

Hans R. Kricheldorf

Erkenntnisse und Irrtümer in Medizin und Natur- wissenschaften

SACHBUCH



Springer Spektrum

Erkenntnisse und Irrtümer in Medizin und Naturwissenschaften

Hans R. Kricheldorf

Erkenntnisse und Irrtümer in Medizin und Naturwissen- schaften



Springer Spektrum

Hans R. Kricheldorf
Institute for Technical and Makromolekular
Chemistry
Universität Hamburg
Hamburg
Deutschland

ISBN 978-3-662-43362-1

ISBN 978-3-662-43363-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-43363-8

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

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

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.

Planung und Lektorat: Dr. Rainer Münz, Anja Groth

Redaktion: Frauke Bahle, Merzhausen

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

„Wenn in den Naturwissenschaften ein Irrtum spät entdeckt wird, kostet das meist nur Steuergelder. Wenn in der Medizin ein Irrtum spät erkannt wird, kostet das meist Menschenleben.“

Hans R. Kricheldorf

Für Marianne Nawe sowie für Greti und Horst Werther, die durch ausschließlich symptomatische Behandlung Colitis ulcerosa bzw. Morbus Crohn vorzeitig sterben mussten.

Danksagung

Bei der zügigen Fertigstellung des vorliegenden Buches haben mich mehrere Kollegen, Freunde und Bekannte unterstützt, bei denen ich mich hiermit bedanken möchte.

Prof. Christian Jürgens (Universität Lübeck) hat alle Kapitel mit medizinischem Themen überarbeitet. Dr. Anke und Prof. Dr. Peter Heisig (Universität Hamburg) haben das Kapitel „Genetik und Darwinismus“ nachgebessert. Dr. Norbert Czerwinski (Karlsruher Institut für Technologie) verdanke ich die elektronische Bearbeitung der Abbildungen. Prof. Saber Chatti (INRAP, Tunis) hat die Formeln von Retinal beigetragen, Dr. Rainer Münz (Springer Verlag) hat zur Struktur des Buches hilfreiche Anregungen gegeben und Frau Frauke Bahle hat das Manuskript redaktionell überarbeitet.

Hamburg, im Mai 2014

Hans R. Kricheldorf

Inhalt

1	Einleitung	1
	Literatur	7

Teil I

	Erkenntnisse und Definitionen	9
--	--	---

2	Was versteht man unter Naturwissenschaften?	11
	2.1 Wie erfolgt eine Definition?	11
	2.2 Was heißt Naturwissenschaften?	13
	2.3 Was heißt Naturgesetz?	16
	2.4 Was heißt Modell?	31
	2.5 Naturwissenschaften und andere Wissenschaften	35
	Literatur	45

3	Naturgesetze im Alltag	47
	3.1 Naturgesetze und Menschheitsgeschichte	47
	3.2 Statistik und Chaos	53
	3.3 Naturgesetze und der Blick in die Zukunft	57
	3.4 Regeln, Naturgesetze und deren Bewertung	62
	Literatur	65

4	Wie viel Naturwissenschaft steckt in der Medizin?	67
	4.1 Diagnose	67
	4.2 Therapie	70
	4.3 Psychosomatik	77
	Literatur	80

5	Paradigmenwechsel und Fortschritt	81
5.1	Was heißt Paradigma?	81
5.2	Was heißt Paradigmenwechsel?	85
5.3	Was ist Fortschritt?	89
	Literatur	97

Teil II

	Irrtümer und ihre Berichtigung	99
--	---	----

6	Medizin	101
6.1	Die Entdeckung des Blutkreislaufs	101
6.2	Der Ursprung des Kindbettfiebers	105
6.3	Die Entwicklung der Lokalanästhesie	110
6.4	Die Entstehung des Magengeschwürs	114
6.5	Morbus Crohn und Colitis ulcerosa	117
6.6	Wie blind ist der Blinddarm?	121

7	Biologie	125
7.1	Gibt es Spontanzeugung von Lebewesen?	125
7.2	Die alkoholische Gärung	133
7.3	Evolution und Darwinismus	138
7.4	Genetik und Darwinismus	152
7.5	Der Piltdown-Mensch	161

8	Chemie	167
8.1	Was sind Elemente?	167
8.2	Die Phlogiston-Theorie	177
8.3	Vitalismus in der Chemie	184
8.4	Gibt es Riesenmoleküle?	189
8.5	Die Erfindung der Nylons	199

9	Physik und Geologie	207
9.1	Atom – Was heißt unteilbar?	207
9.2	Warum sieht man Farben?	220

9.3 Was ist Licht?	228
9.4 Das expandierende Universum	239
9.5 Wie stabil ist die Erdkruste?	249
Index	257

1

Einleitung

„Die zehn Gebote Gottes sind deshalb so klar, weil sie ohne Mitwirkung einer Expertenkommission zustande gekommen sind.“

(Charles De Gaulle)

Literatur über Naturwissenschaften im Allgemeinen kommt aus verschiedenen Bereichen und mit verschiedenen Intentionen. Philosophen und Wissenschaftstheoretikern diskutieren gerne über Sinn, fundamentale Strukturen, Erkenntnisgrenzen und Zuverlässigkeit naturwissenschaftlicher Forschung. Für manche wissenschaftstheoretischen Beiträge aus dieser Ecke ist zu beobachten, dass sie „die Wissenschaft“ und „die Wissenschaftstheorie“ im Allgemeinen behandeln, ohne den Wissenschaftsbegriff zu definieren und ohne zwischen verschiedenen Kategorien von Wissenschaften, zum Beispiel Geistes- und Naturwissenschaften, zu unterscheiden. Daher wurde in Abschn. 1.4 der Versuch gemacht, an einigen Beispielen verschiedener Wissenschaften die gravierenden Unterschiede hinsichtlich Zielsetzung und Arbeitsmethoden aufzuzeigen. Eine Konsequenz mangelnder Differenzierung ist, dass Schlussfolgerungen getroffen werden, die im Hinblick auf die Naturwissenschaften zumindest merkwürdig klingen. Dazu einige Beispiele:

Lorenz Krüger schreibt im Vorwort zu *Die Entwicklung der neuen Studien der Struktur der Wissenschaftsgeschichte* von Thomas Kuhn: „Für die Erforschung der Wissenschaft, insbesondere auch der Wissenschaftsphilosophie, markiert das Werk T. Kuhns einen wichtigen Einschnitt; vor-Kuhnsche und nach-Kuhnsche Wissenschaftsbetrachtung erweisen sich im Grundsatz nach Zielsetzung, Thematik und Methoden als zunehmend deutlicher unterschiedene Unternehmungen.“ Ein ausführlicher Kommentar zum Gesamtwerk von T. Kuhn folgt in Abschn. 1.4.

