

**Michael Esfeld
Christian Sachse
Kausale
Strukturen**

**Einheit und Vielfalt
in der Natur und
den Naturwissenschaften
suhrkamp taschenbuch
wissenschaft**

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft 1970

Die Physik erklärt die Welt anders als die Biologie oder die Psychologie. Aber wie lässt sich das Verhältnis bestimmen zwischen der Physik und den Einzelwissenschaften, die sich jeweils auf einen begrenzten Bereich der Welt beziehen? Michael Esfeld und Christian Sachse argumentieren für zwei Thesen: Sowohl die Physik als auch die Einzelwissenschaften handeln erstens von kausalen Strukturen. Vor diesem Hintergrund ist es zweitens möglich, eine Position zu entwickeln, die beidem gerecht wird – dem Erkenntnisanspruch der Physik, wie er in fundamentalen und universellen Theorien formuliert wird, und dem Beitrag der Einzelwissenschaften zum Verständnis der Welt, der sich in deren eigenständigen Klassifikationen ausdrückt, die nicht durch physikalische Klassifikationen ersetzt, aber systematisch mit diesen verbunden werden können.

Michael Esfeld ist Professor für Wissenschaftsphilosophie an der Universität Lausanne. Im Suhrkamp Verlag sind erschienen: *Holismus in der Philosophie des Geistes und in der Philosophie der Physik* (stw 1572), *Naturphilosophie als Metaphysik der Natur* (stw 1863).

Christian Sachse ist akademischer Oberrat für Geschichte und Philosophie der Naturwissenschaften an der Universität Lausanne.

Michael Esfeld/Christian Sachse
Kausale Strukturen

Einheit und Vielfalt in
der Natur und
den Naturwissenschaften

Suhrkamp

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

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1970

Erste Auflage 2010

© Suhrkamp Verlag Berlin 2010

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung,
des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung
durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert
oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Umschlag nach Entwürfen

von Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

Druck: Druckhaus Nomos, Sinzheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-518-29570-0

I 2 3 4 5 6 – 15 14 13 12 11 10

Inhalt

Einleitung	7
1. Das Dilemma des Funktionalismus	12
1.0 Einführung und Überblick	12
1.1 Die Motivation für den Funktionalismus	14
1.2 Der Rollen-Funktionalismus	26
1.3 Der Realisierer-Funktionalismus	35
1.4 Die Zukunft des Funktionalismus	42
2. Die Metaphysik kausaler Strukturen	45
2.0 Einführung und Überblick	45
2.1 Das philosophische Argument für kausale Eigenschaften	46
2.2 Physik und Strukturenrealismus	60
2.3 Das Argument für kausale Strukturen	66
2.4 Kausale Strukturen in der Physik und der Übergang zu den Einzelwissenschaften ...	77
2.5 Strukturen als Modi	92
2.6 Identitätstheorie und ontologischer Reduktionismus	101
3. Die Evolutionstheorie und kausale Strukturen in der Biologie	114
3.0 Einführung und Überblick	114
3.1 Evolution, Fitness und Adaptationismus	123
3.2 Die Relevanz der Umwelt	135
3.3 Das Kriterium für kausale biologische Strukturen .	142
3.4 Biologische Funktionen und funktionale Erklärungen	149
4. Fallstudie: klassische und molekulare Genetik	155
4.0 Einführung und Überblick	155
4.1 Der funktionale Genbegriff in der klassischen Genetik	156
4.2 Kausale Erklärungen in der molekularen Genetik .	162
4.3 Vergleich der Begriffe und Erklärungen beider Theorien	168

5. Funktionale Reduktion ohne Elimination:	
Vielfalt in Einheit	184
5.0 Einführung und Überblick	184
5.1 Funktionale und reduktive Erklärungen	186
5.2 Funktionale Subtypen und die Brücke zwischen den Wissenschaften	195
5.3 Konservative Theorienreduktion und der Erkenntniswert der Einzelwissenschaften	208
Schluss und Ausblick	222
Zusammenfassung der Unterkapitel	227
Literatur	233
Namenregister	254
Sachregister	258

Einleitung

Was ist das Verhältnis zwischen der Physik, die sich auf das gesamte Universum bezieht, und den Einzelwissenschaften wie der Chemie, der Biologie, der Psychologie oder der Soziologie, die sich jeweils auf einen begrenzten Gegenstandsbereich beziehen? Wieso gibt es zusätzlich zu den universellen Theorien der Physik noch die Theorien der Einzelwissenschaften? Leisten diese einen Beitrag zum wissenschaftlichen Verständnis dessen, was es in der Welt gibt, den die Physik prinzipiell nicht leisten kann? Oder haben sie nur einen heuristischen und pragmatischen Wert, indem sich aus ihnen für bestimmte Bereiche einfacher als aus den universellen Theorien der Physik Voraussagen gewinnen lassen, die für alle Zwecke der Anwendung hinreichen?

