

Jan Philipp Köster

Erklärung und Modell in der Physiologie

**Reflexionen auf die begrifflichen
Grundlagen der Biowissenschaften**

Vorwort

Der vorliegende Text stimmt mit Ausnahme leichter Änderungen mit dem Text überein, der im Oktober 2020 von der Philosophischen Fakultät der Universität zu Köln als Dissertationsschrift akzeptiert wurde. Er entstand im Rahmen meiner Mitarbeit im Forschungsprojekt *Computation and Causation in Cognitive Neuroscience*, für deren finanzielle Unterstützung ich der German-Israeli Foundation for Scientific Research and Development zu Dank verpflichtet bin. Für den fachlichen Austausch und die schönen Treffen bedanke ich mich herzlich bei allen Mitgliedern des Projekts – bei Oron Shagrir, Jens Harbecke, Lotem Elberdorozko, Shahar Hechtlinger, Rodolfo Marraffa und Carlos Zednik. Mein Dank für interessante Hinweise und Anregungen gilt ebenfalls allen Teilnehmern des Forschungskolloquiums von Andreas Hüttemann in den Jahren 2016 – 2019 sowie den Teilnehmern des Forschungskolloquiums von Jens Harbecke in den Jahren 2016 – 2018. Tim Rojek danke ich für etliche allgemeine philosophische Fachgespräche, die sich im Gesamtprojekt meiner Arbeit niedergeschlagen haben. Johannes Wirtz gilt besonderer Dank für unzählige Diskussionen zu ihren einzelnen Teilen. Bei David Wirmer und Matthias Bickenbach möchte ich mich für ihre Mitwirkung in der Prüfungskommission bedanken.

Für freundschaftliche und moralische Unterstützung während der Arbeit danke ich von Herzen meiner Schwester, meinem Bruder und meinen Eltern, Martin Voggenauer, Bernd Quante, Anna Menzel, Nina Marie Grisard, Farzaneh Hassanali, Ronald Röttel und Johannes Wirtz.

Ganz besonderen Dank möchte ich Vera Hoffmann-Kolss und Andreas Hüttemann für die liebe und hilfreiche Betreuung meiner Arbeit aussprechen.

J.P.K., im Juli 2022

Inhalt

Einleitung	1
Kapitel 1: Grundbegriffe, theoretischer Hintergrund und Methodologie	20
1.1 Grundbegriffe und theoretischer Hintergrund	20
1.1.1 Handlungstheoretisches Vokabular	21
1.1.2 Sprachhandlungen	25
1.1.3 Die Prädikatoren ‚normativ‘ und ‚deskriptiv‘	46
1.2 Methodologie: Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis	55
1.2.1 Deskriptive Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis	56
1.2.2 Normative Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis	64
1.3 Rekonstruktionsskizze für die Kapitel 3-5	72
Kapitel 2: Die ‚Mechanistische‘ Konzeptualisierung der Physiologie	77
2.1 C. Cravers methodologische Reflexionen	77
2.2 Grundzüge der Mechanistischen Konzeptualisierung	82
2.2.1 Ätiologische und Konstitutive Mechanistische Erklärungen	83
2.2.2 Mechanismen und die Beschreibung von Mechanismen	89
2.2.3 Kausalrelationen (der Manipulationistische Ansatz)	98
2.2.4 Konstitutionsrelationen	108
2.3 Einige Kritikpunkte an der Mechanistischen Konzeptualisierung	119
2.3.1 Ist der Begriff von Experimenten zur Erlangung von Konstitutionswissen deskriptiv adäquat?	120
2.3.2 Methodische Kritik am Begriff von Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen	126
2.3.3 Inhaltliche Kritik am Begriff von Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen	136
2.4 Zusammenfassung	139
Kapitel 3: Kausalität und Experiment – die Grundlagen wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis	142
3.1 Lebensweltliche Kausalerkenntnis	142
3.1.1 Die nomologische Analyse: Kausalerkenntnis durch das Erwägen möglicher Welten	148
3.1.2 Regularitätstheorie: Kausalerkenntnis durch Beobachtung und Imagination	150
3.1.3 Kausalerkenntnis durch Experimentieren	162
3.1.4 Einwände gegen den handlungsbasierten Interventionismus	173
3.2 Grundlagen wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis	178
3.2.1 Wissenschaftliches Experimentieren	179
3.2.2 Produktive Wissensakkumulation und zweckmäßige Wissensorganisation: Theorien in der Physiologie?	186
3.3 Zusammenfassung	208

