor die Vorstellung entwickelt, in einem »Zeitalter der Geheimnisse« zu leben, wie der Historiker Daniel Jütte die Jahrhunderte zwischen 1400 und 1800 charakterisiert. In ihnen kann er sogar eine »Ökonomie des Geheimen« erkennen, an der Juden und Christen teilhaben. Dieser Ausdruck erfasst den historischen Tatbestand, dass in den Jahrhunderten um die Renaissance herum mit praktischen Geheimnissen Handel getrieben wurde, die unter anderem die Herstellung von Pulvern oder Waffen betrafen. Im heutigen Sprachgebrauch würde man sie als medizinisches oder technisches Know-how bezeichnen, für das zu bezahlen war und ist. Es gab im 16. Jahrhundert in Italien eigens *professori de' secreti*, also professionelle Geheimniskundige.

Die Menschen kannten das Geheimnis zum einen als Arkanum, wobei zum Beispiel von *arcana naturae* oder *arcana mundi* die Rede war, also von den Geheimnissen der Natur oder der Welt. Neben dem umfassenden Arkanum gab es außerdem das Trio aus Secretum, Occultum und Mysterium, das heute populärer ist und allgemein verstanden wird. »Top secret« braucht niemand zu übersetzen; das Okkulte meint etwas, das absichtlich im Dunkeln gelassen und

nur Eingeweihten zugänglich gemacht wird, und Mysterium erfasst ursprünglich etwas, das prinzipiell von Menschen nicht gewusst werden kann.

Das letzte Wort soll an dieser Stelle dem Philosophen der Aufklärung, Immanuel Kant (1724 – 1804), gehören, der in seiner Schrift *Die Religion innerhalb der Grenzen der bloßen Vernunft* von dem Geheimnis spricht, das sich in jeder Religion findet und das Heilige meint, »was zwar von jedem Einzelnen gekannt, aber doch nicht öffentlich bekannt« ist und also nicht allgemein »mitgeteilt werden kann«. Kant nennt das heilige Geheimnis der Religion ihr Mysterium und unterscheidet davon sowohl das Verborgene (Arkanum) der Natur als auch die Geheimnisse (Secreta) der Politik, die beide öffentlich bekannt werden können, wenn sie auf Ursachen beruhen, die aus der Erfahrung stammen und Nachforschungen der Wissenschaft zugänglich sind.

Zuallerletzt lohnt es, an den Anfang des Kapitels anzuknüpfen und erneut Einsteins Grundgefühl für das Geheimnisvolle zu bemühen. Der große Physiker hat seiner persönlichen Erfahrung noch hinzugefügt, dass die liebevolle Hinwendung von Menschen zum angenehmen Geheimnisvollen zum kreativen Schaffen dessen führt, was sie als Wissenschaft und Kunst kennen und schätzen. Mit anderen Worten: Wer sich sein aus Kindertagen vertrautes Gespür für das Mysteriöse bewahrt, das in allen Dingen steckt, wer sich das Grundgefühl nicht von den belehrenden Mächten der Gesellschaft rauben lässt, der findet als Erwachsener Freude am wissenschaftlichen Denken und am künstlerischen Schaffen. Diese beiden produktiven Formen menschlichen Tuns können auch zusammenfallen, wie in diesem Buch ausgeführt wird, und wenn dies passiert, zeigt sich die Humanität, die alle Menschen anstreben. Sie suchen nach dem Geheimnisvollen und finden in der Fülle zu sich selbst. Wie die Romantiker wussten: »Wohin gehen wir denn? Immer nach Hause.«

# Große Fragen und ihre unendliche Geschichte

*Echte Probleme haben keine Lösung,  
sondern eine Geschichte.*

NICOLAUS GÓMEZ DÁVILA

Als ich ein kleiner Junge war und zur Schule ging, hat man mir dort beigebracht, dass sich Philosophie mit Fragen beschäftigt, die ohne endgültige Antworten bleiben und immer wieder neu erörtert werden müssen: Was ist Gerechtigkeit? Was ist Tapferkeit? Was ist Toleranz? Wem gegenüber soll man gehorsam sein? Und natürlich vor allem: Was ist der Mensch? Und was ist der Sinn des Lebens?