Einerseits schließen die universellen Theorien der Physik es aus, dass es zusätzlich zu den von ihnen beschriebenen Eigenschaften emergente chemische, biologische oder mentale Eigenschaften geben könnte, die eigenständige Wirkungen im physikalischen Bereich haben. Alle kausalen Interaktionen, die es in der Welt gibt, fallen vollständig unter die fundamentalen physikalischen Gesetze. Andererseits gibt es gewichtige Einwände gegen einen eliminativistischen Physikalismus, der nur die Physik als wissenschaftliche Beschreibung der Welt anerkennt, wie Rutherford gesagt hat, »Alle Wissenschaft ist entweder Physik oder Briefmarkensammeln« (zitiert aus Blackett 1962, S. 108).

Seit den 1970er Jahren ist der Funktionalismus die dominierende philosophische Antwort auf die Frage nach der Einheit der Natur und der Naturwissenschaften. Er ist deshalb attraktiv, weil er eine Antwort auf diese Frage zu geben scheint, die beidem gerecht wird – der Einheit der Natur und ihrer Vielfalt ebenso wie den universellen Theorien der Physik und dem Erkenntniswert der Einzelwissenschaften. Diese Antwort besagt, dass zwar alle Eigenschaften, die es in der Welt gibt, physikalisch realisiert sind, dass sich aber die Eigenschaften, von denen die Einzelwissenschaften handeln, physikalisch unterscheiden können, das heißt multipel realisiert sind. Deshalb kann man in der wissenschaftlichen Beschreibung und Erklärung der Welt nicht auf die Theorien der Einzelwissen-

schaften verzichten, ohne dass diese von emergenten Eigenschaften im genannten Sinn handeln.

Seit den 1990er Jahren wird jedoch zunehmend klar, dass diese Antwort nicht trägt. Wenn die Eigenschaften, von denen die Einzelwissenschaften handeln, physikalisch realisiert sind, ohne mit physikalischen Eigenschaften identisch zu sein, dann können diese Eigenschaften keine Wirkungen hervorbringen und sind also Epiphänomene. Dieses Problem ergibt sich unmittelbar aus dem Konzept der multiplen Realisation, wenn dieses eingesetzt wird, um einen nicht-reduktionistischen Funktionalismus zu begründen: Wie können die Theorien und Gesetzaussagen der Einzelwissenschaften etwas zum wissenschaftlichen Verständnis der Welt beitragen, wenn alle kausalen Interaktionen physikalische Interaktionen sind, die vollständig in den Begriffen fundamentaler und universeller physikalischer Theorien beschrieben und erklärt werden können? Die herkömmlichen Versionen des Funktionalismus drohen in den Epiphänomenalismus hineinzulaufen, was die funktionalen Eigenschaften im Gegenstandsbereich der Einzelwissenschaften betrifft, und in den Eliminativismus, was den Erkenntniswert der Theorien und Gesetzaussagen der Einzelwissenschaften betrifft.

Dennoch glauben wir an die Zukunft des Funktionalismus. Er ist nach wie vor der einzige konzeptuelle Rahmen, der eine Erklärung dessen ermöglicht, wieso es die Eigenschaften in der Welt gibt, von denen die Einzelwissenschaften handeln – ohne diese Eigenschaften einfach zugunsten physikalischer Eigenschaften wegzudrängen oder sie als unerklärbare, emergente Phänomene zu deklarieren. Aber der Funktionalismus muss anders als in der herkömmlichen Weise konzipiert werden, die sich auf die Begriffe der Realisation und der multiplen Realisation stützt. Es sind diese philosophischen Kunstbegriffe, welche in das genannte Problem erst hineinführen.

Dieses Buch entwickelt zwei Ideen, eine metaphysische und daran anschließend eine epistemologische. Diese Ideen sind beide reduktionistisch, aber konservativ statt eliminativistisch. Daher sind sie in der Lage, sowohl der Einheit der Natur und der Naturwissenschaften als auch ihrer Vielfalt Rechnung zu tragen. Wir argumentieren für eine Metaphysik von Eigenschaften, die alle Eigenschaften in der Welt einschließlich der fundamentalen physikalischen als funktionale Eigenschaften in einem weiten Sinn konzi-

piert, nämlich als kausale Eigenschaften. Genauer gesagt handelt es sich in erster Linie um kausale Strukturen. Wir führen Argumente aus der Physik und der Philosophie für diese These an, die unabhängig vom Funktionalismus sind. Dann zeigen wir, wie es auf dieser Grundlage möglich ist, eine konservative Theorie der Identität aller Eigenschaften in der Welt mit physikalischen Eigenschaften zu vertreten, welche die Probleme der multiplen Realisation vermeidet und damit zugleich die Klippen des Epiphänomenalismus und des Eliminativismus umschifft.

