

Unverkäufliche Leseprobe

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.



Warum bekommen Enten keine kalten Füße? – Physikalische Alltagsphänomene genial und spannend erklärt

Ob Wärmelehre, Schwerkraft oder Beschleunigung, unser Alltag wird von physikalischen Gesetzmäßigkeiten bestimmt: Was haben Skorpione und Textmarker gemeinsam? Was hat ein Toaster mit dem Universum zu tun? Wieso dreht sich ein hartes Ei schneller als ein weiches? Wie macht man aus billiger Limonade und Rosinen eine Lavalampe? Wie funktioniert eigentlich ein Fahrstuhl? Und kennen Sie den Kaffeerandeffekt?

Mit viel Humor und für jeden verständlich erklärt die legendäre Physikerin Helen Czerski, wie und warum die Welt um uns herum eigentlich funktioniert.

Physik, die Spaß und schlauer macht!

Helen Czerski, Jahrgang 1978, ist eine britische Physikerin und Ozeanographin. Ihre BBC-Dokumentationen und Zeitschriftenartikel, in denen sie Wetterphänomene, Wellengänge und Klimaveränderungen verständlich erklärt, sind legendär. Zudem unterrichtet sie am University College in London, der Stadt, in der sie auch lebt.

Weitere Informationen finden Sie auf www.fischerverlage.de

Helen Czerski

Mir fällt Einstein vom Herzen

Die Welt verstehen.

Physik für alle

Aus dem Englischen
von Elisabeth Schmalen

FISCHER Taschenbuch



Erschienen bei FISCHER Taschenbuch
Frankfurt am Main, Dezember 2017

Die englische Originalausgabe erschien 2016
unter dem Titel »Storm in a Teacup. The Physics
of Everyday Life« bei Bantam Press, an Imprint
of Transworld Publishers
© Helen Czerski 2016

Für die deutschsprachige Ausgabe:
© 2017 S. Fischer Verlag GmbH,
Hedderichstr. 114, D-60596 Frankfurt am Main

Satz: Pinkuin Satz und Datentechnik, Berlin
Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck
Printed in Germany
ISBN 978-3-596-03529-8

Inhalt

Einleitung	11
1 Popcorn und Raketen – Die Gasgesetze	24
2 Auf und ab – Schwerkraft	58
3 Klein, aber fein – Oberflächenspannung und Viskosität	92
4 Eine Frage der Zeit – Der Marsch zum Gleichgewicht	127
5 Kleine Wellenkunde – Von Wasser zu WLAN	162
6 Warum bekommen Enten keine kalten Füße? – Tanz der Atome	204
7 Stiefel, Sputnik und Spiralen – Drehimpulse	241
8 Gegensätze ziehen sich an – Elektromagnetismus ...	278
9 Alles im Blick	328
Literaturverzeichnis	357
Dank	369
Register	372

Einleitung

Wir leben am äußersten Rand des Planeten Erde, am Übergang zwischen ihm und dem Rest des Universums. In klaren Nächten können wir Abertausende leuchtende Sterne bewundern, vertraut und beständig, einzigartige Orientierungspunkte für unsere Position im Kosmos. Jede menschliche Zivilisation hat die Sterne betrachtet, doch niemand hat sie je berührt. Unser Leben auf der Erde ist das Gegenteil: Chaotisch, unstet, ständig neu, und es wimmelt von Dingen, die wir jeden Tag in den Händen halten und benutzen. Darauf müssen wir den Blick richten, wenn wir die Funktionsweise des Universums verstehen möchten. Die Welt um uns herum ist erstaunlich abwechslungsreich, eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten und verschiedene Kombinationen immer gleicher Atome bringen ganz unterschiedliche Ergebnisse hervor. Doch diese Vielfalt ist nicht beliebig. Unsere Welt ist von Mustern geprägt.