Sokrates erörtert diese und andere Themen in den Dialogen, die Platon aufgeschrieben hat, aber der Lehrmeister des Abendlands hat nur vor, sich am Ende allen Redens als jemand zu verabschieden, der es nicht weiß oder sagen kann, der aber morgen und übermorgen erneut versuchen wird, seinen Gesprächspartnern Auskunft zu geben oder Fragen zu stellen.

Diesem offenen Spiel der philosophischen Gedanken wurden die als exakt bezeichneten Naturwissenschaften gegenübergestellt, die sich offenbar mit Fragen beschäftigten, die eine klare – möglichst messbare – Antwort bekommen und dann als erledigt und abgeschlossen gelten konnten: Woraus besteht Materie? (Sie besteht aus Atomen.) Was ist Licht? (Es ist eine elektromagnetische Welle.) Was ist Leben? (Es ist eine Kombination aus Materie und einer formenden Kraft.) Wie kommen Farben zustande? (Licht kann sich mit unterschiedlichen Wellenlängen zeigen.) Wie bewegen sich Dinge? (Indem eine Kraft auf sie einwirkt.) Warum ist der Himmel blau?

(Weil es sich um atmosphärisches Streulicht handelt, dessen Intensität proportional zur vierten Potenz der Frequenz ist, die für Blau am höchsten ist.)

Die Ansicht, dass die Fragen der Naturwissenschaften eine abschließende Antwort finden, die dann eine vollends aufgeklärte Erde im Sinne der Dialektiker Horkheimer und Adorno mit allen unheiligen Folgen hinterlässt, wurde und wird genährt durch die Tatsache, dass sich in ihrem Rahmen Experimente durchführen lassen, mit denen die Natur direkt zu fragen ist, und diese dann auch antwortet. Wer sich den Naturwissenschaften verschreibt, betreibt Wahrheitsfindung unter der erschwerten Bedingung des Experiments, wie immer mal wieder zu lesen ist – was sicherlich auch zutrifft und für ihre praktische Anwendung dringend nötig ist.

Wer etwa wissen will, ob schwere Gegenstände schneller fallen als leichte, braucht nur zwei unterschiedlich massige Steine aus ausreichender Höhe fallen zu lassen, um dabei zu sehen, dass sie gleich schnell dem Boden zustreben – was den Beobachter sofort erstaunen und den Grund für diese letztlich doch merkwürdige Eigenschaft der schweren Dinge suchen lassen sollte. Aristoteles hat es mit seinem gesunden Menschenverstand ganz anders gesehen; in seinem Verständnis mussten schwere Gegenstände schneller als leichte fallen, was spontan einleuchtet. Deshalb dauerte es bis in die Tage von Galileo Galilei, ehe man den Irrtum des griechischen Philosophen bemerkte und neu nachdachte.

Und wer wissen will, was beim Verbrennen von Gegenständen passiert, kann ja erst einmal messen, wie viel sie wiegen, bevor sie vom Feuer erfasst werden. Er kann dann vergleichen, was sie als Asche auf die Waage bringen – nämlich mehr, was erneut erstaunen lassen sollte und vielleicht erste Zweifel an endgültigen Antworten allein durch die Hilfe von Messungen mit sich bringt.

Unabhängig davon unterscheidet das Experiment die naturwissenschaftliche Suche nach einer Erklärung der Welt tatsächlich von den entsprechenden philosophischen Mühen, und Optimisten weisen an dieser Stelle gerne auf den Vorgang des Spülens hin, den sie mit der Forschung vergleichen, wie es zuerst Niels Bohr getan

hat. Beim Geschirreinigen werden schmutzige Tassen und Teller in schmutziges Wasser getaucht und mit einem schmutzigen Lappen gerieben, um anschließend trotzdem sauber zu sein. Die Naturwissenschaften funktionieren wie das erwähnte Spülen, während die Philosophie offenbar meint, auf das Wasser – das Experiment – verzichten zu können, und so mit ihren Begriffen an den Phänomenen ewig weiter reibt, ohne den Dreck – das Unklare – jemals völlig loszuwerden. Was auch seinen Vorteil hat, nämlich den des andauernden Gesprächs, so wie man es von Sokrates her kennt.

