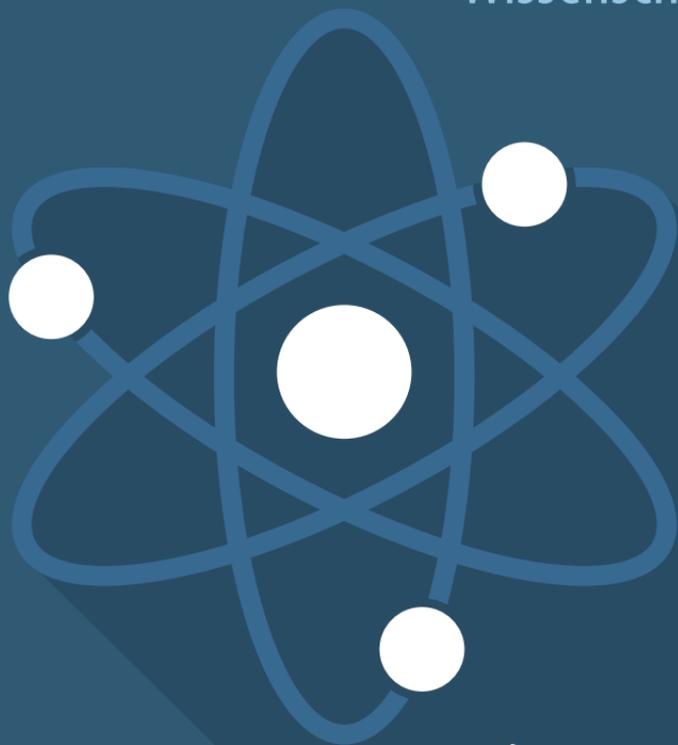


Chad Orzel

Das Heureka- Prinzip

Entdecke den
Wissenschaftler
in dir



 Springer

Das Heureka-Prinzip

Chad Orzel

Das Heureka-Prinzip

Entdecke den Wissenschaftler in dir

Aus dem Amerikanischen übersetzt von
Sebastian Vogel

 Springer

Chad Orzel
Department of Physics and
Astronomy Science and
Engineering Center
Union College
Schenectady, NY, USA

Die Übersetzung der amerikanischen Ausgabe: EUREKA – Discovering Your Inner Scientist von Chad Orzel, erschienen bei Basic Books 2014, Copyright © 2014 by Chad Orzel. Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-662-48231-5 ISBN 978-3-662-48232-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-48232-2

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Frank Wigger

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Germany

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Einleitung: Entdecke den Wissenschaftler in dir

Ich weiß noch, wie ich zum ersten Mal mit einem iPad nach Hause kam: Ich hatte es noch nicht fertig ausgepackt, da hatte meine dreijährige Tochter es bereits erspäht und gab bekannt: „Ich will Angry Birds spielen!“ Der Gedanke, dass die Werbung für das Spiel bereits die Gruppe der Vorschulkinder erreicht hatte, verwirrte mich ein wenig, aber besonders unglücklich war ich nicht. Immerhin ist Angry Birds ein großartiges Mittel, um etwas über Wissenschaft zu erfahren.

Damit meine ich nicht, dass man das Spiel nutzen kann, um die physikalischen Gesetze zu untersuchen, nach denen Vögel aus einer Schleuder abgeschossen werden, sondern mir geht es um den *Ablauf* des Spiels: Um bei Angry Birds Erfolg zu haben, muss man wie ein

VI Einleitung: Entdecke den Wissenschaftler in dir

Wissenschaftler denken. Wenn man mit einem neuen Level konfrontiert wird, muss man sich die Anordnung der Schweine, der Blockaden und anderer Elemente genau ansehen und herausfinden, was man zu erreichen hat. Dann entwickelt man ein mentales Modell für die Ereignisse, die ablaufen werden, wenn man Vögel abschießt: „Wenn ich diesen Block mit dem gelben Vogel treffe, lässt er jenen Block auf die Schweine kippen, und dieser Turm bricht zusammen ...“ Anschließend überprüft man sofort das Modell und kann feststellen, ob die Prophezeiung mit der (Videospiel-)Realität übereinstimmt. Hat man richtig geraten, vernichtet man die Schweine und geht zum nächsten Level über; war das Modell falsch oder unvollständig, kann man es verfeinern und einen neuen Versuch unternehmen.

Das ist in Kurzform der Prozess der Naturwissenschaft, wie man ihn besser kaum irgendwo anders findet, und er ist höchst populär. Das ursprüngliche Smartphonespiel und seine vielen Ableger gehören zu den erfolgreichsten lizenzierten Videospielen aller Zeiten: Es wurde (Stand Anfang 2013) mehr als eine Milliarde Mal heruntergeladen und kann jeden Monat mehr als 260 Mio. Nutzer vorweisen. Es ist so einfach, dass schon ein dreijähriges Kind die Grundlagen begreift, und gleichzeitig so kompliziert, dass es sogar Erwachsene süchtig machen kann. Ich selbst habe Stunden damit zugebracht.