Wenn Sie Milch in Ihren Tee geben und umrühren, sehen Sie einen Strudel, eine Spirale von zwei Flüssigkeiten, die einander getrennt umkreisen. In der Tasse existiert diese Spirale nur wenige Sekunden, bevor sich die Flüssigkeiten vollständig vermischen. Doch diese Zeitspanne reicht, um sie wahrzunehmen, sie erinnert uns daran, dass Flüssigkeiten beim Zusammenfließen wunderschöne Muster bilden, statt direkt ineinander aufzugehen. Das gleiche Muster findet sich auch an anderen Stellen, aus dem gleichen Grund. Wenn man die Erde vom Weltraum aus betrachtet, sieht man solche Verwirbelungen oft in den Wolken, dort, wo warme und kalte Luft einander umtanzen, bevor sie sich vermischen. Solche Wirbel

schieben sich regelmäßig von Westen über den Atlantik auf Großbritannien zu und erzeugen so unser notorisch unbeständiges Wetter. Sie entstehen an der Grenze zwischen kalter Polarluft im Norden und warmer tropischer Luft im Süden. Die kalte und warme Luft jagen einander im Kreis, wie man auf Satellitenbildern klar erkennen kann. Wir kennen diese Verwirbelungen als Tiefdruckgebiete oder Zyklonen, deren Ausläufer uns abrupte Wechsel zwischen Wind, Regen und Sonnenschein bescheren.

Ein solcher rotierender Sturm scheint wenig mit einer umgerührten Tasse Tee zu tun zu haben, doch die Ähnlichkeit der Muster ist kein Zufall. Sie weist auf etwas Grundlegenderes hin, eine systematische Struktur, die über Generationen hinweg von Menschen erforscht und in präzisen Experimenten überprüft wurde. Dieser Prozess – das kontinuierliche Erforschen und Überprüfen von vorhandenem Wissen sowie das Ergründen und Verstehen von neuen Zuständen – nennt sich Wissenschaft.

Manchmal ist es ganz leicht, ein Muster an verschiedenen Stellen zu entdecken. Doch gelegentlich liegt die Verbindung tiefer; dann ist es umso befriedigender, sie zu finden. Ein Beispiel: Es ist schwer vorstellbar, dass Skorpione und Radfahrer viel gemeinsam haben. Doch beide setzen auf den gleichen naturwissenschaftlichen Trick, um zu überleben, wenn auch auf entgegengesetzte Weise.

Eine mondlose Nacht in der nordamerikanischen Wüste ist eine kalte und stille Erfahrung. Es scheint nahezu unmöglich, hier draußen irgendetwas zu finden, da der Boden nur vom schwachen Licht der Sterne beleuchtet wird. Doch wer etwas ganz Besonderes sehen will, schnappt sich eine Spezialtaschenlampe und marschiert in die Dunkelheit hinaus. Die Taschenlampe muss in der Lage sein, für uns nicht wahrnehmbares Licht auszusenden: ultraviolettes Licht, auch »Schwarzlicht«

genannt. Wenn ihr Strahl über den Boden gleitet, erkennt man nicht, worauf er gerichtet ist, da das Licht unsichtbar ist. Doch plötzlich blitzt etwas auf, und die Finsternis der Wüste wird durch einen überrascht umherkrabbelnden, seltsam blaugrün gefärbten Fleck durchbrochen. Ein Skorpion.

So suchen Enthusiasten nach Skorpionen. Der Panzer dieser schwarzen Arachniden enthält Pigmente, die das für uns unsichtbare ultraviolette Licht absorbieren und für uns sichtbares Licht abstrahlen. Das ist clever eingerichtet, auch wenn sich die Begeisterung aller, die Angst vor Skorpionen haben, vielleicht in Grenzen hält. Dieser Lichttrick trägt die Bezeichnung »Fluoreszenz«, und das blaugrüne Leuchten der Skorpione ist wohl eine Anpassung, die ihnen hilft, in der Abenddämmerung die besten Verstecke zu finden. Ultraviolette Strahlung umgibt uns immer, doch in der Dämmerung, wenn die Sonne gerade hinter dem Horizont abgetaucht ist, ist ein Großteil des sichtbaren Lichts verschwunden und nur das ultraviolette noch da. Jeder Skorpion, der sich nun im Freien aufhält, leuchtet und kann leicht entdeckt werden, weil es um ihn herum kaum blaues oder grünes Licht gibt. Wenn er nur ein kleines bisschen ungeschützt ist, bemerkt er sein eigenes Leuchten und erkennt daran, dass er sich besser verstecken muss. Es ist ein elegantes und effektives Warnsystem – zumindest war es das, bis die Menschen mit den Schwarzlicht-Taschenlampen auftauchten.