Auf diese Metaphysik von Eigenschaften bauen wir eine Sicht der Teilung der wissenschaftlichen Arbeit zwischen den universellen Theorien der Physik und den Theorien der Einzelwissenschaften auf. Sobald wir es mit komplexen Konfigurationen fundamentaler physikalischer Eigenschaften zu tun haben, beschreibt das physikalische Vokabular deren Zusammensetzung; die Aufgabe der Einzelwissenschaften ist es, deren Funktion im Sinn der charakteristischen Wirkungen, die diese Konfigurationen als Ganze haben, zu beschreiben. Unterschiedlich zusammengesetzte Konfigurationen können in bestimmten Umwelten die gleichen signifikanten Wirkungen hervorbringen; daraus speist sich das gesamte Gewicht, das der multiplen Realisation beigemessen wird.

Die zweite Idee dieses Buchs, die epistemologische Idee, lautet, dass man nichtsdestoweniger die physikalischen und die einzelwissenschaftlichen Beschreibungen systematisch miteinander verbinden kann. Indem man funktionale Subtypen konzipiert, ist es möglich, die funktionalen Beschreibungen der Einzelwissenschaften systematisch in deren Vokabular so zu präzisieren, dass sie extensionsgleich mit den physikalischen Beschreibungen der Zusammensetzung der entsprechenden Konfigurationen sind. Diese Verbindung zeigt, wie beide Beschreibungsarten zusammengehen können; sie sichert den abstrakten funktionalen Beschreibungen gerade durch ihre prinzipielle Ableitbarkeit aus physikalischen Beschreibungen ihren Erkenntniswert. Es ist ein Fehler, den Erkenntniswert der Einzelwissenschaften ihrer Reduzierbarkeit auf die Physik entgegenzusetzen. Die Einzelwissenschaften können durch den Aufbau eines solchen Gegensatzes nur verlieren, indem ihr wissenschaftlicher Wert in Konfrontation mit den universellen physikalischen Theorien fraglich wird. Ihre Reduzierbarkeit, verstanden vor dem Hintergrund einer umfassenden philosophischen

Theorie kausaler Strukturen, verhindert nicht, dass sie einen Beitrag zum wissenschaftlichen Verständnis der Welt erbringen, den die Physik prinzipiell nicht leisten kann.

Kapitel 1 stellt den gegenwärtigen Forschungsstand dar und zeigt das Dilemma auf, in das sich die herkömmlichen Versionen des Funktionalismus verstricken. *Kapitel 2* entwickelt die Metaphysik kausaler Strukturen. Für Details zum physikalischen Hintergrund ebenso wie für die Begründung des wissenschaftlichen Realismus, den wir voraussetzen, möchten wir auf das Buch *Naturphilosophie als Metaphysik der Natur* von Michael Esfeld verweisen (Esfeld 2008). Das vorliegende Werk schließt an jenes Buch an, indem es den Faden dort aufnimmt, wo jenes aufhört – beim Verhältnis zwischen Physik und Einzelwissenschaften –, ist aber eine eigenständige Abhandlung. *Kapitel 3* bezieht die Metaphysik kausaler Strukturen auf die funktionalen Eigenschaften der Biologie vor dem Hintergrund der Evolutionstheorie. Wir benutzen die Biologie als besonders geeignetes Beispiel für eine Einzelwissenschaft, da sie einerseits von Strukturen handelt, die kausal durch ihre Funktion anstatt durch ihre physikalische Zusammensetzung definiert sind; andererseits treten in ihrem Gegenstandsbereich noch nicht die Probleme auf, welche die Philosophie des Geistes zu einem Minenfeld machen.

Kapitel 4 präsentiert das Verhältnis von klassischer und molekularer Genetik als Fallstudie der Anwendung der Metaphysik kausaler Strukturen und zeigt, wie eine funktionale Reduktion der klassischen auf die molekulare Genetik möglich ist, die jedoch gerade die Erkenntnisansprüche der Ersteren untermauert. Auf dieser Grundlage arbeitet *Kapitel 5* eine allgemeine Konzeption konservativer Reduktion mittels funktionaler Subtypen als Antwort auf die Frage nach der Einheit und Vielfalt der Naturwissenschaften aus. Das Buch schließt mit einem Ausblick auf die noch zu leistende Arbeit.