Der Erfolg von Angry Birds straft die verbreitete Vorstellung Lügen, Naturwissenschaft sei eine geheimnisvolle, mysteriöse Angelegenheit, die das Begriffsvermögen normaler Menschen übersteigt. Selbst Menschen, die offen erklären, sie würden die Wissenschaft nicht verstehen und nicht mögen, spielen Angry Birds und bedienen sich dabei genau des gleichen Repertoires mentaler Kunstgriffe wie Wissenschaftler bei ihrer Suche nach den grundlegenden Regeln, die das Universum beherrschen. Einer von 20 heute lebenden Menschen verbringt jeden Monat einen Teil seiner Freizeit damit, wie ein Wissenschaftler zu handeln – und das einfach nur durch die Beschäftigung mit einem törichtem Videospiel. Wir alle, von den Dreijährigen bis zu den Erwachsenen, haben einen Wissenschaftler in uns.

Betrachten, Denken, Überprüfen, Berichten

Das mag sich nach einer seltsamen Behauptung anhören. Wenn ich erkläre, in jedem Menschen stecke ein Wissenschaftler, erlebe ich häufig skeptische Reaktionen; die Leute sagen: „Das ganze Zeug, was ich im naturwissenschaftlichen Unterricht gelernt habe, konnte ich noch nie gebrauchen.“ In dieser Reaktion werden zwei Bedeutungen von *Wissenschaft* durcheinandergeworfen: zum einen die *Produkte* der Wissenschaft, das heißt die Kenntnisse über Elementarteilchen, Moleküle, Tiere, Planeten und Sterne – Tatsachen, die man sich im

VIII Einleitung: Entdecke den Wissenschaftler in dir

naturwissenschaftlichen Unterricht einprägt; das andere ist der *Prozess* der Naturwissenschaft. Und dieser Prozess entspricht in meiner Vorstellung der grundsätzlicheren, wichtigeren Definition von Wissenschaft.

Der Prozess der Wissenschaft besteht aus vier Schritten:

- *Betrachte* die Welt um dich herum und erkenne ein Phänomen, das du gerne verstehen würdest.
- *Denke* dir ein Modell aus, mit dem man erklären könnte, wie und warum dieses Phänomen nach den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten für die Funktionsweise des Universums auftreten könnte.
- *Überprüfe* deine Theorie mit weiteren Beobachtungen und Stelle Experimente an, um festzustellen, ob die Voraussagen deines Modells mit der Realität übereinstimmen.
- *Berichte* allen, die du kennst, über deinen Erklärungsvorschlag und die Ergebnisse deiner Tests.

Um bei Angry Birds ein Level beenden zu können, muss man nacheinander die Schritte des wissenschaftlichen Prozesses vollziehen. Man *betrachtet* das Level, *denkt* sich eine mögliche Taktik zur Beseitigung der Schweine aus und *überprüft* das Modell, indem man die Vögel auf das ausgewählte Ziel abschießt. Und wenn man mit Freunden oder Kindern spielt, berichtet man ihnen, wie man es gemacht hat, und teilt die Ergebnisse über Bestenlisten und sonstige soziale Medien mit anderen Menschen.

Dieser Vier-Schritt-Prozess ist die beste Methode, die wir kennen, um zuverlässige Kenntnisse über die Welt zu

gewinnen. Gleichzeitig ist er eine der grundsätzlichsten Tätigkeiten der Menschen; dieser Prozess und seine Produkte haben uns – im Guten wie im Schlechten – zur beherrschenden Spezies unseres Planeten gemacht.

Wissenschaft macht uns zu Menschen

Im Jahr 2011 machten Wissenschaftler bei Ausgrabungsarbeiten in der Blombos-Höhle in Südafrika eine interessante Entdeckung: Sie brachten „prähistorische Farbkästen“ ans Licht, wie sie sie nannten. Die auf ein Alter von 100.000 Jahren datierten Fundstücke, Behälter aus Muschelschalen und einfache Steinwerkzeuge, trugen Spuren farbiger Mineralien. Die Spuren an den Werkzeugen zeigen, dass die Mineralien zu Pulver zermahlen wurden, und Spuren in den Behältern deuten darauf hin, dass man aus dem Pulver durch Mischen mit Holzkohle und Tierfett eine Paste herstellte. Bei früheren Ausgrabungen hatte man bereits rote Ockerstücke aus der Zeit vor 75.000 Jahren gefunden, in die ein Zackenmuster eingeritzt war. Dies sind einige der ältesten unmittelbaren Belege für symbolisches Denken bei Menschen: Sie produzierten Farbstoffe als Schmuck und kennzeichneten Rohmaterial absichtlich mit abstrakten Mustern.

Die Werkzeuge zur Farbenherstellung bieten auch klare Belege für prähistorische Wissenschaft. Die Mineralien, aus denen man damals die Pigmente herstellte, wurden mehrere Kilometer entfernt ausgegraben und in

die Höhle gebracht. Zur Zubereitung der Paste wurden mehrere Bestandteile verwendet, die zunächst einzeln verarbeitet und dann gezielt vermischt wurden. Die Spuren an einem der Mahlsteine lassen erkennen, dass dieser zunächst zum Zermahlen von Stücken aus gelbem Goethit benutzt wurde; anschließend schlug man von einem Ende Steinsplitter ab, um das Werkzeug zu reinigen oder neu zu schärfen, und dann diente es zum Zerkleinern von rotem Ocker.