Glück für Arachnophobiker: Man muss nicht unbedingt nachts durch eine Wüste mit Skorpionen laufen, um etwas Fluoreszierendes zu sehen – auch an einem trüben Morgen in der Stadt ist es weit verbreitet. Schauen Sie sich die sicherheitsbewussten Radfahrer einmal genau an: Ihre Signalwesten erscheinen im Vergleich zur Umgebung auffällig farbenkräftig. Es sieht aus, als leuchteten sie – und das tun sie auch. An bewölkten Tagen blockieren die Wolken das sichtbare

Licht, doch die ultravioletten Strahlen dringen trotzdem durch. Die Pigmente in der Signalkleidung nehmen sie auf und geben sichtbares Licht ab. Es ist das gleiche Verfahren wie bei den Skorpionen, doch aus dem entgegengesetzten Grund. Die Radfahrer *wollen* leuchten, dank dieses zusätzlichen Lichts sind sie leichter zu sehen und somit geschützter. Für Menschen ist diese Art der Fluoreszenz ein toller Tausch: Mit dem ultravioletten Licht verlieren wir etwas, das wir ohnehin nicht sehen, und gewinnen dafür etwas, das wir nutzen können.

Dieser Vorgang ist an sich schon faszinierend genug, doch besonders toll finde ich, dass eine physikalische Erkenntnis wie diese nicht nur grundsätzlich interessant ist, sondern auch an vielen Stellen als Werkzeug eingesetzt werden kann. In diesem Fall schützt das gleiche physikalische Prinzip Skorpione und Radfahrer. Außerdem sorgt es dafür, dass Tonic Water im Schwarzlicht aufleuchtet, weil das enthaltene Chinin fluoresziert. Und auch Textmarker und optische Aufheller in Waschmitteln funktionieren auf diese Weise. Wenn Sie das nächste Mal eine angestrichene Passage sehen, denken Sie daran, dass die Textmarkerfarbe auch als Indikator für ultraviolette Strahlung dient; obwohl man sie nicht sehen kann, verrät das Leuchten der Farbe, dass sie da ist.

Ich habe Physik studiert, da in diesem Fach Dinge erklärt werden, die mich interessieren. Die Physik gestattet mir einen Blick auf die Mechanismen, die unserem Alltag zugrunde liegen. Und das Beste ist: Ich kann einige von ihnen selbst erforschen. Auch heute, da ich hauptberufliche Physikerin bin, entspringen die meisten meiner Erkenntnisse nicht langen Laboraufenthalten, komplizierten Softwareprogrammen und teuren Experimenten. Die befriedigendsten Entdeckungen finden statt, wenn ich zufällig mit irgendetwas herumspiele und eigentlich gar nicht aktiv forsche. Wer ein paar Grund-

lagen der Physik kennt, für den ist die Welt eine Spielzeugkiste.

Oft werden die wissenschaftlichen Vorgänge, die sich in der Küche, im Garten oder auf der Straße beobachten lassen, ein bisschen herablassend betrachtet, als handle es sich um Kinderkram, triviale Ablenkungen, die den Kleinen viel bedeuten, für Erwachsene jedoch im Grunde nutzlos sind. Erwachsene kaufen sich lieber Bücher über den Aufbau des Universums; das ist ein angemessenes Thema für sie. Doch diese Einstellung missachtet eine sehr wichtige Tatsache: Überall wirken die gleichen physikalischen Gesetze. Jeder Toaster kann uns einige Grundgesetze der Physik nahebringen, und der Vorteil an einem Toaster ist, dass die meisten Leute einen zu Hause stehen haben und selbst untersuchen können, wie er funktioniert. Physik ist so spannend, gerade weil überall die gleichen Muster zu entdecken sind – sowohl in der Küche als auch in den entlegensten Teilen des Universums. Der Vorteil daran, sich zunächst den Toaster vorzunehmen, ist, dass man hinterher weiß, warum das Brot darin geröstet wird, auch wenn sich die Frage nach der Temperatur des Universums nie stellt. Sobald wir mit einem Muster vertraut sind, fällt es uns auch an anderen Stellen auf, sogar bei den beeindruckendsten Errungenschaften der Menschheit. Das Verständnis alltäglicher wissenschaftlicher Vorgänge verschafft uns ein Hintergrundwissen über die Welt, das jeder Bürger braucht, um voll und ganz am gesellschaftlichen Leben teilhaben zu können.