Dieses Buch ist ein Gemeinschaftswerk mit einer Geschichte, die mit einem Seminar zur gegenwärtigen Situation der Philosophie des Geistes an der Universität zu Köln im Jahre 2001 beginnt. Michael Esfeld argumentiert vor dem Hintergrund eines Holismus sowohl in der Philosophie der Physik als auch in der Philosophie des Geistes, der in das vorherrschende Paradigma eines nicht-reduktiven Physikalismus-Funktionalismus passt (Esfeld 2002). Christian Sachse zieht aus den Problemen, die dieses Paradigma mit der men-

talen Verursachung hat, schließlich eine reduktionistische Konsequenz und entwickelt im Mai 2004 die Idee funktionaler Subtypen, ausgearbeitet in einer Doktorarbeit mit Schwerpunkt in der Philosophie der Biologie (Sachse 2007). Das Ergebnis, der Holismus ausgebaut zu einer umfassenden Metaphysik kausal-funktionaler Strukturen, die in eine konservative, funktionale Reduktion mündet, ist, so hoffen wir, eine Position, die beidem gerecht wird – der Einheit der Natur und der Naturwissenschaften ebenso wie ihrer Vielfalt. Wir danken Matthias Egg und Marcel Weber für wertvolle Kommentare zu Kapitel 2 bzw. Kapitel 3 bis 5, den Teilnehmern des Forschungsseminars »Kausalität und Reduktion« an der Universität Lausanne im Herbst 2009 für viele hilfreiche Diskussionsbeiträge, Elliot Vaucher für Hilfe beim Korrekturlesen und Erstellen des Namen- und Sachregisters sowie schließlich Eva Gilmer und Jan-Erik Strasser für die hervorragende verlegerische Betreuung des Manuskripts mit zahlreichen Verbesserungsvorschlägen.

I. Das Dilemma des Funktionalismus

I.0 Einführung und Überblick

Nehmen wir an, dass man den mikrophysikalischen Bereich der Welt eindeutig bestimmen kann: Er soll ausschließlich in den physikalischen Eigenschaften bestehen, die an den Punkten der Raumzeit auftreten, da nichts Physikalisches kleiner als ein Punkt der Raumzeit sein kann. Demnach könnten wir eine vollständige mikrophysikalische Beschreibung der Welt dadurch erreichen, dass wir über alle Punkte der Raumzeit quantifizieren und angeben, welche Eigenschaften an diesen Punkten auftreten. Diese Idee ist an der klassischen Physik orientiert, und sie hat in dieser Form in der heutigen Physik keinen Bestand (was dennoch nicht ausschließt, dass ein mikrophysikalischer Bereich eindeutig definiert werden kann). Aber diese Komplikationen spielen hier keine Rolle.

Stellen wir uns nun vor, dass der gesamte mikrophysikalische Bereich der Welt verdoppelt wird – also eine Operation stattfindet, welche die gesamte Raumzeit und alle und nur die physikalischen Eigenschaften, die an den Punkten der Raumzeit auftreten, verdoppelt. Die so geschaffene Doppel-Welt w^* ist folglich mit der realen Welt w mikrophysikalisch identisch. Enthält w^* dann auch alles dasjenige, was es in w gibt – also auch alle Organismen, alle mentalen, ökonomischen und sozialen Eigenschaften usw., einschließlich eines Duplikats dieses Buchs mit den in ihm ausgedrückten Gedanken? Mit anderen Worten, ist w^* schlechthin ein Duplikat von w ?

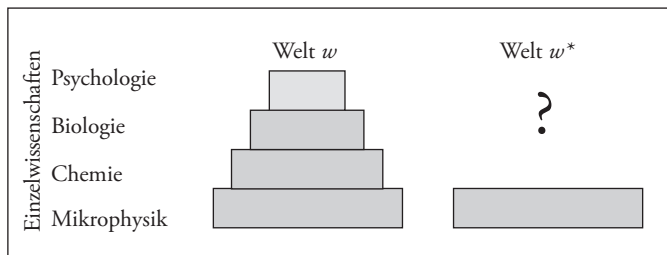


Abb. 1: die Welt w^* rechts ist ein exaktes und vollständiges mikrophysikalisches Duplikat der Welt w links. Gibt es in w^* alles dasjenige, was es in w gibt?