Zusammengenommen zeigen die Funde, dass die Menschen bereits vor 100.000 Jahren Wissenschaft betrieben. Sie hatten durch Ausprobieren einen komplizierten, aus mehreren Schritten bestehenden Prozess zur Herstellung farbiger Pasten entwickelt. Sie hatten herausgefunden, welche Mineralstoffe sie brauchten, um bestimmte Farben zu erzielen; dann hatten sie gute Quellen dafür aufgefunden gemacht und eine Methode ausgearbeitet, nach der sie die Mineralien malen und mit anderen Materialien vermischen mussten, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen. Sie wussten sogar, wie man verschiedene Mineralien zur Produktion verschiedener Farben verwendet, und achteten sorgfältig darauf, sie nicht zu vermischen. Darüber hinaus teilten sie die Informationen auch anderen mit und gaben sie über die Jahrtausende, in denen die Höhle bewohnt war, weiter.

Menschen betreiben also Wissenschaft, solange es Menschen gibt. Der Prozess, die Welt zu betrachten, herauszufinden, wie Dinge funktionieren, die Kenntnisse zu überprüfen und sie mit anderen zu teilen, muss als ein definierendes Merkmal unserer Spezies gelten. Der Prozess der Wissenschaft ist kein zufälliges Nebenprodukt

allgemeinerer Tätigkeiten der Menschen; er macht uns überhaupt erst zu dem, was wir sind.

Alles, was uns als Spezies ausmacht, lässt sich auf den wissenschaftlichen Prozess des Entdeckens durch Ausprobieren zurückführen. Durch Steinwerkzeuge und Waffen verwandelten wir uns von Beute- in Raubtiere, und das, obwohl wir an natürlicher Bewaffnung nicht viel zu bieten haben. Kleidung aus Tierhäuten und Naturfasern versetzte uns in die Lage, uns in Regionen auszubreiten, die ganz anders waren als die Ebenen Afrikas, in denen unsere Evolution stattfand. Die Entwicklung der Landwirtschaft führte zu städtischen Hochkulturen, und die verschafften manchen Menschen den Spielraum, um die Welt gründlicher zu studieren; das wiederum wurde zur Triebkraft für weitere Fortschritte, und immer so weiter bis auf die heutige Zeit, in der wir die Oberfläche der Erde und einen gewissen Raum darüber gründlich beherrschen. Kein schlechtes Ende für ein paar Emporkömmlinge unter den Menschenaffen, die in Höhlen am Meer mit Farbe herumspielten.

So schlau sind Wissenschaftler gar nicht

Die Behauptung, Wissenschaft sei eine grundlegende Eigenschaft der Menschen, mag an den Haaren herbeigezogen erscheinen. Schließlich verbringen heute nur sehr wenige Menschen ihre Tage mit Tätigkeiten, die wir für wissenschaftlich halten. Nach dem allgemein verbreiteten Bild sind Wissenschaftler eine winzige, elitäre (und

möglicherweise geistesgestörte) Minderheit von Menschen, die abgelegenen Tätigkeiten nachgehen. Wenn ich jemandem erzähle, dass ich Physiker bin, ist eine der drei häufigsten Reaktionen: „Dann müssen Sie aber wirklich schlau sein. Ich könnte das nie.“ Das Gleiche erzählen auch andere Wissenschaftler, mit denen ich gesprochen habe.

Der Gedanke, Wissenschaftler seien auf einzigartige Weise schlau und kompetent, schmeichelt zwar der Eitelkeit von Fachidioten wie mir, er ist aber ein zweischneidiges Kompliment. In diesem Sinn als „wirklich schlau“ bezeichnet zu werden, schafft Distanz – es hebt Wissenschaftler aus der Masse heraus, als würden sie qualitativ anders denken als „normale“ Menschen. Sogar von anderen hoch gebildeten Akademikern werden wir unterschieden: Meine Dozentenkollegen aus Kunstgeschichte, Literatur- und Sozialwissenschaft hören nicht das gleiche „Sie müssen ja wirklich schlau sein“, und das, obwohl sie in der Regel mindestens ebenso viel Zeit wie ich darauf verwendet haben, sich ihre akademischen Lorbeeren zu verdienen. Ihre Art der Gelehrsamkeit gilt nur als Ausweitung normaler Tätigkeiten, die Naturwissenschaft dagegen hält man für als etwas Fremdartiges und Unverständliches.

Das seltsame Kompliment wirft aber ein noch größeres Problem auf: Es stimmt einfach nicht. So schlau sind Wissenschaftler gar nicht – wir denken nicht völlig anders als normale Menschen. Was einen professionellen Naturwissenschaftler ausmacht, ist nicht ein überzüchtetes Gehirn mit mehr Verarbeitungsfähigkeit, sondern eine Ansammlung geringfügig anderer Fähigkeiten und Neigungen.

Die Dinge, die professionelle Wissenschaftler tagtäglich tun, können wir ein wenig besser – ich bin in Mathematik besser als der Durchschnitt –, aber wichtiger ist etwas anderes: Diese Tätigkeiten machen uns Spaß, und deshalb verwenden wir viel Zeit darauf, unsere Fähigkeiten zu verfeinern, sodass die Unterschiede noch größer zu sein scheinen.