Haben Sie jemals ein rohes von einem gekochten Ei unterscheiden müssen, ohne die Schale zu knacken? Es gibt einen einfachen Trick. Legen Sie das Ei auf eine glatte, harte Oberfläche und drehen Sie es im Kreis. Legen Sie nach wenigen Sekunden kurz einen Finger auf die Schale, so dass die Drehung gestoppt wird. Nun liegt das Ei unbewegt da. Doch nach ein oder zwei Sekunden nimmt es möglicherweise wieder

Schwung auf. Von außen betrachtet sehen rohe und gekochte Eier gleich aus, doch ihr Inneres unterscheidet sich – und das ist die Erklärung dieses Tricks. Wenn Sie ein gekochtes Ei stoppen, bremsen Sie damit einen kompletten Festkörper. Doch wenn Sie ein rohes Ei anhalten, wirkt sich das nur auf die Schale aus. Die Flüssigkeit im Inneren dreht sich weiter und zieht die Schale nach ein oder zwei Sekunden wieder mit sich, so dass das Ei erneut zu kreisen beginnt. Wenn Sie mir nicht glauben, nehmen Sie ein Ei und probieren Sie es aus. Dahinter steckt das physikalische Prinzip, dass Objekte eine Bewegung grundsätzlich fortführen, wenn nichts auf sie einwirkt. In diesem Fall bleibt das Eiweiß in Bewegung, weil es keinen Anlass für eine Veränderung gibt. Das nennt sich *Drehimpulserhaltung* und gilt nicht nur für Eier.

Das Hubble-Weltraumteleskop, das seit 1990 seine Runden um unseren Planeten dreht, hat viele Tausend spektakuläre Fotos des Kosmos gemacht. Ihm verdanken wir Bilder vom Mars, der Uranusringe, der ältesten Sterne der Milchstraße, einer Galaxie mit dem wundervollen Namen Sombregalaxie, und des gigantischen Krebsnebels. Doch wie hält ein frei durchs All schwebender Gegenstand eigentlich die Position, wenn er auf solche winzigen Lichtpunkte gerichtet ist? Woher weiß man genau, in welche Richtung man gerade schaut? Das Hubble-Teleskop verfügt über sechs Gyroskope, von denen sich jedes 19 200 Mal pro Sekunde um die eigene Achse dreht. Aufgrund der Drehimpulserhaltung werden sich diese Rädchen immer gleich schnell weiterdrehen, da nichts da ist, was sie bremst. Und an der Ausrichtung der Drehachse wird sich ohne triftigen Grund ebenfalls nichts ändern. Diese Gyroskope geben dem Teleskop eine Referenzrichtung vor, so dass das optische System so lange wie nötig auf ein entferntes Objekt gerichtet werden kann. Das physikalische Gesetz, auf dem die Lageregelung eines der komplexesten Instrumente

unserer Zivilisation basiert, lässt sich anhand eines Eies in der Küche demonstrieren.

Deshalb finde ich Physik so wunderbar. Alles, was man lernt, erweist sich auch an anderer Stelle als nützlich, und es ist ein einziges großes Abenteuer, weil man nie weiß, wohin die Reise als Nächstes führt. Soweit wir wissen, gelten die physikalischen Gesetze, die wir hier auf der Erde beobachten können, im gesamten Universum. Viele der entscheidenden Vorgänge im Kosmos sind für jeden erforschbar. Sie können sie selbst überprüfen. Aus einem Experiment mit einem Ei schlüpft ein Prinzip, das überall Anwendung findet. Wenn Sie mit diesem Küken in der Hand vor die Tür gehen, sieht die Welt plötzlich anders aus.