Wie dem auch sei – die Naturwissenschaften wissen, wie man Fragen klar beantworten und aus dem Weg räumen kann, das ist die Überzeugung sowohl ihrer Kritiker als auch ihrer Befürworter und Anhänger. Doch so schön das klingt, so schlecht erweist sich diese Qualität für ihre kulturelle und intellektuelle Reputation. Denn, so Erich Kästner in seinem Gedicht »Sokrates zugeeignet«: »Es ist schon so: Die Fragen sind es,/ aus denen das was bleibt, entsteht./ Denk an die Frage jenes Kindes,/ ›Was tut der Wind, wenn er nicht weht?«

Mit anderen Worten: Zur abendländischen Kultur trägt eine Tätigkeit dann bei, wenn sie Fragen wie die Philosophie stellt und die Welt als eine Ansammlung von Geheimnissen zeigt, die Menschen anlocken. Als Kultur gilt eine Unternehmung in den Augen mancher Sozialphilosophen jedoch nicht mehr, wenn sie Antworten liefert, wie es den Naturwissenschaften gelingt, die sogar eine quantitative Komponente haben und dadurch technisch verwendbar werden. So entsteht eine durchrationalisierte und scheinbar entzauberte Welt, in der Radios, Autos und Telefone und viele andere nützliche Gegenstände für den Alltag funktionieren und von den Zeitgenossen massenhaft gedankenlos benutzt werden.

Dabei sind es in Wirklichkeit nicht zuletzt die Fragen von Naturforschern, die ewig offen bleiben, ihre eigene Geschichte entfalten, dabei stets tiefer reichen, wühlen und endlos weiter führen. Auf diese Weise tragen sie zu einer lebendigen Kultur bei, in der schließlich die Humanität möglich wird, die Menschen anstreben. Auf den folgenden Seiten sollen einige der großen Fragen aus dem Bereich der

Naturwissenschaften daraufhin abgeklopft werden. Es gilt zu lernen, was eingangs zitiert wurde, dass diese großen Fragen nämlich keine Lösung, sondern nur eine Geschichte haben, die sich ständig erneuert. Sie kann in einigen Fällen gut erzählt werden.

### Was ist die Schwerkraft?

Natürlich gibt es grundlegendere Fragen aus der Physik und über den Menschen, zum Beispiel: Was ist Licht? Was ist ein Atom? Was ist Leben? Was ist ein Gen? Und: Was ist Energie? Sie und andere kommen auf den folgenden Seiten zur Sprache, nachdem das bereits im Einleitungskapitel angesprochene und eher banal klingende Thema der Schwerkraft hoffentlich mit Überraschungen vorgeführt worden ist.

Auf der einen Seite ist völlig klar und bekannt, dass die Erde eine Kraft auf Gegenstände und Körper (auch Himmelskörper) ausübt – auf Äpfel, Steine, den Mond und die Menschen selbst zum Beispiel, wobei sich die Schwerkraft bei ihnen vor allem als lästig erweist, und zwar besonders dann, wenn man sich auf eine Waage stellt oder im Hochsprung versucht.

Nicht nur die Erde übt diese Schwerkraft aus. Dies vermag jede Masse, wie Isaac Newton im späten 17. Jahrhundert erkannt und beschrieben hat, was zu der merkwürdigen Einsicht führt, dass nicht nur die Erde die Menschen, sondern die Menschen auch die Erde anziehen – die sich allerdings davon nicht beeindruckt zeigt und ihren Bewohnern kaum entgegenkommt.

Trotz aller Klarheit über das gegenseitige Vermögen von Massen zeigte sich Newton aber keineswegs zufrieden mit seinen Antworten, gaben sie ihm doch vor allem Anlass, die Frage zu stellen, wie es die Erde schafft, etwa den Mond zu erreichen. Wie gelangt die Wirkung der Gravitation von der Oberfläche der Erde hin zur Oberfläche des Mondes? Und wie gelangt sie auf seine Rückseite und noch weiter in die Welt hinaus? Und wie weit ist sie zu spüren? Hört die Schwerkraft irgendwo auf, oder geht sie immer weiter?



Newton sah den leeren Raum zwischen der Erde und dem fallenden Apfel, um bei dem ursprünglichen Beispiel zu bleiben, und so stellte er sich die Schwerkraft als Fernwirkung vor, was ihm und seinen Zeitgenossen reichte. Newton hatte eine hübsche Gleichung aufstellen – erfinden – können, in der die Kraft, mit der sich zwei Massen gegenseitig anziehen, als etwas erfasst wurde, das unter anderem mit der Größe der Massen zunahm; was niemanden verwundern wird. Mit anderen Worten, die ich schon auf der Schule gelernt habe: Die Schwerkraft erweist sich als proportional zu den beteiligten Massen. Die dazugehörige Gravitationskonstante wurde zu meiner Zeit noch im Physikunterricht bestimmt. Der Zahlenwert kam zwar etwas falsch heraus, aber das zeigte nur, dass man wichtige Messungen sorgfältiger durchzuführen hatte, als die Penäler es unternommen hatten oder unternehmen konnten.