Wir wissen, dass alle Objekte, die in der realen Welt existieren, aus mikrophysikalischen Objekten entstanden sind und dass sie ausschließlich aus diesen zusammengesetzt sind. Es kann also keine Objekte geben, die in w vorhanden sind, aber in w^* fehlen. Sind damit auch alle Eigenschaften, die komplexe, makroskopische Objekte in w haben, in w^* ebenfalls vorhanden? Genauer gefragt, ist allein dadurch, dass man den gesamten Bereich der mikrophysikalischen Eigenschaften von w nach w^* projiziert, gewährleistet, dass auch alle biologischen, mentalen, sozialen und ökonomischen Eigenschaften, die es in w gibt, in w^* ebenfalls vorhanden sind? Unsere Intuition ist, diese Frage zu bejahen. Man beachte, dass es hier um keine deterministische Dynamik geht: Wir fordern, dass alle mikrophysikalischen Eigenschaften in der *gesamten* Raumzeit von w nach w^* kopiert werden. Die Frage, wie die zeitliche Entwicklung innerhalb der Welt beschaffen ist, spielt hier daher keine Rolle.

Wenn eine biologische, mentale, ökonomische oder soziale Eigenschaft in w vorhanden ist, aber in w^* fehlen würde, dann würden wir nach einem Grund für diesen Unterschied suchen. Diese Suche würde uns jeweils über den betreffenden Bereich hinausführen: Nach allem, was wir über die Welt wissen, könnte es nicht sein, dass in einem Duplikat der Welt nur eine phänotypische Eigenschaft fehlen würde – sagen wir, die hellgelbe Farbe der Blüten einer bestimmten einzelnen Pflanze, deren Blüten in w^* rot statt hellgelb sind –, ohne dass es auch einen genetischen Unterschied oder einen Unterschied in den Umweltbedingungen gäbe. Damit gäbe es aber auch einen molekularbiologischen Unterschied zwischen w^* und w und folglich auch einen mikrophysikalischen Unterschied. Die Welt w^* wäre somit kein exaktes mikrophysikalisches Duplikat von w .

Ebenso könnte es nach allem, was wir über die Welt wissen, nicht sein, dass in einem Duplikat der Welt nur eine mentale Eigenschaft fehlt – sagen wir, der Gedanke von Angela Merkel am 31. Dezember 2008, dass das Jahr 2008 ein schwieriges Jahr war. Wenn diese mentale Eigenschaft in w^* nicht vorhanden wäre, dann wäre der mentale Zustand von Angela Merkel in w^* zu der betreffenden Zeit insgesamt anders beschaffen als in w , denn jeder Gedanke ist mit anderen Gedanken, mit Emotionen und schließlich mit Handlungsabsichten vernetzt. Infolgedessen gäbe es dann auch irgendeinen neurobiologischen Unterschied im Gehirn von

Angela Merkel sowie einen Unterschied im Verhalten und damit auch einen molekularbiologischen und letztlich einen mikrophysikalischen Unterschied. Ebenso könnte es nach allem, was wir über die Welt wissen, nicht sein, dass in einem Duplikat der Welt nur eine soziale oder ökonomische Eigenschaft fehlt – sagen wir, dass der Dow-Jones-Index am 19. Dezember 2008 leicht fällt. Wenn diese ökonomische Eigenschaft in w^* nicht vorhanden wäre, also der Kurs des Dow Jones sich an dem betreffenden Tag in w^* anders entwickeln würde, dann bestünde auch irgendein Unterschied in den intentionalen Einstellungen und den Handlungen von Personen in w^* und w , und somit letztlich irgendein molekularer und mikrophysikalischer Unterschied. Folglich wäre in diesem Fall w^* wiederum kein exaktes mikrophysikalisches Duplikat von w . Wieso ist das so? Wieso sprechen starke Gründe dafür, dass ein mikrophysikalisches Duplikat der Welt ein Duplikat schlechthin wäre?

In diesem Kapitel werden wir zunächst diese Frage beantworten und zeigen, wie sich daraus die Motivation für den Funktionalismus ergibt (1.1). Dann gehen wir auf die beiden vorherrschenden Versionen des Funktionalismus ein – den Rollen-Funktionalismus (1.2) und den Realisierer-Funktionalismus (1.3) – und legen dar, wie diese beiden Versionen in das Dilemma von Epiphänomenalismus und Eliminativismus hineinführen. Schließlich geben wir die wesentlichen Bausteine an, aus denen wir im weiteren Verlauf dieses Buchs eine Position aufbauen werden, die aus diesem Dilemma hinausführt.