Kapitel 4: Die Erklärungsbeuriffe der Physiologie	212
4.1 Lebensweltliche Erklärungsverständnisse	213
4.1.1 Erklärungen zu Warum-Fragen	214
4.1.2 Erklärungen zu Wie- und Was-Fragen	221
4.1.3 Anmerkungen zu den lebensweltlichen Erklärungsbeuriffen	230
4.2 Grundlagen physiologischen (wissenschaftlichen) Erklärens	234
4.2.1 Drei Begriffe physiologischer (wissenschaftlicher) Erklärung	234
4.2.2 Zur These der Empfängervarianz von Erklärungen	238
4.2.3 Verteidigung der hier vertretenen Begriffe physiologischer (wissenschaftlicher) Erklärung gegen klassische Einwände	243
4.3 Zusammenfassung	254
Kapitel 5: Physiologische Modellanwendung und Modellkonstruktion	256
5.1 Modellanwendung und Modellkonstruktion im lebensweltlichen (handwerklichen) Kontext	259
5.2 Physiologische Modellanwendung und Modellkonstruktion	268
5.2.1 Experimentalmodelle	268
5.2.2 Forschungsmodelle	270
5.2.3 Lehrmodelle	293
5.2.4 Theoretische Modelle	309
5.3 Zusammenfassung und Alternativen zur Mechanistischen Konzeptualisierung	326
Fazit	338
Literatur	363

Einleitung

In der vorliegenden Arbeit möchte ich einen kritischen und einen konstruktiven Beitrag zu philosophischen Reflexionen auf die biowissenschaftliche, genauer auf die physiologische Praxis leisten. Zur Vorbereitung werde ich in der Einleitung den von mir zugrunde gelegten Begriff der Physiologie klären und die motivationale Frage aufwerfen, warum es überhaupt interessant ist, philosophisch auf wissenschaftliche Praxis zu reflektieren. Anschließend möchte ich ein Ergebnis philosophischer Reflexionen auf physiologische Praxis – die sog. ‚Mechanistische‘ Konzeptualisierung physiologischer Praxis – kurz vorstellen. Auf dieses wissenschaftstheoretisch vor allem in den letzten zwei Jahrzehnten ausgearbeitete Verständnis der Physiologie beziehen sich die kritischen Impulse meiner Arbeit. Nachdem ich diese benannt habe, werde ich meine konstruktiven Absichten skizzieren, die auf eine in den relevanten Hinsichten alternative Konzeptualisierung physiologischer Praxis zielen.

Der Ausdruck ‚Physiologie‘, so der Physiologe und Physiologie-Historiker K. E. Rothschuh, wurde im antiken Griechenland zur Bezeichnung der ganzen Naturlehre gebraucht, ab den einschlägigen Publikationen von J. Fernel in der Mitte des 16. Jahrhunderts aber spezifischer für die Benennung der „Lehre von der Natur des gesunden Menschen, seiner Kräfte und Funktionen“ (Rothschuh 1968, 14), worunter auch die Anatomie und die Lehre der Organfunktionen fielen (ebd.). Dieses physiologische Selbstverständnis hält sich, wie Rothschuh zeigt, bis in das 19. Jahrhundert, wobei ab dem 17. Jahrhundert weniger die anatomischen Aspekte, mehr die Aspekte von ‚Funktionen‘ und ‚Leistungen‘ des Menschen und seiner Teile im Vordergrund stehen (ebd., 14f.). Es ist auch heute noch gültig, wenn einige Ergänzungen berücksichtigt werden, die ich kurz darstellen möchte.

Erstens befasst sich die Physiologie nicht mehr nur mit dem Menschen, sondern ebenfalls mit Tieren und Pflanzen. Erstere werden in den Festsetzungen des Gegenstandsbereichs im 19. Jhd. mehr und mehr berücksichtigt. C. Ludwig, ein bedeutender Physiologe des 19. Jahrhunderts, schreibt etwa:

„Die wissenschaftliche Physiologie hat die Aufgabe, die Leistungen des Tierleibes festzustellen und sie aus den elementaren Bedingungen desselben mit Nothwendigkeit herzuleiten“ (Ludwig 1852, 1).

Im 19. Jahrhundert emanzipiert sich auch eine Pflanzenphysiologie aus der Medizin (vgl. Jahn 1987, 15) – noch vor der Tierphysiologie entwickelt sie sich zu einer in erster Linie experimentell verfahrenen Wissenschaft (Penzlin 2004a, 432).