Die Schwerkraft war also berechenbar geworden und ließ sich genau vermessen, und das freie Fallen von Gegenständen musste damit als entzaubert gelten. Oder? Oder wollte da jemand mehr wissen und nicht mit dem Fragen aufhören?

Es war Newton selbst, der zwar von einer Fernwirkung der Schwerkraft gesprochen hatte, dem dabei aber etwas faul zu sein schien. Zwar kam man mit dem Grübeln zu seinen Lebzeiten nicht weiter, aber die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts brachte endlich Bewegung in die Frage, wie Kräfte über Entfernungen wirken, und zwar durch Untersuchungen von völlig anderen Phänomenen, nämlich denen, die als Elektrizität und Magnetismus bekannt sind.

Die entscheidende weiterführende Beobachtung lieferte der dänische Physiker Hans Christian Ørstedt um 1820, als er Folgendes bemerkte: Eine Magnethadel ändert ihre Orientierung, wenn in ihrer Nähe ein elektrischer Strom durch einen Leiter geschickt wird. Abgesehen davon, dass man sich an dieser Stelle die Frage stellen kann, *was* sich da in einem leitenden Draht *wie* bewegt, wenn ein Strom fließt, was ein Strom also ist, will man sofort wissen: Wie kommt die Wirkung auf die Nadel zustande? Wie kann sich die Elektrizität ohne direkten Kontakt und also unter Überbrückung einer Entfer-

nung von einem Draht auf einen Magneten auswirken und dort eine Kraft ausüben?

Die Antwort ist heute bekannt, und sie stammt von dem britischen Physiker Michael Faraday, der die kreative Idee hatte, das Konzept von Feldern in seine Wissenschaft einzuführen. Ein elektrischer Strom baut um sich ein elektrisches Feld auf, und ein Magnet reagiert auf ein magnetisches Feld, wie heute jeder weiß, der im Physikunterricht aufgepasst hat. Das Wort »Feld« kennt jeder, spätestens von einem Fußballfeld oder allgemein von einem Spielfeld her – oder wenn das berühmte Schlusswort aus Theodor Fontanes Roman *Effi Briest* zitiert wird, das der alte Briest spricht und »Das ist ein weites Feld« lautet. Das versteht man, was aber nicht bedeutet, dass jetzt ebenso klar ist, was Ørstedt beobachtet hat. Mit Faradays Feldern konnte man immerhin sagen, dass ein Strom ein elektrisches Feld aufbaut, wenn er eingeschaltet wird, und ein elektrisches Feld, das sich verändert, ein Magnetfeld hervorruft, das die Nadel erreicht und ihre Einstellung ändert.

Doch so einfach und schön die Idee mit einem Magnetfeld heute klingt, so schwer muss ihre Konzeption gewesen sein. Das kann man sich klarmachen, wenn man sich überlegt, dass hier etwas Unsichtbares eingeführt und benutzt wird, um etwas Sichtbares zu erklären. In den aufgeklärten Tagen von Newton machte man so etwas nicht. Es musste sich eine völlig neue Denkweise entwickeln, um sinnlich zugängliche Phänomene so deuten zu können, wie es Faraday dann gemacht hat, nämlich aus einem Dunkelreich heraus. Gemeint ist die kulturelle Phase der europäischen Geschichte, die als Romantik bekannt ist und in der man um 1800 lernte, dass das Sehen mit dem ersten (äußeren) Augenpaar (im Kopf) vom Sehen mit dem zweiten (inneren) Augenpaar (in der Seele) zu unterscheiden ist. In der Romantik entdeckten die Physiker mit dieser Vorgabe unter anderem unsichtbares Licht – ultraviolette und infrarote Strahlen –, und die Psychologen begannen, sich um das unbewusste Denken – etwa in Form von Träumen – zu kümmern. In diesen Tagen der Romantik kam Faraday auf den Gedanken der unsichtbaren Felder, die eine sichtbare Wirkung ausüben konnten.