Drehen wir die Sache einmal andersherum: Ich bin zweifellos nur ein mittelmäßiger Schreiner. Das liegt nicht daran, dass mir die körperlichen oder geistigen Fähigkeiten für diese Aufgabe fehlen würden – ich kann Dinge aus Holz zur Verschönerung meiner Wohnung bauen und habe das auch schon getan. Ich bin darin aber nicht besonders gut, denn die Arbeit macht mir keinen großen Spaß, und deshalb suche ich auch nicht nach Gelegenheiten, Schreinerarbeiten auszuführen. Ich kann es, wenn es sein muss, aber ich arbeite dabei langsam und umständlich, und wenn ich schneller vorankommen will, mache ich Fehler, sodass ich am Ende wieder von vorn anfangen muss. Professionelle Schreiner oder auch ernsthafte Liebhaber, die an solchen Aufgaben Freude haben und Zeit darauf verwenden, sie zu üben, erledigen die dabei unentbehrlichen Tätigkeiten wesentlich besser. Das ist nicht nur eine körperliche Frage: Sie meistern auch den mentalen Aspekt besser und finden heraus, wie man ein bestimmtes Konstruktionsziel erreicht – und gerade dabei versage ich im Allgemeinen besonders dramatisch. Dennoch wird man niemals hören, wie jemand sagt: „Ein Schreiner? Da müssen Sie aber wirklich schlau sein.“

Natürlich sind Neigungen nicht alles – auch angeborene Begabungen spielen eine Rolle. Ich spiele gern

Basketball und bestreite oft in der Mittagspause mit anderen Fakultätskollegen, Mitarbeitern und Studierenden eine spontane Partie. Aber auch mit noch so viel Übung werde ich nie zu einem NBA-Spieler werden, denn dazu fehlen mir die körperlichen Voraussetzungen – ich bin zwar beträchtlich größer als der Durchschnitt (ungefähr 1,95 m), aber nicht besonders schnell oder beweglich. Ich muss mich anstrengen, um mit den Spielern aus der Mannschaft am Union College mitzuhalten und hätte schon gegen einen Spieler aus einer großen Collegemannschaft keine Chance. Die Liebe zum Spiel bringt einen nur ein Stück weit.

Gleichzeitig verhindert aber das Fehlen besonderer körperlicher Fähigkeiten nicht, dass ich jede Woche mehrere Stunden Basketball spiele. Und niemand findet es allzu seltsam, dass ein paar Professoren mittleren Alters eine gewisse Zeit darauf verwenden, herumzulaufen und mit einem Ball zu spielen; auf Amateurniveau Sport zu treiben, hat sogar insbesondere für Männer gewisse gesellschaftliche Vorteile. Niemand erwartet, dass wir sagen: „Na ja, in die NBA schaffe ich es nicht, also werde ich nie wieder einen Basketball anfassen.“

Genau das spielt sich aber in der Wissenschaft ab, und das ist das größte Problem im Zusammenhang mit dem Eindruck, Wissenschaftler seien ungeheuer schlau. Das falsche Bild, dass nur ein paar von Geburt an hochintelligente Menschen mit der Wissenschaft zurechtkommen, veranlasst viele Menschen dazu, die Wissenschaft völlig aufzugeben, sobald sie einmal zu der Erkenntnis gelangt sind, dass sie auf diesem Gebiet keine Karriere machen können. Sich als Amateur für Wissenschaft

zu interessieren, bringt keine gesellschaftlichen Vorteile; in manchen Umfeldern ist es sogar eine Belastung, die jemanden als Sonderling kennzeichnet. Dieses Problem gibt es nur in der Naturwissenschaft – niemand hält es für seltsam, wenn Menschen, die in den Geisteswissenschaften keine Karriere machen können, dennoch weiterhin Literatur lesen, in Kunstmuseen gehen oder sich aktiv für Politik und Geschichte interessieren. In vielen Berufsfeldern gilt es als erstaunlich, wenn man *nicht* einer solchen Tätigkeit nachgeht; dagegen wird erwartet, dass man die Naturwissenschaft aufgibt, wenn man nicht „wirklich schlaue“ ist und sie zu seinem Beruf machen kann.

Den Wissenschaftler in uns entdecken

Paradoxerweise verwenden aber sogar Menschen, die den Gedanken an eine wissenschaftliche Tätigkeit für sich selbstbewusst ablehnen, häufig viel Zeit darauf, wie Wissenschaftler zu handeln. Der wissenschaftliche Prozess ist ein wichtiger Bestandteil einer großen Zahl beliebter Hobbys und Freizeitbeschäftigungen. Was wir auch herausfinden wollen, es greift mit ziemlicher Sicherheit auf das gleiche Repertoire mentaler Kunstgriffe zurück, deren sich auch erfolgreiche Wissenschaftler bedienen. Wer als Hobby Briefmarken oder Münzen sammelt, folgt dem gleichen Impuls, der auch Charles Darwin half, die Evolutionstheorie zu entwickeln. Wer Bridge oder andere Kartenspiele liebt, bedient sich des gleichen Prozesses der Rückschlüsse, der auch Vera Rubin und

anderen Astronomen zu der Erkenntnis verhalf, dass das Universum eine Riesenmenge an Stoff enthält, den wir nicht unmittelbar sehen können. Und wer zur Entspannung Kreuzworträtsel löst, bedient sich der Methode der doppelten Prüfung und Ableitung, die die Begründer der Quantenmechanik dazu veranlasste, die seltsamste und gleichzeitig erfolgreichste Theorie in der Geschichte der Physik zu entwickeln.