Stephen Toulmin schreibt in *Voraussicht und Verstehen – Ein Versuch über die Ziele der Wissenschaft* (S. 76): „Genauso wie die Frage ‚Ist die Musik in ihrer Art gut?‘ eine andere Frage ist als ‚Ist dies gute Musik?‘, so gibt es in der Wissenschaft die beiden verschiedenen Fragen ‚Ist dieses Ergebnis in seiner Art natürlich und selbstverständlich?‘ und ‚Ist dies ein Beispiel für die natürliche und selbstverständliche Art von Vorkommnissen?‘“

Und auf Seite 16 schreibt er: „Tatsächlich darf man zweifeln, ob es jemals so etwas wie eine endgültige Darstellung der Ziele der Wissenschaft geben kann, vor allem eine die gleichzeitig erschöpfend und kurz wäre.“ Die Antwort des Autors ist in Abschn. 1.2 zu finden. Toulmin erläutert weiter auf Seite 17 und 19: „Die Wissenschaft hat nicht ein Ziel sondern viele.“ Und: „Die Wissenschaft als Ganzes – die Tätigkeit, die Zwecke, die Methoden und Ideen – entfaltet sich in der Variation und Selektion.“ Weiter: „Es gibt kein Universalrezept für alle Wissenschaften und alle Wissenschaftler, genauso wenig wie es eines für alle Kuchen und für alle Köche gibt. Es gibt viele Dinge in der Wissenschaft, die überhaupt nicht nach vorgegebenen Regeln und Methoden gemacht werden können.“

Noch krasser klingt diese Sichtweise bei dem als skeptischer Wissenschaftstheoretiker bekannte Paul Feyerabend. In seinem Werk *Wider den Methodenzwang* ist auf Seite 31 zu lesen: „Es ist also klar, dass der Gedanke einer festgelegten Methode oder einer festgelegten Theorie der Vernünftigkeit auf einer allzu naiven Anschauung vom Menschen und seinen sozialen Verhältnissen beruht. Wer sich dem reichen von der Geschichte gelieferten Material zuwendet und es nicht darauf abgesehen hat, es zu verdünnen, um seine niedrigen Instinkte zu befriedigen, nämlich der Suche nach geistiger Sicherheit in Form von Klarheit, Präzision, ‚Objektivität‘, ‚Wahrheit‘, der wird einsehen, dass es nur einen Grundsatz gibt, der sich unter allen Umständen und in allen Stadien der menschlichen Entwicklung vertreten lässt. Es ist der Grundsatz: *Anything goes*.“ Ein Kommentar zu diesem Philosophen und seiner These findet sich in Abschn. 2.3.

Eine zweite Herkunft mehr populärwissenschaftlicher Publikationen sind Wissenschaftsjournalisten mit unterschiedlicher Vorbildung. Publikationen von dieser Seite verfolgen vorwiegend zwei Marschrichtungen. Entweder sie präsentieren Fortschritte in Naturwissenschaft und Technik in lobenden Worten, oder sie kritisieren Irrtümer, unzuverlässige Aussagen sowie Schäden für Mensch und Umwelt. Ein Beispiel für positive, geradezu schwärmerische Berichterstattung ist Gustav Schenk, der in den 1960er- und 1970er-Jahren mehrere gut gebildete, lesenswerte populärwissenschaftliche Bücher über verschiedene Forschungsbereiche der Naturwissenschaften herausbrachte. In der Einleitung seines Werkes *Das Unsichtbar Universum* schreibt er: „Die Naturwissenschaft ist das geistige Medium, das uns umhüllt. Die Naturwissenschaft gibt auch denen Atemluft, die nichts von der Wissenschaft wissen. Unter den Naturwissenschaften ist es die Physik, die in unserer Zeit den menschlichen Geist lenkt und ihm alle grundlegenden Inhalte gibt.“ Ein Hoch auf den naturwissenschaftlichen Weltgeist möchte man hier hinterherrufen.

Die Bücher *Irrtümer der Naturwissenschaften* von Luc Bürgin und *Kampf gegen die Natur – Der gefährliche Irrweg der Wissenschaft* von Konrad Adam

sind zwei typische Vertreter der kritischen, in den letzten Jahrzehnten zunehmend beliebteren Marschrichtung. Das Buch von Adam ist kein auch nur annähernd objektiv informierendes Sachbuch, sondern eine Hetzschrift gegen die Naturwissenschaften im Allgemeinen und gegen Naturwissenschaftler im Besonderen. Adam verwendet viele Seiten auf die Diffamierung einiger Naturwissenschaftler, über deren charakterliche Qualitäten man sicherlich geteilter Meinung sein kann. Dazu gehören die Väter der ersten Atombombe, ferner Edward Teller, der Urheber der Wasserstoffbombe, und schließlich auch der Raketexperte Werner von Braun, der erwiesenermaßen Leiden und Tod Tausender Zwangsarbeiter in Kauf nahm, um seine Ziele zu erreichen. Die übrigen Naturwissenschaftler werden in Sippenhaft genommen. Adams Strategie auf eine andere Bevölkerungsgruppe übertragen, könnte zum Beispiel lauten: Alle Katholiken sind Massenmörder, weil Papst Urban II. und mehrere Nachfolger zu Kreuzzügen aufriefen, in deren Gefolge Millionen Menschen umgebracht wurden.

Bürgin schreibt in der Einleitung seines insgesamt spannend und lesenswert geschriebenen Buches über Irrtümer in den Naturwissenschaften: „Beispiele dieser Art vernehmen Studenten während ihrer Ausbildung selten, denn wie alle Menschen haben auch Naturwissenschaftler die seltsame Neigung, unangenehme Entwicklungen innerhalb ihrer Disziplin mit den einherziehenden Jahren zu verdrängen. Mit geschwellter Brust verkaufen sie ihren Schützlingen Wissenschaft als eine Geschichte von Erfolgen. Die internen Machtkämpfe, die großen Durchbrüche, die vorangingen, werden großzügig unter den Tisch gekehrt. Diesem Makel will dieses Buch begegnen, indem es die wissenschaftlichen Tragödien beim Namen nennt und von kapitalen Irrtümern und Fehlurteilen berichtet, die in unseren Lehrbüchern verschwiegen oder in wenigen Zeilen vernebelt werden.“ Damit zeigt L. Bürgin, dass er die Probleme naturwissenschaftlicher Studiengänge nicht kennt. Er ignoriert:

- Lehrbücher sind nicht dafür da, um über Irrtümer zu berichten, sondern um das rapide wachsende Wissen kompakt zu sortieren, zu komprimieren und didaktisch aufzubereiten.
- Studenten sind sinnvollerweise vor allem daran interessiert, den für Prüfungen relevanten Stoff zu lernen und das Studium möglichst schnell zu beenden, um eine gut bezahlte Stelle in der Wirtschaft erreichen.
- Viele Universitäten bieten Vorlesungen zur Geschichte der Naturwissenschaften an, in denen über Irrtümer ausgiebig berichtet wird. Doch werden diese Vorlesungen mangels Prüfungsrelevanz nur von wenigen Studenten besucht.
- Die erwähnten Irrtümer wurden nicht von Journalisten oder Philosophen, sondern von Naturwissenschaftlern erkannt und korrigiert (s. Sektion II).