Zurück zur Schwerkraft, für die seit der Romantik ein Gravitationsfeld zuständig ist: Die schrullige Idee einer Fernwirkung konnte jetzt endlich abgelöst werden durch die verständlicher klingende Idee einer Nahwirkung, die das Feld vermittelt.

Woraus besteht das Feld? So lautete sofort die nächste Frage, die natürlich auch für elektrische und magnetische Felder relevant war. Im wissenschaftlichen Jargon, den niemand verstehen wird, der nicht Physik studiert hat, lautet die Antwort, dass Felder aus Teilchen bestehen, das Schwerfeld der Erde etwa aus Gravitonen. Das mühsam zu verstehende Wechselspiel zwischen Feldern und Teilchen ist heute dadurch aktuell, dass der Nobelpreis für Physik 2013 an die Teilchenforscher Peter Higgs und François Englert ging, und zwar »für ihre theoretische Entdeckung eines Mechanismus, der zu unserem Verständnis des Ursprungs der Masse von subatomaren Partikeln beiträgt und der kürzlich durch die Entdeckung des durch die Theorie vorhergesagten Partikels durch die Experimente ATLAS und CMS am Large Hadron Collider des Genfer CERN bestätigt wurde«, wie es in der offiziellen Begründung hieß. Die geehrten Physiker haben in ihrer Forscherwirklichkeit tatsächlich ein Feld – das Higgs-Feld – ans Licht der Wissenschaft gezogen, das gemäß der allgemeinen Logik aus diesen Higgs-Teilchen bestehen soll (allerdings ist das ohne ein Studium der Physik nicht zu erfassen – und selbst dann nicht so ohne Weiteres).

Das verwirrende Hin-und-Her-Spiel zwischen Feld und Teilchen soll hier mit dem Hinweis abgebrochen werden, dass es schlicht unsinnig ist, in der Erklärung der Schwerkraft durch ein Gravitationsfeld eine Entzauberung der Dinge zu sehen. Die Sache wird nämlich noch geheimnisvoller, wenn man sie weiterverfolgt, und zwar durch Albert Einstein. Er konnte in den Jahren des Ersten Weltkriegs eine physikalische Beschreibung der Welt – des Universums – vorlegen, die unter Fachleuten als Allgemeine Relativitätstheorie bekannt ist und die 1919 triumphal bestätigt wurde (wenn man von unschönen Randerscheinungen absieht, von denen ich in meinem Buch *Die kosmische Hintertreppe* erzähle). Damals zeigten Experimente, dass sich Licht nur so lange gradlinig ausbreitet, so-

lange es nicht an einer Masse vorbeizieht, was die Schwerkraft ins Spiel bringt, um die es hier immer noch geht. Einsteins Theorie sagte voraus, dass Licht zum Beispiel von der Sonne abgelenkt wird, aber nicht dadurch, dass ihre Masse das Licht anzieht wie die Erde einen Apfel. Vielmehr übt die Sonne ihren (nachgewiesenen) Einfluss auf den Weg des Lichts dadurch aus, dass sie in ihrer Massivität die Geometrie des Raums verändert.

Während Newton und alle seine Nachfolger annahmen, überall im Universum sei die glatte und gradlinige Geometrie zu finden, die der Grieche Euklid vor ewigen Zeiten aufgeschrieben hatte und die in der Schule gelehrt und geprüft wird, stellte Einstein fest, dass der Raum vielmehr durch Massen gekrümmt werden kann; dass Linien in der Nähe der Sonne nicht mehr so gerade wie auf einem Blatt Papier verlaufen, sondern so verbogen wie auf der Oberfläche einer Kugel. Und dies bereitete die eigentliche Sensation vor: Sie bestand in Einsteins Einsicht, dass es diese besondere Geometrie der Welt ist, die zur Schwerkraft führt.

Wenn sich zwei Massen anziehen, kommt dies dadurch zustande, dass der Raum aktiv wird und sich so krümmt, dass ihre beiden Wege aufeinanderzugehen, weil die Geometrie sie auf diesen Weg zwingt. Wer sich dies anschaulich – und fast zu einfach – vorstellen möchte, soll an einen Globus denken, von dessen Nordpol aus zwei Kugeln loslaufen. Sie treffen am Südpol zusammen, und zwar deshalb, weil die Oberfläche (ihre Geometrie) so gekrümmt ist, dass ihnen kein anderer Weg bleibt. Zwar denkt ein ahnungsloser Beobachter am Südpol, die beiden Kugeln ziehen sich gegenseitig durch die Schwerkraft an, aber sie halten sich nur an die ihnen möglichen Wege, und sonst nichts.