Der Rest des vorliegenden Buches gliedert sich in vier Teile, die rund um die vier Schritte des naturwissenschaftlichen Prozesses aufgebaut sind: Betrachten, Denken, Überprüfen und Berichten. Innerhalb eines Teils beschreibt jedes Kapitel eine Alltagstätigkeit – die Suche nach Antiquitäten, die Zubereitung einer Mahlzeit, das Basketballspiel –, die mit einem der genannten Aspekte wissenschaftlicher Tätigkeiten in Zusammenhang steht. Außerdem werden wir historische Beispiele wissenschaftlicher Entdeckungen betrachten, für die ein Prozess, der dem jeweiligen Hobby ähnelt, von entscheidender Bedeutung war.

Mit solchen Geschichten werde ich Sie hoffentlich davon überzeugen, dass in jedem von uns ein Wissenschaftler steckt, ganz gleich, ob es uns klar ist oder nicht. Wir bedienen uns jeden Tag des naturwissenschaftlichen Prozesses, auch wenn wir uns nicht mit Wissenschaft unseren Lebensunterhalt verdienen. Ganz ähnlich wie Amateursportler Dampf ablassen, indem sie gelegentlich Basketball spielen, so können sich Nichtwissenschaftler erholen, indem sie zum Spaß und zur Entspannung wissenschaftlich denken. Wenn wir das wissen, dann, so meine Hoffnung, werden wir dazu angeregt, den

Wissenschaftler in uns bewusster einzusetzen, um einerseits die Wissenschaft besser zu verstehen und andererseits unsere übrigen Interessen effizienter verfolgen zu können.

Heureka

Seinen Titel bezieht dieses Buch aus einer der ältesten und bekanntesten Anekdoten der Wissenschaftsgeschichte. Sie handelt von dem antiken griechischen Mathematiker und Ingenieur Archimedes von Syrakus. Als Hiero II. um 265 v. Chr. in Syrakus an die Macht kam, gab er den Auftrag, den Göttern ein Gebinde aus Gold als Tribut zu opfern. Als das Gebinde fertig war, schöpfte er den Verdacht, der Goldschmied könne einen Teil des Metalls für sich behalten und durch eine ebenso große (aber billigere) Menge Silber ersetzt haben. Hiero wandte sich an Archimedes und gab ihm den Auftrag, eine Methode zu finden, mit der sich feststellen ließ, ob der goldene Kranz tatsächlich aus reinem Gold bestand.

Keine einfache Aufgabe: Der Kranz hatte das gleiche Gewicht wie das Gold, das der Goldschmied erhalten hatte, und Archimedes musste eine Zeit lang grübeln. Eines Tages, nach vielen ergebnislosen Gedanken, legte er sich in ein heißes Bad; als er in die Wanne stieg, stellte er fest, dass Wasser über die Ränder schwappte. Je weiter er sich ins Wasser sinken ließ, desto mehr davon schwappte über. Das, so erkannte er plötzlich, war die Lösung für sein Problem: Da Silber eine geringere Dichte hat als Gold, musste ein Kranz aus einer Mischung der beiden Metalle ein größeres Volumen haben als die gleiche Masse

an purem Gold, und entsprechend mehr Wasser würde sie beim Untertauchen verdrängen. Er sprang aus der Wanne und rief „Heureka!“ – das griechische Wort für „Ich hab's gefunden“. Angeblich war er so aufgeregt, dass er sogar vergaß, sich anzukleiden, bevor er zum Königspalast lief, um dem König seine Lösung mitzuteilen.

Auf den ersten Blick mag diese Geschichte als seltsamer Ausgangspunkt für ein Buch erscheinen, das sich zum Ziel gesetzt hat, den Prozess zu entmystifizieren. Schließlich soll Archimedes der Geschichte zufolge das Problem durch einen Geistesblitz gelöst haben, ein Ereignis, das schrecklich mystisch und weit von unseren Alltagstätigkeiten entfernt zu sein scheint. Außerdem war er offenbar ein weltfremder Sonderling, der am Ende nackt durch die Straßen lief, nur weil er ein physikalisches Problem gelöst hatte.

In Wirklichkeit ist der „Heureka-Moment“ aber ein viel allgemeineres Phänomen, das fast jeder irgendwann schon einmal erlebt hat. Der Ausruf von Archimedes ist sogar zu einer Kurzbezeichnung für den Moment geworden, wenn die Lösung für ein quälendes Problem offensichtlich deutlich wird oder wenn einem eine ganz neue Idee in den Sinn kommt. Der Erfindung von Barbiepuppen, Starbucks-Läden und unzähligen Popsongs wurde mit solchen Heureka-Momenten in Verbindung gebracht: Der Entdecker tat gerade etwas, was scheinbar überhaupt nichts mit der Aufgabenstellung zu tun hatte. Ich selbst kann sagen, dass mir viele meiner besten Ideen zum Schreiben nicht kamen, als ich an der Tastatur saß und den

Computerbildschirm anstarrte, sondern als ich mit dem Hund spazieren ging oder mit meinen Kindern spielte.