1.1 Die Motivation für den Funktionalismus

Um die genannten Fragen zu beantworten, müssen wir die neuzeitliche Physik betrachten. Seit Newtons Mechanik verfügen wir über Theorien der Physik, die *universell* sind, indem sie den Anspruch erheben, für alles in der Welt zu gelten, und die *fundamental* sind, weil sie selbst von keinen anderen naturwissenschaftlichen Theorien mehr abhängen. Letzteres besagt, dass ihre Gesetze strikt sind: Sie lassen keine Ausnahmen zu, die nicht in den Begriffen der betreffenden Theorie beschrieben werden können. Wenn die Gesetze deterministisch sind, dann geben sie zusammen mit der Beschreibung einer Ausgangssituation vollständige Bedingungen für das

Eintreten der betreffenden Phänomene an (und falls diese doch ausbleiben sollten, sind die entsprechenden Gesetzhypothesen eben dadurch als falsch ausgewiesen). Strikte Gesetze brauchen jedoch nicht deterministisch zu sein; es kann sich auch um Wahrscheinlichkeitsgesetze handeln, die dann ebenfalls ausnahmslos gelten. Mit anderen Worten, sie geben zusammen mit der Beschreibung einer Ausgangssituation die vollständigen Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der betreffenden Phänomene an.

Den universellen und fundamentalen Theorien der Physik stehen die Theorien der Einzelwissenschaften gegenüber. Diese erheben jeweils nur für einen begrenzten Gegenstandsbereich einen Geltungsanspruch – wie beispielsweise die Biologie sich nur auf Organismen bezieht oder die Psychologie nur Lebewesen mit Bewusstsein behandelt – und sie hängen von den fundamentalen Theorien der Physik ab. Sie können ihren Gegenstandsbereich nicht vollständig in ihren eigenen Begriffen beschreiben, sondern müssen letztlich auf die fundamentalen Theorien der Physik Bezug nehmen. Ihre Gesetze sind nicht strikt, sondern lassen Ausnahmen zu, die nicht in ihrem eigenen Vokabular beschrieben werden können. Es handelt sich um Gesetze, die mit einer so genannten *Ceteris-paribus*-Klausel versehen sind. Sie gelten nur unter Standardbedingungen, wobei im Vokabular der betreffenden Theorie nicht vollständig angegeben werden kann, was die Standardbedingungen und was die Ausnahmen von ihnen sind.

Ein wichtiges Thema der Biologie beispielsweise ist die Verbindung zwischen genetischen Ursachen und phänotypischen Wirkungen, die durch die Produktion bestimmter Proteine zustande kommen. Aber jede solche Verbindung besteht nur unter der Voraussetzung physikalischer Standardbedingungen. Wenn die phänotypische Wirkung ausbleibt, obwohl die genetische Ursache vorhanden ist, dann ist nicht unbedingt die entsprechende Gesetzesaussage falsifiziert, sondern es kann auch sein, dass keine physikalischen Standardbedingungen vorliegen. Es gibt immer physikalische Faktoren in dem betreffenden Organismus oder in dessen Umwelt, welche die Verbindung zwischen genetischer Ursache und phänotypischer Wirkung verhindern können und die nicht von der Biologie selbst, sondern letztlich nur von einer fundamentalen physikalischen Theorie beschrieben werden können.

Betrachten wir zur Verdeutlichung einen Typ von Genen, deren

charakteristische Wirkung darin besteht, Proteine eines bestimmten Typs herzustellen. Solche Proteine spielen beispielsweise eine entscheidende Rolle für die Haut- und Haarfarbe. Man kann sich die entsprechende Kausalkette vereinfacht wie folgt vorstellen: Ein Gen besteht unter anderem in einer Abfolge von Basen. Von dieser Abfolge können Negativkopien gefertigt werden, die als Vorlage für die Herstellung von Aminosäuresequenzen dienen. Solche Aminosäuresequenzen werden anschließend zu dreidimensionalen Proteinen geformt, die eine oder mehrere Aufgaben in der Zelle bzw. im Organismus erfüllen. In diesem Sinn gibt es Gene, deren Produkte (die Proteine) mehr oder weniger direkt Auswirkungen auf die Zelle und damit auf den Organismus insgesamt haben – wie zum Beispiel, die Haut- und Haarfarbe zu bestimmen.