L. Bürgin schreibt ferner: „Wissenschaftler vergangener Zeiten ... hätten sie heute ihr Allgemeinwissen unter Beweis zu stellen, würde wohl auf einen Schlag klar, was sie zuvor wohl nur vage bedacht hatten, dass nämlich Objektivität immer nur im historischen Rahmen bedacht werden darf. Noch nie war klarer als heute, wie schnell sich wissenschaftliche Bezugssysteme zu verändern pflegen. Noch nie war deutlicher, dass sich das, was gemeinhin als objektive Erkenntnis bezeichnet wird, bereits morgen als subjektive Meinung entpuppen kann.“ Diese Aussage zusammen mit den zitierten historischen Irrtümern legen dem unerfahrenen Leser nahe, es gebe überhaupt keine langfristig verlässlichen Erkenntnisse der Naturwissenschaften.

Diese Fundamentalkritik an der Verlässlichkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse stammt nicht von L. Bürgin, sondern von einer dritten Gruppe von Autoren, die sich regelmäßig zu Sinn und Eigenschaften der Naturwissenschaften äußern, nämlich von Wissenschaftstheoretikern und Naturwissenschaftlern, insbesondere von Physikern. Beispiele finden sich in den Ausführungen Karl Poppers mit dem Titel *Logik der Forschung*, in der von Reiner Hedrich verfassten Rezension des von dem Physiker Wilfried Kuhn publizierten Buches *Ideengeschichte der Physik* oder in dem Buch des Theoretischen Physikers Thomas Millack mit dem Titel *Naturwissenschaften und Glaube im Gespräch*. Stellvertretend soll hier der Physiker und Nobelpreisträger Max Born (1892–1970) zitiert werden:

Ideen wie absolute Gewissheit, absolute Genauigkeit, endgültige Wahrheit und so fort sind Erfindungen der Einbildungskraft und haben in der Wissenschaft nichts zu suchen.

Auf diese Fundamentalkritik wird in Abschn. 1.3, 1.4 und Kap. 2 ausführlich eingegangen. Dass weit überwiegend Physiker und nicht Geologen, Meteorologen, Chemiker oder Pharmazeuten sich berufen fühlen, dem Rest der Welt zu erklären, was und wie Naturwissenschaften zu verstehen sind, beruht auf einer langen Tradition, die ihre Wurzeln im 19. Jahrhundert hat. Wie in Abschn. 1.2 näher erläutert, glaubten die Physiker am Ende des 19. Jahrhunderts, den Lauf der Welt mittels einer Handvoll von Naturgesetzen erklären zu können. Sie empfanden ihr Fach als „Leitwissenschaft“ mit der Berechtigung, die gesamten Naturwissenschaften repräsentieren zu können, und diesen Anspruch erheben manche Physiker auch noch zu Beginn des 21. Jahrhunderts. Nun sind, wie in Kap. 1 und 2 dargelegt, die Eigenschaften der Fachrichtung Physik und ihrer Geschichte nicht in jeder Hinsicht für alle Naturwissenschaften repräsentativ, und Verallgemeinerungen aus dem Bereich Physik können sich als Halbwahrheiten erweisen, die zu Fehleinschätzungen Anlass geben.

Fundamentalkritik an der Glaubwürdigkeit naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse kommt allerdings auch vonseiten anderer Naturwissenschaftler. So schreibt der Professor für Biochemie Robert Shapiro in seinem Buch *Origins* (Ursprung des Lebens) auf Seite 37 unter der Überschrift *Science – realm of doubt*: „I have chosen this title to make the strongest possible contrast between the common view of science described above and its essence. Science is not a given set of answers, but a system for obtaining answers. The method by which the search is more important than the nature of the solution. Questions need not to be answered at all, or answers may be produced and then changed. It does not matter how often or profoundly our view of the universe alters, as long as these changes take place in a way appropriate to science.“

Dieser Charakterisierung der Naturwissenschaften muss aus zwei Gründen widersprochen werden. Erstens: Wenn das Fragen und Antworten sowie das immer wiederkehrende Modifizieren der Antworten (Erkenntnisse) kein Ziel hat, betreiben Naturwissenschaftler nur ein geistreiches Gesellschaftsspiel und eine gigantische Vernichtung von Steuergeldern. Das erste Ziel kann nur heißen, einer möglichst zutreffenden und möglichst zuverlässigen Beschreibung und Analyse von Naturphänomenen möglichst nahezukommen. Das weitere Ziel besteht in der Nutzung dieser Erkenntnisse zum Wohle der Menschheit. Zweitens: Shapiro ignoriert die Wurzeln der Naturwissenschaften. Die Menschheit hat sich während ihrer Emanzipation vom Menschenaffen bemüht, Regelmäßigkeiten und gesetzliche Abläufe in der sie umgebenden Natur zu erkennen und in die Zukunft zu extrapolieren (Kap. 2). Diese von der Evolution schon im Säugetiergehirn angelegte Fähigkeit war nicht als Spielerei gedacht, sondern als Strategie, um in einer von Mikroben, Gliederfüßlern (Arthropoden) und Naturkatastrophen beherrschten Welt einige Jahrmillionen überleben zu können.

Schließlich soll hier noch der Biologe Rupert Sheldrake erwähnt werden, der 2012 ein Buch mit dem Titel *Der Wissenschaftswahn* publizierte. Dieses Buch enthält manche bedenkenswerte Fragestellungen und Kommentare, aber als Ausgangspunkt seiner Ausführungen findet sich in der Einleitung auch folgende Aussage (S. 15): „In diesem Buch vertrete ich die Ansicht, dass die Naturwissenschaft von ihren eigenen jahrhundertealten und inzwischen zu Dogmen verhärteten Ansichten ausgebremst wird. Wissenschaft wäre ohne diese Annahmen besser daran, nämlich freier und interessanter, und würde mehr Spaß machen.“ Diese Ansicht erinnert verdächtig an P. Feyerabends „Anything goes.“ Wirklich problematisch sind dann jedoch die folgenden Sätze:

„Der größte Wahn der Naturwissenschaft besteht in der Annahme, sie wüsste bereits die Antworten. Zwar müssten die Details noch ausgearbeitet

werden, aber im Prinzip seien die Grundprobleme gelöst.“ Diese Behauptung muss nun schlicht als Unwahrheit bezeichnet werden. Jeder Wissenschaftler, der auch nur über ein Minimum an Selbstkritik verfügt, ist sich bewusst, dass das Meer des Unbekannten und Unerforschten unendlich größer ist als die Nusschale des Wissens, in der er sich fortbewegt. Ergänzend sei der österreichische Naturforscher Adolf Pichler (1817–1900) zitiert: „Die Forschung ist immer auf dem Weg und nie am Ziel.“ Auf Seite 17 seines Buches stellt Sheldrake auch die Behauptung auf, es gebe in Naturwissenschaft und Medizin das Dogma „Mechanistische Medizin ist die einzig wirksame Medizin“. Der Autor des vorliegenden Buches hat noch keinen Arzt kennengelernt, der diesem Dogma anhängt, und Sheldrake ignoriert und diffamiert Selbstverständnis und Intentionen von Psychoanalyse, Psychotherapie und Psychosomatik (Kap. 3).