### **Endlich und unbegrenzt**

Damit ist die Antwort auf die Frage, was die Schwerkraft ist, auf ihrer heutigen Stufe oder Tiefe angekommen. Sie lautet in aller Kürze, dass es sich um die Verzerrung der euklidischen Geometrie

der Raumzeit durch die Anwesenheit von Massen handelt. Wer nach diesen Worten immer noch meint, die Welt sei durch diese Erklärung entzaubert, der braucht sich an dieser Stelle keine Mühe mehr mit dem Weiterlesen zu geben, denn er »ist sozusagen tot und sein Auge ist erloschen«, wie Einstein es ausgedrückt hätte.

Das heißt, ein Versuch soll doch noch unternommen werden, die Leselust eventueller Betonköpfe zu wecken, und zwar durch die »Betrachtungen der Welt als Ganzes«, die Einstein in seinem erstmals 1916 erschienenen Buch *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie* angestellt hat. Im Rahmen des so überschriebenen Kapitels erörtert Einstein »Die Möglichkeit einer endlichen und doch nicht begrenzten Welt«, die sich durch die Erkenntnis ergibt, dass die Geometrie des Kosmos anders ist, als man früher gedacht hat. Sie ist nämlich nicht gradlinig, wie es Euklid in der Antike meinte, sondern gekrümmt, wie es sich der in der Öffentlichkeit leider unbekannt gebliebene deutsche Mathematiker Bernhard Riemann zum ersten Mal im 19. Jahrhundert vorgestellt hat.

Einstein führt in dem erwähnten Kapitel vor, wie mit der neuen Geometrie eine Welt denkbar und möglich wird, die zwar endlich ist – wie eine Kugeloberfläche –, die aber trotzdem keine Grenze kennt – ebenfalls wie eine Kugeloberfläche, auf der man beliebig lange umherschweifen kann, ohne an ein Ende zu treffen. Endlich und unbegrenzt zugleich – so ist sie, die Welt, in der Menschen leben, und dieser Gedanke kann nur verzaubern. Wer mit diesem Gedanken Mühe hat, der braucht sich nur zu überlegen, wovor Menschen sich fürchten. Sie fürchten sich ganz sicher davor, irgendwo auf unüberwindbare Grenzen zu stoßen und eingesperrt zu sein. Und sie haben ebenso sicher Angst vor einer unendlichen (und dann sinnlosen) Leere. Beide Sorgen konnte Einstein vertreiben. Seine Physik lässt eine Welt erkennen, die Menschen gefallen muss.

An dieser Stelle stellen sich sofort viele weitere Fragen. Was ist Masse? Was ist der Raum, der Menschen erlaubt, nebeneinander zu stehen? Was ist die Zeit, die es erlaubt, dass Dinge nacheinander geschehen? Seit einigen Jahrzehnten wird ernsthaft erörtert, dass Raum und Zeit ihre Existenz einem Urknall verdanken, was eine

seltene Vorstellung bleibt, gerade weil sie scheinbar so anschaulich ist. Besonders aktuell stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage nach der Herkunft der Masse, die momentan durch das erwähnte Higgs-Teilchen beantwortet wird, aber ganz selbstverständlich nur so, dass es nach jeder Antwort von neuen Fragen nur so wimmelt.

### **Hoppla, ein Higgs**

Es lohnt sich, etwas näher auf das Higgs-Teilchen und das dazugehörige Higgs-Feld einzugehen, auch weil darüber so etwas wie ein öffentlicher Streit ausgebrochen ist. Während die etablierte Physik feiert und mit dem Nobelpreis auszeichnet, was sie da zustande gebracht hat, bemühen sich skeptische Beobachter der Wissenschaftszene, das ganze Geschehen als »Higgs Fake« oder »Higgs-Schwindel« zu entlarven. Auch für Unbeteiligte bietet das Thema einiges, das nachdenklich macht.