Aber wie die meisten Dinge, die mit dem Nachdenken über das Nachdenken zu tun haben, so ist auch das Gefühl, aus heiterem Himmel inspiriert zu werden, mit ziemlicher Sicherheit eine Illusion, hinter der sich einiges an unerkannter mentaler Aktivität verbirgt. Schließlich stolperte Archimedes nicht über die Lösung für ein Problem, mit dem er sich vorher noch nie beschäftigt hatte. Ihm fiel vielmehr ein kleines Detail im Zusammenhang mit einer Fragestellung auf, mit der er sich schon seit einiger Zeit herumschlug, und dieses Detail verband sich mit bereits vorhandenen Elementen zu der benötigten Antwort. Es war kein Moment der einsamen Inspiration, sondern der Höhepunkt eines fortlaufenden Denkprozesses. Archimedes hörte nicht auf, wie ein Wissenschaftler zu denken, nur weil er ein Bad nahm; allerdings nahm er vermutlich das Bad, um sich in seinen quälenden Gedanken über ein wissenschaftliches Problem die benötigte Pause zu verschaffen.

Wissenschaftler können in Alltagstätigkeiten vor allem deshalb Inspiration finden, weil die an diesen Tätigkeiten beteiligten Denkprozesse nicht allzu weit von denen entfernt sind, die in der Wissenschaft ablaufen. Das umgekehrte Prinzip gilt ebenfalls: Viele Alltagstätigkeiten können von einem wissenschaftlichen Ansatz profitieren. Ideen für neue Spielzeugproduktlinien oder Geschäftspläne scheinen vordergründig vielleicht aus einer ganz anderen Richtung zu kommen, in Wirklichkeit sind sie aber die Produkte unseres inneren Wissenschaftlers, der

im Hintergrund gewissenhaft arbeitet. Und auch der Vorgang, durch den solche Ideen systematisch ausgearbeitet und in ungeheurer erfolgreiche Puppen oder Cafés umgesetzt werden, hat viel mit dem Prozess der Wissenschaft gemeinsam.

Warum soll man wie ein Wissenschaftler denken?

Aber auch wenn jeder wie ein Wissenschaftler denken kann, ist damit noch nicht erklärt, warum man es tun sollte. Schließlich müssen wir als Bürger einer modernen Gesellschaft nicht auf der Grundlage erster Prinzipien herausfinden, wie man ein iPod produziert oder Videospiele programmiert – das haben andere bereits getan. Wir können einfach ein Tablet in die Hand nehmen, eine App herunterladen und uns bei Angry Birds entspannen, wobei wir uns auf den Lorbeeren vergangener Wissenschaftlergenerationen ausruhen. Um in der heutigen Welt zurechtzukommen, braucht man kein Wissenschaftler zu sein. Warum also sollen wir uns die Mühe machen, wissenschaftlich zu denken?

Unter praktischen Gesichtspunkten werden wir durch die Nutzung des Wissenschaftlers in uns leistungsfähiger: Wir schaffen Heureka-Augenblicke, und wenn sie sich einstellen, können wir Kapital aus ihnen schlagen. Der beste Grund, wie ein Wissenschaftler zu denken, ist aber ein anderer: Die wissenschaftliche Herangehensweise an die Welt ist von ihrem Wesen her optimistisch und stärkt uns.

Die Wissenschaft als optimistisch zu bezeichnen, mag seltsam erscheinen: Schließlich hören wir regelmäßig, wie Wissenschaftler entdeckt haben, dass wir alle auf irgendeine grausige Weise sterben werden – getötet durch medikamentenresistente Bakterien, zerschmettert durch glühende Felsen aus dem Weltraum, geröstet durch die globale Erwärmung. Mir geht es hier aber um eine abstraktere Form des Optimismus. Der wissenschaftliche Blick auf die Welt geht davon aus, dass die Welt verständlich ist; wissenschaftliche Denker wissen, dass es auf Fragen auch Antworten gibt und dass wir diese Antworten finden können. Auf eine sehr tiefeschürfende Weise ist das so optimistisch, wie man es sich überhaupt nur vorstellen kann.

Wissenschaft macht uns auch stärker: Sie gibt uns die Hilfsmittel an die Hand, die wir brauchen, um Antworten auf alle möglichen Fragen zu finden. Kaum etwas ist so frustrierend wie der Versuch, sich mit einer Fragestellung auseinanderzusetzen und dann auf Menschen zu treffen, die „Ich weiß es nicht“ für eine endgültige Antwort halten. Durch wissenschaftliches Denken wird aus dem „Ich weiß es nicht“ ein „Ich weiß es noch nicht“. Der Prozess der Wissenschaft lässt uns Antworten auf buchstäblich alle Fragen finden, die wir überhaupt stellen können.