Die teils seltsamen, teils irreführenden, teils diffamierenden Kommentare, welche über die Naturwissenschaften von verschiedenen Seiten zum Besten gegeben werden, haben den Autor zu dem Versuch motiviert, das Bild der Naturwissenschaften wieder etwas gerade zu rücken. Das weltweite Fortschreiten naturwissenschaftlicher Forschung produziert täglich einen immensen Fluss neuer Daten und damit auch neue Hypothesen und Erkenntnisse. Da die Naturwissenschaftler so wenig wie andere Menschen perfekte Roboter sind, wird die Datenflut auch von einem, allerdings um Zehnerpotenzen geringeren, Fluss an Fehleinschätzungen und irrümlichen Interpretationen begleitet, von denen aber nur ein äußerst geringer Anteil einer breiteren Öffentlichkeit bekannt wird.

Was bei dieser nicht gerade neuen Erkenntnis aber meist unterschlagen wird, ist die Tatsache, dass die Naturwissenschaften auch über einen automatischen „Selbstheilungsmechanismus“ verfügen. Dieser beruht darauf, dass der Aufbruch in Neuland immer mithilfe von zuvor erarbeiteten Kenntnissen, Methoden, Geräten und Materialien erfolgt. Dabei wird das zuvor erarbeitete Wissen einer ständigen Überprüfung unterzogen, die ggf. zu Korrekturen führt. In anderen Worten, Grundlagenforschung hat den Charakter eines Januskopfes, der einerseits in die Zukunft und auf das wissenschaftliche Neuland blickt, aber andererseits auch stets die früheren Ergebnisse im Auge behält und kontrolliert. Dabei muss auch gesehen werden, dass Entdeckung und Korrektur eines Irrtums meist einen besonders fruchtbaren Erkenntnisgewinn darstellen, und in den Naturwissenschaften ist jeder Irrtum mit seiner Korrektur ein Gewinn an Erkenntnis. Hierin unterscheiden sich die Naturwissenschaften vom Alltagsgeschehen, über das der Schriftsteller Erich Kästner (1899–1974) bemerkte: „Irrtümer haben ihren Wert, jedoch nur hie und da. Nicht jeder der nach Indien fährt, entdeckt Amerika.“

Die zwei wichtigsten Ziele, welche dieses Buch verfolgt, sind:

- Es soll der Frage nachgegangen werden, ob und inwieweit die Naturwissenschaften langfristig verlässliche Erkenntnisse hervorbringen können (Teil I).
- Es soll an einer Auswahl älterer und neuerer Beispiele demonstriert werden, wie Irrtümer durch das Voranschreiten der Forschung wieder beseitigt werden, womit auch ein Blick in die Entstehungsgeschichte der modernen Medizin und Naturwissenschaften verbunden ist (Teil II).

Literatur

Adam K (2012) Kampf gegen die Natur – Der gefährliche Irrweg der Wissenschaft. Rowohlt, Berlin

Bürgin L (1997) Irrtümer der Wissenschaft. Herbig, München

Feyerabend P (1983) Wider den Methodenzwang. Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Hedrich R (2003) Book Review: Wilfried Kuhn „Ideengeschichte der Physik – Eine Analyse der Entwicklung der Physik im historischen Kontext“. J Gen Philos Sci 34: 159

Krüger L. (1978) Vorwort. In Kuhn T. Die Entwicklung des Neuen. Studien zur Struktur der Wissenschaftsgeschichte. Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Kuhn W (2001) Ideengeschichte der Physik – Eine Analyse der Entwicklung der Physik im historischen Kontext. Vieweg, Braunschweig

Millack T (2009) Naturwissenschaft und Glaube im Gespräch. Onken, Kassel

Shapiro R (1986) Origins – a skeptics guide to the creation of life on earth. Bantam Books, New York

Sheldrake R (2012) Der Wissenschaftswahn. O. W. Barth, München

Toulmin S (1968) Voraussicht und Verstehen. Ein Versuch über die Ziele der Wissenschaft. Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Teil I

Erkenntnisse und Definitionen

2

Was versteht man unter Naturwissenschaften?

„Jeder Fehler scheint unendlich dumm, wenn andere ihn begehen.“
(Georg Ch. Lichtenberg)

2.1 Wie erfolgt eine Definition?

Wenn Menschen miteinander reden, passiert es häufig, dass einer der Gesprächspartner einen Begriff verwendet, den der andere nicht versteht. Bemerkte er dies, wird er aus Höflichkeit oder im Interesse eines besseren gegenseitigen Verständnisses versuchen, den unverstandenen Begriff zu erklären. Damit steht er bewusst oder unbewusst vor dem Problem, eine sinnvolle Definition auf die Beine zu stellen. Richtig zu definieren ist also nicht nur ein geistiges Hobby von Wissenschaftlern und Philosophen, sondern ein Problem, das in jedem Alltagsgespräch auftreten kann.

Der Autor machte jedoch bei der Befragung von Chemiestudenten und promovierten Chemikern die Erfahrung, dass zumindest dieser Teil der Naturwissenschaftler meist nicht auf Anhieb erklären kann, wie eine Definition zustande kommt. Bei anderen Fachrichtungen mag die (Aus-)Bildung diesbezüglich besser sein.

Da in diesem Buch Definitionen eine wesentliche Rolle spielen, soll hier kurz auf diesen Begriff eingegangen werden. Definition ist ein Fremdwort, das von dem lateinischen „finis“ (Grenze) abstammt. Eine Definition begrenzt also die Bedeutung eines Begriffes und zeigt damit auch die Unterschiede zu ähnlichen Begriffen auf. Der amerikanische Wissenschaftshistoriker und Theoretiker Stephen Toulmin formulierte in seinem Essay *Ein Versuch über die Ziele der Wissenschaft* folgende Aussage (S. 21): „Definitionen sind wie Hosengürtel. Je kürzer sie sind, umso elastischer müssen sie sein. Ein kurzer Gürtel sagt noch nichts über seinen Träger, wenn man ihn hinreichend dehnt, kann er fast jedem passen. Und eine kurze Definition, die auf eine heterogene Sammlung von Beispielen angewandt wird, muss gedehnt, qualifiziert und umgedeutet werden, bevor sie auf jeden Fall passt.“

Dieser Aussage soll hier entgegengesetzt werden, dass es zum einen nicht der Zweck einer Definition ist, alle Beispiele einer heterogenen Sammlung zu umschließen. Zum anderen ist es der Vorzug einer engen Definition, dass sie präziser ist und damit das Risiko von Überlappungen und Fehlinterpretationen reduziert.