Die theoretischen Ansätze, nach jenem Elementarteilchen zu suchen, das später nach dem schottischen Physiker Peter Higgs »Higgs-Boson« genannt werden sollte, wurden von mehreren Forschern erstmals in den 1960er Jahren entwickelt. 2012 haben sich diese Hypothesen, nach Einsatz gewaltiger finanzieller Mittel und unter Beteiligung eines ganzen Heeres von Wissenschaftlern, am Forschungszentrum CERN bei Genf als plausibel und funktionsfähig erwiesen – so sagen es jedenfalls die Verantwortlichen, ohne auf die vielen Fragezeichen hinzuweisen, die selbst oder gerade für Physiker bleiben. Die Marketingmaschine am CERN will nämlich nicht nur einen Triumph für die Wissenschaft, sondern auch für Europa reklamieren, denn immerhin haben die Amerikaner es vor Jahren aufgegeben, die für solche Experimente erforderlichen gigantischen Maschinen zu bauen. Zum einen, weil sie zu teuer sind, zum anderen, weil sie nicht zu Gott führen, wie man gegenüber einem US-Senator einräumen musste, der die Genehmigung weiterer Finanzmittel genau davon abhängig machte.

Doch hier soll es nicht um Politik gehen, sondern um die Naturwissenschaft, und die klingt zunächst einmal ganz einfach. Man hat gezeigt, dass es ein Teilchen – das Higgs-Teilchen – gibt, mit dessen Hilfe das von Peter Higgs eingeführte Feld existiert und seine Wirkung entfaltet. Man sollte sich hierbei nicht durch solch schlichte Begriffe wie »Teilchen« und »Feld« täuschen lassen – die anvisierte Physik bleibt trotzdem geheimnisvoll, wie man es auch dreht und wendet. Um wenigstens eine einigermaßen anschauliche Vorstellung davon zu geben, welche Funktionen dem Higgs-Feld zugeschrieben werden, hier eine kurze Erläuterung: Wenn sich andere Teilchen – Elektronen zum Beispiel – bewegen wollen, müssen sie es in diesem Higgs-Feld tun, das sie umfängt, abbremsst und träge werden lässt, so wie es Menschen passiert, die sich ihren Weg durch Wasser bahnen und nicht durch Luft. »Trägheit« ist das entscheidende Stichwort, denn damit wird die Eigenschaft beschrieben, die Massen auszeichnet. Peter Higgs selbst hat es so umschrieben, dass das Universum das Higgs-Feld als eine Art »Quantensirup« enthält. Dieser »Sirup« kann gewisse Teilchen bremsen und tritt mit ihnen in Wechselwirkung. Je stärker ein Partikel auf das Feld reagiert, desto mehr verhält es sich wie ein mit Masse ausgestattetes Teilchen. Zugleich versetzt es seinerseits das Higgs-Feld in Schwingungen, was sich wiederum in der Erzeugung von Higgs-Teilchen niederschlägt.

Nur ist das Higgs-Teilchen leider nicht so simpel, wie manche Medien es darstellen. Schon deshalb nicht, weil die Physiker stets von einem Higgs-Boson sprechen, was in den Medien nicht weiter kommentiert wird – außer mit dem Hinweis, dass es sich nicht um anschauliche Dinge handelt. In der subatomaren Welt gibt es tatsächlich keine Teilchen mit Eigenschaften, wie wir sie aus dem Alltag kennen. Bosonen sind zudem Gebilde, die keine Identität haben, sich deshalb nicht unterscheiden lassen und nur in der Mehrzahl auftreten. Und so steht die Behauptung, die Physiker hätten das (eine) Higgs-Teilchen gefunden, ohne jeden Sinn im Raum. »Ein großer Aufwand, schmählich, ist vertan«, wie es in Goethes *Faust* zum Ende hin heißt – mit »Aufwand« meine ich hier jedoch nicht die Experimente, sondern die Erklärungen, die alle rasch an ein Teilziel

kommen wollten, dabei aber das Geheimnis unterschlugen, das nach wie vor im Inneren der Materie steckt. Es bleibt ein Geheimnis der Physiker, wie sie dessen Entschlüsselung bewerkstelligen wollen.