Der Wissenschaftler in uns hilft nicht nur bei abstrakten wissenschaftlichen Themen, sondern bei fast allen Fragestellungen. Wer mit dem Prozess der Wissenschaft vertraut ist, kann sich mit allen möglichen Situationen selbstbewusst auseinandersetzen. Selbst relativ banale Tätigkeiten – herauszufinden, wie man eine neue Computersoftware benutzt, oder zu entscheiden, wie man bei

einer bestimmten Aufgabe am Arbeitsplatz vorgeht – kann man wissenschaftlich angehen. Wir brauchen nie auf eine Tätigkeit zu verzichten, nur weil wir eine Tatsache nicht kennen oder nicht wissen, wie etwas funktioniert. Alles, was wir wissen müssen, können wir herausfinden.

Wenn wir wissen, wie wir den Wissenschaftler in uns nutzbar machen, brauchen wir uns nie mit Unwissen zufriedenzugeben. Das ist ein unglaublich leistungsfähiges Hilfsmittel, mit dem wir uns ein besseres Leben verschaffen können. Optimistischer und stärkender geht es nicht mehr.

In diesem Buch werden wir uns genauer mit dem Prozess der Wissenschaft beschäftigen und uns ansehen, wie er sich auf Alltagstätigkeiten anwenden lässt. Wir werden nicht nur zeigen, dass man wie ein Wissenschaftler handeln kann, sondern auch dass wir es häufig bereits tun, ohne dass es uns klar ist. Wir alle tragen vom Kleinkindalter an einen Wissenschaftler in uns, und wenn wir diese Fähigkeit erkennen und nutzbar machen, wird der Wissenschaftler in uns unsere Welt zum Besseren verändern.

Danksagungen

Im Vergleich zu meinen früheren Büchern behandelt dieses ein breiteres Spektrum verschiedener Themen, darunter auch solche, die weit außerhalb meiner Berufsausbildung liegen. Es zu schreiben, war deshalb erheblich schwieriger. Äußerst dankbar bin ich für die geduldige Unterstützung vieler Kollegen, Freunde und Bekannten, die Entwürfe einzelner Kapitel gelesen und meine dummen Fragen zu ihren Fachgebieten beantwortet haben. Das sind (neben anderen) Michael Bradley, Chris Chabris, Thony Christie, Tomasso Dorigo, Nick Hadley, Becky Koopmann, Jon Marr, Rich Meisel, Trey Porto, Dave Pritchard, Simon Rainville, Josh Shapiro, Jason Slaunwhite, Tom Swanson, Brian Switek und Scott Turner. Dieses Buch ist weitaus besser, als es ohne ihre großzügige Hilfe geworden wäre; wenn sich dennoch Fehler eingeschlichen haben, liegt es nicht an ihnen, sondern an mir.

Viele Gedanken erlebten eine Art Testlauf in meinem Blog *Uncertain Principles*; dort trugen die Kommentare meiner Leser und anderer Blogger dazu bei, an der Argumentation zu feilen. Ihnen danke ich ebenso wie den Leuten bei Science Blogs und National Geographic, die dafür sorgten, dass die Seite reibungslos lief. Große Teile dieses Buches wurden in der Starbucks-Filiale in Niskayuna im Bundesstaat New York verfasst; mein Dank gilt Angelina, Brian, Christine, Cody, Gina, Kurt und Phil, die mich mit Koffein und WLAN versorgten. Ebenso gilt mein Dank den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Shaffer Library am Union College; ich verspreche euch, dass ich zumindest einige eurer Bücher in den nächsten Tagen zurückgeben werde.

Dank einer Reihe großartiger Vorschläge meines Agenten Erin Hosier entwickelte sich das vorliegende Buch von einer unbestimmten Sammlung locker verbundener Blogbeiträge zu einem zusammenhängenden Konzept. Ein wirkliches Buch wurde es dank meines Lektors T.J. Kelleher, der mir dabei half, die Argumentation wesentlich überzeugender zu gestalten, und dank der großartigen Mitarbeiterinnen bei Basic Books, insbesondere Sandra Beris und Patricia Boyd: Ihnen habe ich es zu verdanken, dass ich viel klüger wirke, als es ansonsten der Fall gewesen wäre.

Das Buch zu schreiben, wäre nahezu unmöglich gewesen ohne meine Frau Kate Nepveu, die unter anderem geduldig zuhörte, wenn ich über grobe Ideen sprach; sie las und kommentierte unzählige Entwürfe, redete gelegentlich in Augenblicken der schieren Panik in aller Ruhe

auf mich ein und kümmerte sich um die Kinder, wenn ich mich anstrengen musste, um meine Termine einzuhalten. Mein Dank gilt auch Claire und David, die an manchen entscheidenden Wendepunkten für fröhliche Ablenkung sorgten und überraschend tolerant waren, wenn ihr Papa ständig am Computer saß und tippte.