Die 2000-jährige Wissenschaftssprache Latein hat auch hier die kürzeste und präzise Gebrauchsanweisung parat: „Definitio fit per genus proximum et differentia specifica.“ Suche einen Überbegriff und separiere die dazu gehörigen Unterbegriffe durch spezifische Eigenschaften. Diese Vorgehensweise kann man als die Standardmethode des Definierens bezeichnen; sie beinhaltet aber auch den Clou, dass sie ihrer eigenen Gebrauchsanweisung nicht gehorcht. Das heißt, sie demonstriert gleichzeitig, dass es auch andere sinnvolle Methoden des Definierens gibt. Es gehört jedoch immer zu einer guten Definition, dass der zu erklärende Begriff in der Definition weder als Substantiv, noch als Adjektiv oder Adverb auftaucht. Die Definition eines Apfels als runde Frucht, die apfelartig aussieht, ist dementsprechend keine gute Definition. Allerdings ist Apfel auch ein Beispiel dafür, dass es bei trivialen Objekten des Alltags oft sehr schwierig ist, eine kurze, saubere Definition zu finden. Der russische Schriftsteller Fjodor Dostojewski (1821–1881) demonstrierte allerdings, dass man die komplexe Alltagserscheinung Mensch sachlich und formal richtig mit zwei Worten charakterisieren kann: „Der Mensch ist ein undankbarer Zweibeiner.“ Das Beispiel einer perfekten Fehlleistung findet sich zum Beispiel in Wikipedia mit der Erklärung: „Literaturwissenschaft ist die Wissenschaft von der Literatur.“

Wenn Otto Normalverbraucher rasch definieren muss, geschieht dies meist mittels eines Nebensatzes, der mit „wenn“ beginnt. Am Begriff Chemie lässt sich der Unterschied zwischen Standarddefinition und salopper Umgangssprache wie folgt illustrieren. „Chemie ist die Lehre von Struktur, Eigenschaften und Reaktionen von Atomen und Molekülen“ oder „Chemie ist, wenn es stinkt und kracht“.

Zum Schluss soll dem geeigneten Leser die vielleicht schönste, sicherlich aber amüsanteste, in der deutschen Literatur zu findende Standarddefinition zur Kenntnis gebracht bzw. in Erinnerung gerufen werden. Sie stammt vom Physiklehrer des Gymnasiums in Babenberg. Babenberg liegt in der Feuerzangenbowle, und der Physiklehrer hat den Spitznamen „Bömmel“. Als der neue Oberprimaner Pfeiffer zum ersten Mal in den Genuss einer Physikstunde kam, stand die Funktionsweise der Dampfmaschine zur Erklärung an. Und also sprach Bömmel (seiner Herkunft entsprechend in rheinischem Dialekt): „Wo simmer denn dran? Aha, heute krieje mer de Dampfmaschin. Also wat is en Dampfmaschin? Da stelle mer uns janz dumm. Und da sache mer so: En Dampfmaschin dat is eine große schwarze Raum, der hat hinten un vorne en

Loch. Dat eine Loch, dat is de Feuerung und dat andere Loch, dat krieje mer später!“ Damit ist Bömmel sicherlich ein aussichtsreicher Anwärter auf den Preis für die unspezifischste *differencia specifica* aller Zeiten.

2.2 Was heißt Naturwissenschaften?

In seinem Buch *Die exakten Geheimnisse unserer Welt* präsentiert der Autor Isaac Asimov eine einleuchtende Erklärung über den Ursprung der (Natur-)Wissenschaften, die hier verkürzt wiedergegeben werden soll (S. 11–13):

„An einem frühen Punkt der Entwicklung des Lebens trat jedoch bei einigen Organismen die Fähigkeit zur selbstständigen Fortbewegung auf. Das bedeutete einen ungeheuren Schritt nach vorne. [...] Auf diese Weise hielt das Abenteuer Einzug auf der Erde – und die Neugier. Lebewesen, die sich im Konkurrenzkampf um ein begrenztes Nahrungsangebot zu zögerlich oder bei der Erkundung ihrer Umwelt zu vorsichtig verhielten, verhungerten. Sehr früh wurde die Neugier an der Umwelt zu einer Vorbedingung des Überlebens. [...] Die Entwicklung hin zu immer komplexer strukturierten Organismen ging einher mit einer Vermehrung der Sinnesfunktionen und mit einer Spezialisierung und Verfeinerung der Sinnesorgane. Immer mehr und immer differenziertere Informationen aus und über die Umgebung konnten aufgenommen werden. [...] Irgendwann kommt ein Punkt, an dem die Fähigkeit, Informationen aus der Umwelt aufzunehmen, zu speichern und zu interpretieren, über die schiere Notwendigkeit der Daseinserhaltung hinauswächst. [...] Wenn die Neugier auch wie jedes andere menschliche Bedürfnis unerquickliche Formen annehmen kann, ... so bleibt sie doch eine der wohl wertvollsten Eigenschaften der menschlichen Natur. Denn die edle Seite der Neugier ist die Wissbegier – der Wunsch zu lernen. [...] Es scheint also, als ob die Wissbegier uns stufenweise in immer ätherischere und anspruchsvollere Bereiche der geistigen Betätigung führt – vom Wissen um Bewerkstelligung des Nützlichen zum Wissen um die Gestaltung des Schönen und zum ‚reinen‘ Wissen, d. h. zu der ‚Wissenschaft‘.“ Eine griffige Definition von Naturwissenschaft lieferte I. Asimov allerdings nicht.

Nun gibt es zahlreiche Schriften, in denen das Wesen der Naturwissenschaften als Ganzes beschrieben wird, meist im Zusammenhang mit anderen Wissenschaften und unter dem Aspekt der Wissenschaftstheorie. Derartige Schriften stammen typischerweise aus der Feder von Philosophen. Zudem gibt es zahlreiche Aufsätze oder Bücher, in denen Teilaspekte der Naturwissenschaften kommentiert werden, und hier sind Wissenschaftsjournalisten am häufigsten vertreten. Weiter gibt es seltener, aber besonders gewichtige Beiträge zum Verständnis der Naturwissenschaften vonseiten der Naturwis-

senschaftler selbst, insbesondere vonseiten der Physiker. Mehr als 95 % allen Schrifttums über Naturwissenschaften hat überraschenderweise gemeinsam, dass die Autoren keine Definitionen der zentralen Begriffe Naturwissenschaften und Grundlagenforschung präsentieren. Diese Tatsache kann zwei Ursachen haben. Entweder sind alle Autoren überzeugt, dass sie selbst und ihre potenziellen Leser diese Begriffe hinreichend klar verstehen und Definitionen daher überflüssig sind. Dann ist jedoch schwer verständlich, warum so viele unterschiedliche Ansichten über Naturwissenschaften publiziert wurden und werden. Oder die Autoren haben Angst, sich durch klare Definitionen angreifbar zu machen. Wie auch immer, dem vorliegenden Buch sind zwei Definitionen vorangestellt, nicht in der Annahme, die besten Definitionen aller Zeiten gefunden zu haben, aber in der Absicht, eine präzise Basis für konsistente Diskussionen zu bieten.