In der Vergangenheit haben wir solche Erkenntnisse mehr zu schätzen gewusst. Früher war jeder Krume Wissen hart erarbeitet und wertvoll. Heutzutage leben wir an der Küste eines ganzen Ozeans an Informationen, aus dem sich regelmäßig Tsunamis erheben und uns zu überrollen drohen. Wenn Sie mit Ihrem Leben so zurechtkommen, wie es ist, warum sollten Sie dann nach mehr Wissen und damit nach weiteren Komplikationen streben? Das Hubble-Weltraumteleskop ist ja eine nette Sache, doch bringt es uns irgendetwas, solange es seine Linsen nicht hin und wieder auf die Erde richtet und uns zeigt, wo wir den Schlüssel hingelegt haben, wenn wir zu spät dran sind?

Menschen sind wissbegierige Wesen, und es macht uns Spaß, unsere Neugier zu befriedigen. Noch erfüllender ist es, wenn man selbst herausfindet, wie etwas funktioniert, oder gemeinsam mit anderen auf Entdeckungsreise geht. Und die physikalischen Prinzipien, die Sie spielerisch entdecken können, sind darüber hinaus maßgeblich für neue Verfahren der Medizintechnik, für das Wetter, Mobiltelefone, selbstreinigende Kleidung und Kernfusionsreaktoren. Das moderne

Leben steckt voller komplexer Entscheidungen: Lohnt es sich, die teurere Energiesparlampe zu kaufen? Ist es unbedenklich, mit dem Handy neben dem Bett zu schlafen? Kann ich mich auf den Wetterbericht verlassen? Was nützen mir polarisierende Sonnenbrillengläser? Die Grundprinzipien allein verhelfen uns oft noch nicht zu konkreten Antworten, doch sie liefern uns den Kontext, um die richtigen Fragen zu stellen. Und wenn wir daran gewöhnt sind, den Dingen selbst auf den Grund zu gehen, fühlen wir uns nicht so hilflos, wenn sich eine Antwort nicht auf den ersten Blick erschließt. Wir wissen dann, dass wir mit ein bisschen Nachdenken Licht ins Dunkel bringen können. Kritisches Denken ist unerlässlich, um die Welt zu verstehen, vor allem in Zeiten, in denen Werbetreibende und Politiker uns lauthals erklären, sie wüssten es am besten. Wir müssen in der Lage sein, uns mit den Fragen auseinanderzusetzen und zu entscheiden, ob wir den Schreihälsen zustimmen. Und dabei geht es um mehr als nur um unser Alltagsleben. Wir sind für unsere Zivilisation verantwortlich. Wir wählen, wir entscheiden, was wir kaufen und wie wir leben – wir alle tragen dazu bei, wohin die Reise der Menschheit führt. Niemand kann jedes Detail unserer komplexen Welt durchdringen, doch die Grundprinzipien sind tolle Werkzeuge, die sich als nützliches Gepäck erweisen können.

Deshalb halte ich das Herumspielen mit den physikalischen Spielzeugen in unserer Umgebung für mehr als nur »Spaß«, auch wenn ich ein großer Freund von Vergnügen um seiner selbst willen bin. In der Wissenschaft geht es nicht nur darum, Fakten zu sammeln; sie ist ein logischer Prozess, um Dingen auf den Grund zu gehen. Das Entscheidende ist, dass sich jeder die Daten anschauen und zu einer begründeten Schlussfolgerung gelangen kann. Anfangs weichen diese Schlüsse vielleicht noch voneinander ab, doch wenn man mehr Daten zusammenträgt, kristallisiert sich schließlich eine

Beschreibung der Welt als die richtige heraus. Das ist es, was die Naturwissenschaften von anderen Fachrichtungen unterscheidet – hier muss eine Hypothese konkrete, nachprüfbar Vorhersagen machen. Das bedeutet: Wenn man eine Idee hat, wie etwas funktioniert, überlegt man als Nächstes, welche Auswirkungen das hätte. Besonders interessant sind dabei Auswirkungen, die überprüfbar sind, vor allem solche, die sich widerlegen lassen. Wenn eine Hypothese jeden Test besteht, der uns einfällt, gehen wir vorsichtig davon aus, dass dies wahrscheinlich ein gutes Modell dafür ist, wie etwas abläuft. Die Naturwissenschaft versucht ständig, sich selbst zu widerlegen, da das der schnellste Weg ist, um herauszufinden, was eigentlich los ist.