Mein größter Dank gilt aber meinen Eltern, die mich im Laufe der Jahre mit allem versorgt haben – von Antworten auf meine allerersten Fragen bis zum kurzfristigen Babysitterservice. Sie haben mein Interesse an Wissenschaft immer gefördert und unterstützt, ganz gleich, wohin es mich führte, und auch dann noch, wenn ich keine Ahnung mehr hatte, wovon ich eigentlich redete. Das alles wäre ohne sie nicht möglich gewesen.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Schritt 1 – Beobachten

1 Die Entstehung der Arten wird gesammelt	5
1.1 Von der <i>Beagle</i> zum Buch: Darwins Vorgeschichte.	10
1.2 Die <i>Entstehung der Arten</i> , genauer betrachtet.	15
1.3 Evolutionsforschung seit der <i>Entstehung der Arten</i>	22
1.4 Jenseits der <i>Entstehung der Arten</i>	26
1.5 Briefmarken sammeln und Probleme lösen.	29

2	Die Alleinherrschaft der Wissenschaftsküche	33
2.1	Kosmische Strahlen und die Pyramiden von Gizeh.	37
2.2	Künstliche Radioaktivität und Dinosaurier	45
2.3	Jenseits der Physik	53
2.4	Iron Chef Niskayuna	55
3	Nadeln in Heuhaufen	59
3.1	„Ich habe etwas Entsetzliches getan“	62
3.2	Der Nachweis des nicht Nachweisbaren.	66
3.3	Untergrundastronomie.	70
3.4	Andere Wissenschaften	76
3.5	Die Suche nach Büchern	79
4	Walter im Zoo der Galaxien	83
4.1	Mensch gegen Computer.	85
4.2	Variable Sterne und Entfernungen	89
4.3	Der Tod der Sterne und ihr Leben danach.	95
4.4	Der Zoo der Galaxien	100
4.5	Das „Zooniversum“	105
Teil II Schritt 2 – Denken		
5	Das Periodensystem wird gebaut	113
5.1	Ein „Musterbeispiel“	118
5.2	Periodizität und Prophezeiung	123

5.3	Das System wird optimiert: Chemie seit Mendelejew	127
5.4	Entscheidend: Die Kategorisierung	131
6	Die erlaubten Fragen stellen	137
6.1	Astronomische Beschränkungen.	140
6.2	Rotation von Galaxien und dunkle Materie.	145
6.3	Indizien für das Ungesehene.	153
6.4	Zurück zur Erde.	158
7	Dinosaurier und Krimis	163
7.1	Der Krimi als Gattung.	165
7.2	Das Rätsel der Dinosaurier.	167
7.3	Studie im Sediment	170
7.4	Rätsel der Wissenschaft	177
 Teil III Schritt 3 – Überprüfen		
8	Quantenkreuzworträtsel	187
8.1	Kreuzworträtsel und Quantengeschichte.	190
8.2	Revisionen und Revolutionen	193
8.3	Nichtquantenkreuzworträtsel.	199
8.4	Gescheiterte Kreuzworträtsel	203
9	Präzisionsbäckerei	207
9.1	Details sind wichtig	211
9.2	Das Cavendish-Experiment	214
9.3	Massenmessungen und die U-Bahn von Boston.	222

9.4	Andere Wissenschaften	228
9.5	Jenseits der Wissenschaft	232
10	Wie Schach ohne Würfel.....	235
10.1	Die Wissenschaft des Wettbewerbs.....	237
10.2	Eine Uhr ist ein Gegenstand, der tickt: eine kurze Geschichte der Zeitmessung.	241
10.3	Wenn es 3 Uhr ist, muss das hier Schenectady sein: Zeitmessung und Navigation	245
10.4	Links abbiegen bei 12:19:35. 167534237: Atomuhren und GPS.....	249
10.5	Andere Wissenschaften	257
10.6	Tu' es einfach: wissenschaftlich denken, ohne an das Denken zu denken	262

Teil IV Schritt 4 – Berichten

11	Wissenschaftliches Geschichtenerzählen	271
11.1	Die Wissenschaft der Geschichten	276
11.2	Die Geschichten der Wissenschaft	278
11.3	Die seltsame Theorie von Licht und Materie	281
11.4	Ein Bild sagt mehr als 1000 Gleichungen	289
11.5	Eine Mahnung zur Vorsicht	296
11.6	Geschichtenerzählen jenseits der Wissenschaft	303

12 Was funktioniert? Teamarbeit!	307
12.1 Große und kleine Wissenschaft	312
12.2 Andere Formen der Zusammenarbeit	323
12.3 Noch einmal Sport.	326
13 Reden wir über Sport	331
13.1 Das Spielfeld wird normalisiert: Basketballstatistik für Fortgeschrittene	336
13.2 Baseball: eine Fülle von Durchschnittswerten	341
13.3 Projektionsverfahren: Frühere Leistungen sind keine Garantie für zukünftige Ergebnisse.	348
13.4 Fantasy-Neuaufgabe	357
14 Dreiste Lügen und Statistiken.	361
14.1 Die Wissenschaft der Unsicherheit.	365
14.2 Wahlen und Zufälle	369
14.3 Gestaltung und Entwicklung von Wahlen: Umfragen und Monte- Carlo-Simulationen	374
14.4 Die Signifikanz der statistischen Signifikanz.	377
Zum Schluss: Wissenschaft ist nie vorbei	385
Anmerkungen	419
Stichwortverzeichnis	473