- **Naturwissenschaft** ist die Beschreibung aller Erscheinungen der Natur (und des Kosmos) sowie die Erklärung dieser Erscheinungen auf der Basis von (Natur-)Gesetzen und deren Wechselwirkungen.
- **Grundlagenforschung** ist die Suche nach Naturgesetzen sowie nach dem Verständnis ihrer Konsequenzen und Wechselwirkungen.

Charakteristisch für die Arbeitsweise (Methodik) der naturwissenschaftlichen Forschung ist die Suche nach Beobachtungen, Messungen und Experimenten, die unabhängig von Zeit, Raum und subjektiven Eigenschaften der Forscher reproduzierbar sind. Hierin besteht ein entscheidender Unterschied zu mehreren anderen Wissenschaften, worauf in Abschn. 2.5 näher eingegangen wird.

In seinem in 2009 erschienen Buch mit dem Titel *Naturwissenschaft und Glaube im Gespräch* geht der Theoretische Physiker Thomas Millack einen alternativen Weg. Anstelle einer kurzen Definition präsentiert er im zweiten Kapitel eine ausführliche Abhandlung seines Verständnisses von Naturwissenschaften, wobei er vor allem auf die Methodik (Beobachtung, Modellbildung, Verifikation, Vorhersage) eingeht und als charakteristische Eigenschaften die Begriffe objektiv, wiederholbar und formal diskutiert.

Das Wort Naturwissenschaften wird im nachfolgenden Text als Sammelbegriff verschiedener Fachrichtungen verwendet, die unter den Begriffen Astronomie, Biologie, Chemie, Geologie, Pharmazie, Physik usw. bekannt sind. Es gibt jedoch zwischen den einzelnen Fachrichtungen formale Unterschiede (die Existenz inhaltlicher Unterschiede ist trivial, sonst gäbe es keine verschiedenen Fachrichtungen), die dann eine Rolle spielen, wenn es um die Frage geht, inwieweit zentrale Begriffe wie Naturgesetz, Modell, Hypothese, Reproduzierbarkeit für alle Fachrichtungen zutreffend definiert und verstanden werden können. Diese formalen Unterschiede sollen hier als (komplementä-

re) Polaritäten bezeichnet werden, denn es handelt sich nicht um Alternativen oder Gegensätze.

Bedeutung für das wissenschaftliche Weltbild des Menschen Die heutigen Fachrichtungen liefern aufgrund ihrer inhaltlichen Ausrichtungen sehr unterschiedliche Beiträge zum naturwissenschaftlichen Weltbild des Menschen und zu seinem Selbstverständnis. Die größten Beiträge können heute und in naher Zukunft von folgenden Fächern erwartet werden: Theoretische Physik im Verbund mit Kernphysik, Evolutionstheorie im Verbund mit Genetik und Gehirnforschung im weitesten Sinne. Die Chemie hat seit der Eliminierung des Vitalismus Anfang des 19. Jahrhunderts (Abschn. 8.3) keinen derartigen Beitrag mehr geleistet, wenn man die Molekularbiologie der Biologie zuordnet.

Bedeutung für den Alltag der Menschen Was das Niveau unsere heutigen Zivilisation und die Fortschritte im Alltagsleben betrifft (Abschn. 2.4), hat die Chemie – neben der Physik – mehr als alle anderen Fachrichtungen entscheidende Beiträge geliefert. Das betrifft zum Beispiel die Sicherung der Ernährung von etwa 90 % der westlichen Bevölkerung, ferner Hygiene und Infektionsverhütung, es betrifft über 90 % aller Medikamente der Medizin und etwa 95 % aller Polymere (Abschn. 8.4 und 8.5), von denen zum Beispiel auch die Verfügbarkeit von Elektrizität und aller Verkehrsmittel abhängt.

Abstraktionsgrad Den höchsten Abstraktionsgrad erreicht die Physik, während diejenigen Disziplinen, die im Wesentlichen natürliche Erscheinungen beschreiben, den niedrigsten Abstraktionsgrad repräsentieren (womit keinerlei Wertung verbunden ist).

Ausmaß der experimentellen Laborforschung Hier repräsentieren Chemie und Physik den einen Pol, da mehr als 95 % aller Forschungsergebnisse aus Laborexperimenten stammen. Teilgebiete der Biologie oder Geologie, bei denen Beschreibungen natürlicher Phänomene im Vordergrund stehen, repräsentieren den anderen Pol.

Häufigkeit von Laborexperimenten Hier bilden bestimmte Disziplinen der Physik den einen und die Chemie den anderen Pol. Arbeitsgruppen, die an Teilchenbeschleunigern arbeiten, können typischerweise zehn bis 50 Versuche pro Jahr durchführen. Arbeitsgruppen auf dem Gebiet der Laserstrahlung kommen oft nur auf zwei bis zehn neuartige Experimente pro Jahr, wenn neue Apparaturen gebaut und erprobt werden müssen. Als Beispiel für eine durchschnittlich große Arbeitsgruppe von Chemikern an einer Universität

kann der Autor seinen eigenen ehemaligen Arbeitskreis nennen. Dieser bestand aus zwölf bis 17 Personen, die sich aus ein bis drei Diplomanden, fünf bis acht Doktoranden, einem promovierten Gastwissenschaftler (postdoc), zwei Chemotechniker(inne)n und einem promovierten Assistenten zusammensetzte. Da die Experimente mit relativ einfachen Geräten und meist mit Chemikalien aus dem Handel oder der chemischen Industrie durchgeführt werden konnten, kamen 500 bis 800 Versuche pro Jahr zur Ausführung. Auf jeden Versuch kamen im Durchschnitt zwei Messungen, die zeigen sollten, ob der Versuch den erwarteten Verlauf genommen hatte. Diese Zahlen sind keinesfalls Extremwerte. Das heißt, eine chemische Forschergruppe kann im Durchschnitt etwa 20- bis 50-mal so viele Experimente pro Jahr durchführen wie Teilchen- oder Laserphysiker. Diese Zahlen beinhalten keinerlei Wertung. Aber für einen Forscher, der viele Versuche pro Jahr durchführen kann, ist es schneller und billiger möglich, die Reproduzierbarkeit von Experimenten zu testen sowie Gesetzmäßigkeiten der Forschung kennenzulernen, insbesondere das Entstehen von handwerklichen Fehlern, Fehlinterpretationen und Irrtümern wie auch deren Korrektur.

Die obige Aufzählung von Polaritäten zeigt, dass bei allen Vergleichen die Physik und insbesondere die Kern-(Teilchen-)Physik den einen Pol bilden. Das birgt die Gefahr in sich, dass Begriffe und Deutungen, die auf der Physik und deren Geschichte basieren, nicht für die gesamten Naturwissenschaften zutreffend sind und dennoch auf die gesamten Naturwissenschaften angewandt werden.