### Was ist Licht?

Es ist eben ein unendliches Spiel, das mit den naturwissenschaftlichen Fragen in die Gänge kommt, von denen jetzt die nach der Natur des Lichtes gestellt werden soll. Der Übergang von der Schwerkraft zum Licht wird dabei zum einen durch das oben erwähnte Experiment von 1919 und zum anderen durch die daran beteiligte Person von Albert Einstein möglich. Zwar wird der aus Ulm stammende Physiker in der Öffentlichkeit bevorzugt als alter Herr mit seinen beiden Relativitätstheorien und der dazugehörigen Raumzeit in Verbindung gebracht, doch den Nobelpreis für Physik hat ein junger Einstein bekommen, und zwar nicht für seine Betrachtungen über die Welt als Ganzes oder seine Einsichten in die gekrümmte und verzerrte Geometrie des Universums. Den Nobelpreis erhielt Einstein für seinen bereits 1905 erfolgten und wahrlich merkwürdigen Beitrag zu der Frage, was Licht ist. Anzumerken ist hier, dass er höchstpersönlich in einem Brief an einen Freund davon sprach, er habe damit etwas derart Revolutionäres geleistet, dass ihm davon schwindlig geworden und ihm jeder Boden unter den wissenschaftlichen Füßen weggezogen worden sei.

Die Frage »Was ist Licht?« gehört natürlich zu dem, was Menschen interessiert, seit sie philosophieren und etwa über den Ursprung der Welt nachdenken. »Es werde Licht!«, lautet bekanntlich die erste Anweisung des Herrn, ohne dass man sagen könnte, was er da hat werden und machen lassen. Licht entstammt offenbar einem göttlichen Eingriff, und was immer dabei entstanden ist, entströmt später den Körpern, die man mit Augen sehen kann. Viele Philosophen und Autoren der Antike haben sich ihre Gedanken über das Licht gemacht, das bei ihnen *phos* heißt und sich nicht so leicht in andere Worte fassen lässt. Für Aristoteles stellt Licht zum Beispiel



den Zustand des Durchsichtigen dar, der sich aus der Anwesenheit von Feuer oder eines anderen leuchtenden Körpers ergibt. Es wird im 21. Jahrhundert jedoch Zeitgenossen geben, die mit dieser Festlegung – Licht als Verwirklichung des Durchsichtigen – ebenso wenig anfangen können wie mit Platons Ausführungen, der die Wahrnehmung von Licht mit einer Dreiteilung erklärt: Das »Licht der inneren Hitze, das durch die Augen hinausdrängt«, sei die Hauptursache dafür, dass wir Licht überhaupt sehen können. Davon unterscheidet er das »unserem eigenen Licht verwandte äußere Licht«, das »wirkt und unterstützt«, und das »von den sichtbaren Körpern ausströmende Licht, Feuerschein und Farbe«.

Es ist offensichtlich, dass die moderne Physik und die mit ihr aufgewachsenen Menschen mit diesen Sätzen und auch den zahlreichen Theorien über »Auge und Licht im Mittelalter«, die der amerikanische Historiker David C. Lindberg in seinem gleichnamigen Buch zusammengestellt hat, nicht viel anfangen können. Die heute akzeptierten Antworten auf die Frage nach der Natur des Lichts beginnen – wie beim Thema Schwerkraft – mit den Arbeiten von Isaac Newton, der zu Beginn des 18. Jahrhunderts seine *Optik* verfasst hat und darin unter anderem den Weg von Lichtstrahlen durch ein Prisma beschreibt. Wenn weißes Sonnenlicht auf ein Prisma fällt, wird es in seine farbigen Komponenten zerlegt. Sie werden als Spektrum sichtbar, das von Rot über Gelb und Grün zu Blau und Violett reicht. Newton zeigte zum einen, dass sich diese bunten Anteile des Lichts nicht weiter zerlegen ließen, und er meinte zum anderen, sie auf Partikel zurückführen zu können, die in ihrer Fülle dann den Lichtstrom ausmachten, von dem schon die antiken Autoren gesprochen hatten.

So sehr Newtons Autorität geachtet wurde – es konnte nicht übersehen werden, dass die Idee von Lichtteilchen Mühe hatte, vielfach beobachtbare Phänomene zu erklären, die als Lichtbeugung bezeichnet werden und die auftraten, wenn seine Strahlen durch ein kleines Loch oder an einem Hindernis vorbei geleitet wurden oder gar ein Gitter zu durchqueren hatten. Dabei traten eine Menge farbiger Effekte in Erscheinung, die im Verlauf des 18. Jahrhunderts den