Damit die skizzierte Kausalkette zwischen Gen und Herstellung des Proteins ablaufen kann, müssen bestimmte Bedingungen vorliegen. Eine solche Bedingung ist beispielsweise das Vorhandensein von genügend Aminosäuren, aus denen das Protein gebildet wird. Die Genetik hat ferner erhebliche Erkenntnisse darüber gewonnen, wie das An- und Abschalten von Genen gesteuert wird. Wie detailliert eine solche biologische Beschreibung von Standardbedingungen aber auch immer ausfällt, letzten Endes kommen die fundamentalen Theorien der Physik mit ins Spiel. Der Grund dafür ist, dass Faktoren, die nur von physikalischen Theorien beschrieben werden können, immer die Kausalkette vom Gen zum Protein unterbrechen können.

Betrachten wir nun die wesentlichen Entwicklungen der Physik, um die Idee ihres Vollständigkeitsanspruchs gegenüber den Einzelwissenschaften zu präzisieren. Newtons Mechanik wurde im 20. Jahrhundert durch die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie sowie die Quantentheorie überholt. Diese Theorien sind zwar mit Sicherheit auch nicht das letzte Wort, was fundamentale und universelle Theorien der Physik betrifft. Wie auch immer aber die weitere Entwicklung der Physik verlaufen wird, Überlegungen, die aus Wissenschaften stammen, deren Theorien weder fundamental noch universell sind, werden für diese Entwicklung keine Rolle spielen. Die klassische Mechanik, Newtons Theorie der Gravitation und die klassische Feldtheorie des Elektromagnetismus wurden nicht deshalb durch die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie ersetzt, weil es Einwände beispielsweise aus der

Chemie, der Biologie oder der Psychologie gegen ihren universellen Geltungsanspruch oder ihren fundamentalen Charakter gab, sondern weil die Objekte und Eigenschaften, die mit den Gesetzesaussagen dieser Theorien beschrieben werden können, sich nicht als wirklich fundamental erwiesen haben. Ebenso wird man die Vereinigung von Quantentheorie und allgemeiner Relativitätstheorie in einer neuen fundamentalen und universellen Theorie nicht aufgrund von Überlegungen erzielen, die sich auf Phänomene im Bereich der einen oder der anderen Einzelwissenschaft beziehen, sondern indem man gegenwärtige Voraussetzungen in Bezug auf die Beschaffenheit der fundamentalen Objekte in Frage stellt (wie zum Beispiel die Voraussetzung einer passiven Hintergrundraumzeit in der heutigen Quantenfeldtheorie oder die Voraussetzung einer dynamischen, aber klassischen Raumzeit in der allgemeinen Relativitätstheorie).

Wenn man nach dem Verhältnis zwischen der fundamentalen Physik und den Einzelwissenschaften fragt, dann muss man seit Newton der Tatsache ins Auge sehen, dass es fundamentale und universelle Gesetze der Physik gibt, die auch für alle Phänomene im Gegenstandsbereich einer Einzelwissenschaft gelten. Auch wenn sich die Hypothesen darüber, welches diese fundamentalen und universellen Gesetze sind, im Zuge des Fortschritts der physikalischen Forschung ändern, so hängen diese Änderungen allein von Grenzen ab, auf welche die betreffenden Hypothesen innerhalb des Gegenstandsbereichs stoßen, den ausschließlich die fundamentalen physikalischen Theorien behandeln. Mit anderen Worten: Die Gesetze der Quantentheorie und der allgemeinen Relativitätstheorie mögen in Zukunft in andere fundamentale und universelle physikalische Gesetze überführt werden; aber das hindert uns nicht, diese Gesetze als fundamental und universell in Bezug auf die Phänomene zu betrachten, von denen die Einzelwissenschaften handeln.

Fundamentale und universelle Gesetze der Physik schließen nicht aus, dass die Einzelwissenschaften Eigenschaften behandeln könnten, die in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften emergent sind. Mit »emergenten Eigenschaften« meinen wir im Folgenden immer Eigenschaften, die nicht physikalisch sind und die auch nicht durch physikalische Eigenschaften realisiert sind, obwohl sie im Zuge der zeitlichen Entwicklung des Universums aus physikalischen Eigenschaften entstanden sein können. Für die-

se Eigenschaften könnten spezielle Gesetze gelten, die unabhängig von den physikalischen Gesetzen sind. Aber diese Eigenschaften könnten keine Wirkungen im Bereich der physikalischen Eigenschaften haben, für die es nicht auch vollständige, im Rahmen der Physik beschreibbare Ursachen gibt (insofern es überhaupt Ursachen gibt). Folglich könnten solche speziellen Gesetze keine Kausalgesetze sein, die auf physikalische Wirkungen Bezug nehmen, die nicht auch vollständig von den physikalischen Gesetzen beschrieben werden können.