2.3 Was heißt Naturgesetz?

Da der Begriff „Naturgesetz“ in den genannten Definitionen von Naturwissenschaft und Grundlagenforschung eine entscheidende Rolle spielt, soll hier auf Bedeutung und Definition dieses Begriffes ausführlich eingegangen werden. Während in modernen Lehrbüchern der Physik, Chemie oder Biologie unter dem Stichwort „Naturgesetz“ keine Erklärungen bzw. Definitionen zu finden sind, enthält das in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts verbreitete Physiklehrbuch für Gymnasien der Professoren Friedrich Dorn und Franz Bader die kurze Definition: „Naturgesetze sind allgemeine Aussagen über die Natur.“

Diese Aussage ist insofern falsch, als dass es sich bei den weitaus meisten Naturgesetzen um sehr spezifische Eigenschaften von Teilen der Natur handelt. Der Autor möchte daher die folgende Definition zur Diskussion stellen: „Naturgesetze sind fundamentale Eigenschaften der Natur bzw. der Schöp-

fung, auf deren Basis alle Erscheinungen und Veränderungen der Natur sowie alle reproduzierbaren Experimente aus Menschenhand ihre charakteristische Prägung erhalten.“

Hier ist zu ergänzen, dass der Ausdruck Naturgesetz ein für die deutsche Sprache typisches Kombiwort ist, das ausführlicher und präziser eigentlich Gesetz der Natur lautet, wie in anderen europäischen Sprachen auch: law of nature, loi de la nature, legge della natura usw. Dieser Begriff sagt also a priori nichts weiter aus, als dass es sich um Gesetze handelt, welche der Natur eigen sind, im Unterschied zu Gesetzen, die von Menschen erlassen werden, um das Zusammenleben in einer Gesellschaft zu regeln. Jede andersartige oder darüber hinaus gehende Interpretation bedarf daher einer Begründung.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass alles, was der Mensch wahrnimmt und denkt, auf biochemischen und physikalischen Aktivitäten seines Gehirns beruht. Die Wahrnehmung von Naturphänomenen und Naturgesetzen ist daher immer relativ zur Struktur und Erkenntnisfähigkeit des menschlichen Gehirns. Die Evolution hat die Entwicklung des Gehirns im Tierreich schrittweise vorangetrieben mit dem Ziel, die Überlebensfähigkeit und Verbreitung von Tierstämmen, Gattungen und Arten kontinuierlich zu verbessern. Der geringstmögliche Informationsfluss, der dies ermöglichte, musste genügen. Ein Wesen mit umfassendem Verständnis der gesamten Schöpfung ist als Fernziel der Evolution nicht erkennbar und im Homo sapiens auch sicherlich nicht realisiert. Die Frage, was die Natur an sich ist, ohne die begrenzte Sichtweise des Menschen, ist daher unnütz. Solange der Mensch nicht mit einer andersartigen und höheren Intelligenz kommunizieren kann, kann es zu dieser Frage keine rationale Diskussion geben.

Einerseits hat die Natur hier mithilfe der Evolution zum Menschen ein Wesen und ein Organ geschaffen, mit dem sie in begrenztem Umfang fähig ist, sich selbst zu reflektieren. Etwas skeptischer drückte es der Aphoristiker Felix Renner aus: „Der Mensch ist der strafende Blick der Natur auf sich selbst.“ Dieser Sachverhalt gibt dem Menschen zweifellos eine Sonderstellung unter den bisher bekannten Lebewesen. Aus der Sicht eines Naturwissenschaftlers ergibt sich daraus aber nicht der Anspruch, ein Ebenbild Gottes zu sein oder zu werden. Vielmehr ist hier die Skepsis Mark Twains (1835–1910) bedenkenswert: „Gott hat den Menschen erschaffen, weil er vom Affen enttäuscht war. Danach hat er auf weitere Experimente verzichtet.“ Der Biologe und Nobelpreisträger Konrad Lorenz (1903–1989) meinte zu dieser Thematik: „Ich glaube, ich habe die Zwischenstufe zwischen Tier und *Homo sapiens* gefunden. Wir sind es!“

Andererseits ist der Mensch wohl doch etwas mehr als ein durch Zufall entstandener Zigeuner am Rande des Universums, wie das der Evolutionsbiologe und Nobelpreisträger Jaques Monod (1910–1976) formulierte (Abschn. 6.4). Auf die Frage nach dem Sinn dieser erstaunlichen Entwicklung der Evolution

können die Naturwissenschaften keine Erklärung geben, so wenig wie auf jede andere Frage nach Sinn. Naturgesetze, sofern sie denn richtig erkannt wurden, erklären das „Wie“ und eventuell das „Warum“ von Ereignissen in der Natur und von Experimenten im Labor, aber sie erklären nie den Sinn der gesamten Natur.

In seiner mehrfach publizierten Züricher Antrittsrede von 1922 mit dem Titel *Was ist ein Naturgesetz?* beginnt der Theoretische Physiker Erwin Schrödinger (1887–1967) seine Ausführungen mit der Aussage (S. 10): „Als Naturgesetz bezeichnen wir doch wohl nichts anderes als eine mit genügender Sicherheit festgestellte Regelmäßigkeit im Erscheinungsablauf ...“ (Zum Unterschied von Regeln und Gesetzen vgl. Abschn. 3.4) Diese Aussage hinterfragt E. Schrödinger im nachfolgenden Text kritisch, aber den Begriff „Naturgesetz“ stellt er nicht grundsätzlich infrage. Es war sein besonderes Anliegen aufzuzeigen, dass fast allen Naturgesetzen ein statistischer Vorgang zugrunde liegt und keine einfache Kausalität (S. 10):

Die physikalische Forschung hat in den letzten vier bis fünf Jahrzehnten klipp und klar bewiesen, dass zumindest für die erdrückende Zahl der Erscheinungsabläufe, deren Regelmäßigkeit und Beständigkeit zur Aufstellung des Postulates der allgemeinen Kausalität geführt haben, die gemeinsame Wurzel der beobachteten strengen Gesetzmäßigkeit – der Zufall ist. [...] Bei jeder physikalischen Erscheinung, bei der wir eine Gesetzmäßigkeit beobachten, wirken ungezählte Tausende, meisten Milliarden einzelner Atome und Moleküle mit. [...] Das einfachste und durchsichtigste Beispiel für die statistische Auffassung der Naturgesetzlichkeit – zugleich ihr Ausgangspunkt in historischer Beziehung – bildet das Verhalten der Gase.