Man muss kein professioneller Forscher sein, um zu experimentieren. Die Kenntnis einiger grundlegender Prinzipien ermöglicht jedem, eine Menge herauszufinden. Manchmal ist dafür nicht einmal eine strukturierte Vorgehensweise nötig – die Puzzleteile schieben sich fast von selbst auf ihren Platz.

Eine meiner Lieblingsentdeckungen begann mit einer Enttäuschung: Ich wollte Blaubeermarmelade machen, doch sie wurde rot. Magentarot. Das ereignete sich vor ein paar Jahren, als ich in Rhode Island lebte und gerade die letzten Vorbereitungen für meine Rückkehr nach Großbritannien traf. Das meiste hatte ich erledigt, doch ein Projekt wollte ich unbedingt noch vor der Abreise in Angriff nehmen. Ich hatte immer schon gern Blaubeeren gemocht – diese leicht exotischen, köstlichen und wunderbar und skurril blauen Früchte. An den meisten Orten, an denen ich gewohnt hatte, kamen sie nur in frustrierend geringer Menge vor, doch in Rhode Island wuchsen sie überall. Ich wollte einen Teil dieser sommerlichen Fülle zu blauer Marmelade verarbeiten und nach Großbritannien mitnehmen. Also verbrachte ich einen meiner letzten Vormittage damit, Blaubeeren zu pflücken.

Das Aufregendste an Blaubeermarmelade ist sicherlich ihre blaue Farbe. Dachte ich jedenfalls. Doch die Natur machte mir einen Strich durch die Rechnung. Die im Topf blubbernde Masse war vieles, aber nicht blau. Ich füllte die Marmelade in Gläser, und sie war wirklich lecker. Doch die Enttäuschung und Verwirrung verfolgten mich und meine rote Marmelade bis nach England.

Sechs Monate später bat mich ein Freund, ihm bei der Lösung eines historischen Rätsels zu helfen. Er arbeitete gerade an einer Fernsehsendung über Hexen und sagte, es gebe Aufzeichnungen über »weise Frauen«, die Eisenkraut-Blütenblätter ausgekocht und die entstehende Flüssigkeit auf die Haut anderer Leute aufgetragen hätten, um so zu ermitteln, ob sie verhext worden waren. Der Freund fragte sich, ob sie auf diesem Weg vielleicht tatsächlich etwas gemessen haben konnten, wenn auch unbeabsichtigt. Ich forschte nach und fand heraus, dass das durchaus möglich war.

Die violetten Blüten des Eisenkrauts enthalten, wie Rotkohl, Blutorangen und viele andere rote und violette Pflanzen, Farbstoffe namens Anthocyane. Dieser chemischen Verbindung verdanken die Pflanzen ihre leuchtende Färbung. Sie kommt in unterschiedlichen Formen vor, daher variiert die Farbe ein wenig, doch die Molekülstruktur ist immer ähnlich. Doch das ist noch nicht alles. Die Farbe hängt zudem vom Säuregehalt der Flüssigkeit ab, in der das Molekül gelöst ist – dem sogenannten pH-Wert. Wird die Umgebung saurer oder basischer, verändert das Molekül geringfügig seine Form und damit auch die Farbe. Anthocyane sind also chemische Indikatoren und funktionieren wie ein natürlicher Lackmустest.

Auf der Basis dieses Wissens lassen sich in der Küche viele lustige Dinge veranstalten. Man muss die Pflanze auskochen, um den Farbstoff zu gewinnen – kochen Sie daher ein Blatt

Rotkohl in Wasser und bewahren Sie diesen Sud (der nun violett gefärbt ist) auf. Geben Sie etwas Essig hinein, und er wird rot. Etwas Waschpulver (eine starke Lauge) färbt ihn gelb oder grün. So können Sie nur mit dem, was sich in der Küche findet, Wasser in allen Regenbogenfarben erzeugen. Das weiß ich, weil ich es selbst ausprobiert habe. Es war eine tolle Entdeckung, denn Anthocyane sind überall und für jeden zugänglich. Ganz ohne Chemiekasten!