Diese Einschränkung ist gravierend: Jede Veränderung in einem Organismus, die in den Begriffen einer biologischen Theorie beschrieben werden kann, schließt immer auch eine mikrophysikalische Veränderung ein, die allein durch die Begriffe und Gesetzesaussagen der fundamentalen Physik beschrieben wird. Für diese mikrophysikalische Veränderung gibt es dementsprechend vollständige mikrophysikalische Ursachen und Gesetze (insofern es überhaupt Ursachen und Gesetze gibt). Jedes Verhalten, das mentale Ursachen hat – wie zum Beispiel Überzeugungen und Absichten –, schließt immer auch eine mikrophysikalische Veränderung im Körper ein. Wenn eine Person zum Beispiel ihren rechten Arm hebt, weil sie die entsprechende Absicht hat, dann schließt diese Körperbewegung eine Ortsveränderung bis hinunter zu den kleinsten mikrophysikalischen Teilchen ein. Diese werden allein durch fundamentale physikalische Gesetze beschrieben, und für deren Ortsveränderung gibt es dementsprechend vollständige mikrophysikalische Ursachen und Gesetze (insofern es überhaupt Ursachen und Gesetze gibt).

Die betreffenden fundamentalen physikalischen Gesetze mögen probabilistisch statt deterministisch sein, aber dieser Unterschied ist, wie bereits erwähnt, hier unbedeutend: Probabilistische Gesetze geben die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der betreffenden mikrophysikalischen Eigenschaften vollständig an. Keine nicht-physikalischen Eigenschaften können die mikrophysikalischen Wahrscheinlichkeiten beeinflussen. Wenn man verträte, dass biologische oder mentale Ursachen die mikrophysikalischen Wahrscheinlichkeiten beeinflussen könnten, wäre man damit auf die Konsequenz festgelegt, dass die betreffenden fundamentalen physikalischen Theorien durch die entsprechenden Theorien der Biologie oder der Psychologie falsifiziert werden, indem diese physikalischen Theo-

rien in einigen Fällen nicht die korrekten Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten mikrophysikalischer Eigenschaften angeben (siehe Loewer 1996 und Esfeld 2000).

In der Tat bestünde die einzige Möglichkeit, den fundamentalen Charakter der physikalischen Theorien und das Prinzip der Vollständigkeit der Physik zu widerlegen, in Folgendem: Man müsste aufweisen, dass nicht-physikalische Eigenschaften aus dem Gegenstandsbereich einer Einzelwissenschaft im Gegenstandsbereich der ausschließlich physikalischen Eigenschaften kausal wirksam sind, so dass die physikalische Kausalität und die physikalischen Gesetze Lücken aufweisen, die durch Ursachen und Gesetze aus dem Bereich einer Einzelwissenschaft gefüllt werden. Dafür gibt es jedoch keinerlei Anhaltspunkte. Insbesondere gibt es keinerlei Hinweis darauf, dass die physikalische Kausalität irgendwo im Gehirn Lücken aufweist, die durch nicht-physikalische, mentale Ursachen gefüllt werden. Ganz im Gegenteil, die neurobiologische Forschung basiert auf den Gesetzen der Physik, insbesondere den Gesetzen der Mechanik, des Elektromagnetismus und der Gravitation. Descartes konnte eine interaktionistische Hypothese vor dem Hintergrund der Physik seiner Zeit vertreten, aber diese Hypothese gilt seit Leibniz als durch die genannte Vollständigkeit der Physik widerlegt (siehe Leibniz, *Monadologie* § 80, und dazu P. McLaughlin 1993). Nichtsdestoweniger ist das Prinzip der Vollständigkeit der Physik eine kontingente Tatsache in Bezug auf die Welt. Diese Tatsache könnte dadurch empirisch widerlegt werden, dass man Grenzen der Geltung der fundamentalen physikalischen Gesetze findet, die nicht dadurch behoben werden können, dass man eine fundamentale und universelle physikalische Theorie durch eine neue solche Theorie ersetzt (wie zum Beispiel Newtons Mechanik durch die Quantenmechanik), sondern die beispielsweise die Konstruktion spezifisch bio-physikalischer oder psycho-physikalischer Theorien erfordern würden. Infolgedessen würden dann, wenn Organismen oder Personen auftreten, die allgemeinen Gesetze der Physik nicht für die physikalischen Eigenschaften von Organismen oder Personen gelten.

Sofern es keine Anhaltspunkte für diese Konsequenz gibt, schließen fundamentale und universelle physikalische Theorien somit zwar nicht die Existenz nicht-physikalischer, emergenter Eigenschaften aus, haben aber zur Folge, dass solche emergenten