E. Schrödinger kommt dann ausführlich auf die kinetische Gastheorie zu sprechen (S. 11, 12) und fährt fort (S. 13): „Ich könnte noch eine große Anzahl experimentell und theoretisch genau untersuchter Fälle ausführen, so das Zustandekommen der gleichmäßig blauen Himmelfarbe durch die völlig unregelmäßigen Schwankungen der Luftdichte, oder den streng gesetzmäßigen Zerfall radioaktiver Substanzen, der aus dem regellosen Zerfall der einzelnen Atome sich aufbaut, wobei es ganz vom Zufall abzuhängen scheint, welche Atom sogleich, welche morgen, welche in einem Jahr zerfallen werden.“

E. Schrödinger machte damit richtige Aussage über fast alle, wenn nicht alle Gesetze der Physik. Der Begriff „Naturgesetz“ ist allerdings kein Eigentum der Physiker, und E. Schrödinger wie auch andere Physiker (s. unten) haben nicht bedacht, dass manche Lehren der Physik nicht notwendigerweise auch für andere Bereiche der Naturwissenschaften gelten. So basieren die Gesetze tausender biochemischer Reaktionen, die den biologischen Funktionen

aller Lebewesen zugrunde liegen, eben nicht auf statistischem Verhalten der Einzelmoleküle. Vielmehr müssen alle gleichartigen Moleküle, die an einem bestimmten Reaktionstyp teilnehmen, in genau gleicher Weise reagieren, und alle Moleküle, die an einem individuellen Reaktionsablauf teilnehmen, reagieren in einer konzertierten Aktion, damit ein biologisch sinnvolles Signal oder Produkt in der benötigten Intensität bzw. Menge entstehen kann. Die in Abschn. 9.3 beschriebene Umwandlung eines Lichtstrahls in einen Impuls des Sehnervs ist dafür ein konkretes Beispiel. In anderen Worten, bei biochemischen Reaktionen gibt es einen direkten kausalen Zusammenhang zwischen Einzelreaktion, Gesamtverhalten aller analog reagierenden Moleküle und biologischer Auswirkung. Auch im Hinblick auf die folgenden Diskussionen soll hier ein Satz des bedeutenden Evolutionsbiologen Ernst Mayr (1904–2005) zitiert werden: „Die Biologie ist keine zweite Physik.“

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts und zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde und wird der Begriff „Naturgesetz“ von dem Wissenschaftstheoretiker Sir Karl R. Popper (1904–1994) und der Mehrheit der Physiker einer Fundamentalkritik unterzogen. Ein großer Teil dieser Kritik, vor allem vonseiten der Physiker, basiert allerdings auf der Tatsache, dass die Physiker des 19. Jahrhunderts diesen Begriff mit einer Bedeutung überladen haben, der in diesem Begriff a priori gar nicht enthalten ist. Die aufgeworfene Problematik hat ihre Wurzel in der Geschichte der Naturwissenschaften im Allgemeinen und der Physik im Besonderen. Die Physik ist älter als die moderne Chemie und hat wie bereits erwähnt den höchsten Abstraktionsgrad der Naturwissenschaften. Hinzu kommt, dass die Mathematik für die Formulierung von Gesetzen schon viel früher zur Verfügung stand als die Formelsprache der Chemie, die erst 1874 durch eine Publikation des späteren Nobelpreisträgers (1901) Jakob H. van't Hoff (1852–1911) zur Vollendung kam. Die Physiker am Ende des 19. Jahrhunderts waren überzeugt, über ein nahezu komplettes Weltbild zu verfügen. Beispielhaft ist die Antwort des Münchner Physikprofessors Philipp von Jolly auf die Frage des jungen Max Planck nach dem Sinn eines Physikstudiums (1874). Jolly rät ab, weil „in dieser Wissenschaft schon fast alles erforscht ist, und es gelte nur noch einige unbedeutende Lücken zu schließen“.

Die Physiker des 19. Jahrhunderts beanspruchten die Deutungshoheit über den Begriff „Naturgesetz“. Sie beluden diesen Begriff mit dreierlei Ansprüchen, von denen sich keine im Nachhinein als sinnvoll oder richtig erwies.

Erstens: Naturgesetze, das waren nur die hehren Gesetze der Physik, welche die Welt regierten. Die unzähligen Gesetze, welche Biologen, Chemiker, Geologen und andere Naturwissenschaftler in ihrer Forschung entdeckten und erarbeiteten, wurden nur (biologische, chemische oder geologische) Gesetze genannt. Sie waren bestenfalls Naturgesetze dritter Klasse. Von Hermann

Helmholtz (1821–1894) stammt der Satz: „Das letzte Ziel aller Naturwissenschaft ist, sich in Mechanik aufzulösen.“ Und noch nach 1900 äußerte der Physiker und Nobelpreisträger Sir Ernest Rutherford (Abschn. 9.1) die Ansicht: „All science is either physics or stamp collecting.“ Diese Kombination von beruflichen Scheuklappen und Arroganz verhinderte, dass die Physiker die in den folgenden beiden Punkten aufgezeigten Probleme wahrnahmen.

Darüber hinaus vermittelt die Physik insofern ein reduziertes Bild der Natur, als sie nur ein paar Dutzend wichtiger Naturgesetze präsentiert. Einschließlich der angewandten Forschung, wie der Laser und Festkörperforschung, mag die Zahl der physikalischen Gesetze in die Tausende gehen. In der Biologie sind aber Millionen Gesetze notwendig, um die Strukturen und biochemischen Reaktionen aller Arten von Pflanzen und Tieren zu charakterisieren. Auch in der Chemie gibt es Millionen Gesetzmäßigkeiten, denn allein bis zum Jahr 2013 wurden ca. 10 Mio. verschiedene Substanzen synthetisiert. Auch wenn man all diesen Gesetzen verglichen mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz nur eine minimale Bedeutung beimisst, so bleiben sie dennoch Naturgesetze (zur Frage der Bedeutung von Naturgesetzen findet sich eine Diskussion am Ende von Abschn. 3.4). Das heißt, schon nach 200 bis 300 Jahren moderner Naturwissenschaften sind zig Millionen Naturgesetze bekannt oder absehbar, und diese Zahl wird auch in Zukunft weiter wachsen. Wenn man dazu berücksichtigt, dass der Mensch ohnehin nur einen Teil der gesamten Natur wahrnehmen kann, so ergibt sich für die Menschheit auch in Zukunft kein Ansatzpunkt für eine Abschätzung oder gar Berechnung aller Naturgesetze, die unsere Raum-Zeit-Welt beinhaltet.

Zweitens: Für Physiker gehörte es zum richtigen Verständnis von Naturgesetzen, dass diese in mathematische Formeln gegossen werden konnten. Vorreiter dieser Mentalität waren Thales von Milet (624–546 v. Chr.) und Galileo Galilei (1564–1642) der in seinem 1623 erschienen Werk *Il saggiaiore* sinngemäß schrieb: „Mathematik ist das Alphabet, mit dessen Hilfe Gott das Buch des Universums geschrieben hat.“ Immanuel Kant (1724–1804) machte in seinem Werk *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* 1786 folgende Aussage: „Ich behaupte aber, dass in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist.“

In seinem neuesten Buch *Gottes Würfel* (2013) schreibt der Physiker Helmut Satz (S. 205): „Man sagt, Mathematik sei die Sprache der Physik, die Gott benutzt, wenn er mit den Menschen reden möchte. Das mag sein, obwohl er sicherlich vielsprachig ist und sich auch durch Musik oder Dichtung verständlich machen kann. Trotzdem lässt sich schwer übersehen, dass er letztlich doch immer wieder auf Mathematik zurückgreift. Wie sonst können wir verstehen, dass die Anordnung der Blüten auf allen Blumen nach einer