Möglicherweise haben die weisen Frauen mit den Eisenkrautblüten also den pH-Wert überprüft, nicht, ob jemand verhext wurde. Der pH-Wert der Haut schwankt von Natur aus, was die unterschiedliche Färbung der Eisenkrauttinktur auf der Haut erklären könnte. Ich habe es geschafft, das Rotkohlwasser von violett zu blau umschlagen zu lassen, als ich verschwitzt von einer Joggingrunde zurückkam, doch es veränderte sich nicht, wenn ich vorher keinen Sport getrieben hatte. Vielleicht bemerkten die weisen Frauen, dass die Farbstoffmoleküle sich bei verschiedenen Menschen unterschiedlich verhielten, und zogen daraus ihre eigenen Schlüsse. Sicher werden wir es nie wissen, doch es erscheint mir plausibel.

So viel zur Geschichte. Und da fielen mir die Blaubeeren und die Marmelade wieder ein. Blaubeeren sind blau, weil sie Anthocyane enthalten. Marmelade besteht nur aus vier Zutaten: Früchten, Zucker, Wasser und Zitronensaft. Der Zitronensaft trägt dazu bei, dass das natürlich in den Früchten vorkommende Pektin die Marmelade eindickt. Das funktioniert, weil er ... Säure enthält. Meine Blaubeermarmelade war rot, weil die eingekochten Blaubeeren wie ein den ganzen Topf füllender Lackmüstest wirkten. Die Masse musste rot sein, damit die Marmelade richtig eindicken konnte. Die Freude über diese Erkenntnis machte fast die Enttäuschung wett, keine blaue Marmelade gekocht zu haben. Fast. Doch die Entdeckung, dass eine einzelne Frucht einen ganzen Re-

genbogen von Farben hervorbringen kann, ist so kostbar, dass sie dieses Opfer wert ist.

In diesem Buch geht es um die Verbindung zwischen den kleinen Dingen des Alltags und der großen Welt, in der wir leben. Es ist ein wilder Ritt durch die Physik, der zeigt, wie das Herumspielen mit Popcorn, Kaffeeflecken und Kühlschrankmagneten uns Aufschluss über Scotts Expeditionen, medizinische Tests und Lösungsansätze für unseren zukünftigen Energiebedarf geben kann. Die Naturwissenschaft dreht sich nicht um »die anderen«, sondern um »uns«, und wir alle können dieses Abenteuer auf unsere Art angehen. Jedes Kapitel beginnt mit einer alltäglichen Erfahrung, etwas, das wir schon oft gesehen, über das wir aber vielleicht noch nie nachgedacht haben. Am Ende jedes Kapitels erkennen wir, dass dieselben Muster einige der bedeutendsten naturwissenschaftlichen und technischen Phänomene unserer Zeit erklären. Jede Untersuchung für sich ist lohnenswert, doch der wahre Gewinn zeigt sich erst, wenn sich die Einzelteile zu einem Ganzen zusammenfügen.

Und es hat noch einen weiteren Vorteil, die Funktionsweise der Welt zu verstehen, auch wenn Wissenschaftler nur selten darüber sprechen. Zu wissen, was die Welt zusammenhält, sorgt für einen Perspektivwechsel. Die Welt ist ein Mosaik aus physikalischen Mustern, und sobald Sie die Grundlagen verstanden haben, werden Sie erkennen, wie diese Muster zusammenspielen. Ich hoffe, dass die naturwissenschaftliche Saat, die in jedem Kapitel ausgestreut wird, sprießt und wächst, während Sie dieses Buch lesen, bis Sie eine ganz andere Welt vor sich sehen. Das letzte Kapitel setzt sich damit auseinander, wie die Muster ineinandergreifen und so die drei Systeme bilden, die für uns lebenswichtig sind – den menschlichen Körper, unseren Planeten und unsere Zivilisation. Doch Sie müssen sich meiner Sichtweise nicht anschließen.

Das Wesen der Naturwissenschaft besteht darin, eigenständig Experimente durchzuführen, alle verfügbaren Informationen zu berücksichtigen und dann eigene Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die Teetasse ist nur der Anfang.