Zweitens befasst sich die Physiologie nicht mehr nur mit Lebewesen und Organen (Gewebe). In den 1830er Jahren wurde durch die Entwicklung der Zelltheorie durch M. Schleiden und T. Schwann mittels Anwendung des Mikroskops auf Gewebe ein ganz neuer biologischer Gegenstandsbereich – der der Zellen und zellulären Bestandteile – erschlossen.¹ Die Forschung dieser Wissenschaftler zeichnete sich nämlich dadurch aus, die Ereignisse (insbesondere die Entwicklung) jener bereits seit 1665 in Geweben beobachteten ‚Elementarteile‘ systematisch zu charakterisieren und experimentell zu untersuchen.² Die dabei erzielten wissenschaftlichen Erkenntnisse wurden natürlich unmittelbar in Zusammenhang mit der Physiologie des Organismus und seiner Gewebe und Organe gebracht: Schwann etwa möchte auf der Grundlage von Schleidens Untersuchungen zu der Entwicklung von Pflanzenzellen die „Gleichheit der Entwicklungsgesetze der Elementarteile [Zellen, JK] der Tiere und Pflanzen [nachweisen]“ (Schwann 1839, 79). Denn dies ermögliche den Aufbau einer allgemeinen „Theorie der Organismen“ (ebd. 86), die „die Prinzipien für die organischen Erscheinungen des gesunden und kranken Organismus [enthält]“ (ebd., 87). M. Verworn stellt dementsprechend in seiner *Allgemeinen Physiologie* aus dem Jahre 1895 fest: „Die Entwicklung der modernen Physiologie ist an einem Punkte angelangt, wo ihre Probleme mehr und mehr beginnen, mit Entschiedenheit eine Verfolgung in der Zelle zu fordern“, weshalb er als erster den Versuch einer „allgemeine[n] Physiologie als allgemeine[r] Cellularphysiologie“ (Verworn 1895, V) anstellt. Die Zellphysiologie löste selbstverständlich die Gewebephysiologie nicht ab – auch im 20. (und 21.) Jahrhundert werden noch physiologische Erkenntnisse erzielt, die den Zusammenhang zwischen dem Verhalten von Lebewesen und Ereignissen an ihren Geweben betreffen. Man denke beispielsweise an Untersuchungen über den Zusammenhang von (beispielsweise elektrischen) Ereignissen an Nervengewebe eines Lebewesens und Verhaltensänderungen des Lebewesens.³ Die Frage, wie sich Erkenntnisse über das Verhalten von Lebewesen zu Erkenntnissen über Ereignisse an Geweben verhalten, und ferner, in welchem Zusammenhang die letzteren zu Erkenntnissen über Ereignisse an Zellen stehen, ist gerade ein Thema der vorliegenden Arbeit.

Es blieb bekanntlich nicht bei der Ausweitung der Physiologie auf den Bereich der allein mikroskopisch zugänglichen Gewebeteile (Zellen). In der Iatrochemie des 17. Jahrhunderts wurde

¹ Vgl. hierzu die prominenten Schriften von Schleiden (1838) und Schwann (1839), sowie die Kontextualisierung dieser Schriften durch Jahn 1987.

² Die erstmalige Charakterisierung der ‚zelligen‘ Struktur von Korkgewebe wurde von R. Hooke im Jahr 1665 vorgenommen (vgl. Jahn 1987, 8).

³ Vgl. etwa Penfields und Perots 1963 publizierte Zusammenfassung ihrer berühmten experimentellen Befunde während neurochirurgischer Operationen (teils fallen die Experimente eher in den neuropsychologischen als in den neurophysiologischen Bereich). Die Beispiele ließen sich verhundertfachen.

in der Arzneimittelforschung bereits zunehmend konsequent ein (oft spekulativer, teils aber auch schon experimenteller) chemischer Fokus auf die Lebenserscheinungen von Lebewesen gelegt (vgl. Jahn 2004, 214ff.). Kurz nach der eigentlichen Grundlegung der modernen Chemie durch den Einbezug von Messinstrumenten in eine systematischere chemische Forschung am Ende des 18. Jahrhunderts nimmt der Chemiker J. J. Berzelius bereits 1815 eine Weichenstellung in der sogenannten „*Thier-Chemie*“ (Rothschuh 1968, 237) vor, die – im Sinne der Physiologie – die moderne chemische Forschung auf die Lebensprozesse von Lebewesen konzentriert. Während seine Vorgänger die Thier-Chemie

„als einen Teil der allgemeinen chemischen Kenntnisse betrachteten und gerne die Produkte des thierischen Körpers in gewisse Klassen eingeteilt und sie bloß als Gegenstände der chemischen Zerlegung beschrieben haben“,

habe er versucht,

„die chemischen und anatomischen Untersuchungen in Verfolgung eines gemeinschaftlichen Zwecks zu vereinigen, um so den Untersuchungen in der thierischen Chemie eine bestimmte und wissenschaftliche Tendenz zu geben und den Chemiker auf physiologische Gesichtspunkte hinzuweisen“.⁴

Die Wissenschaft von dem neuen Gegenstandsbereich, der sich durch die Anwendung chemischer Verfahren auf die Lebensprozesse eröffnete, wuchs sich im 19. Jahrhundert zu einer „*[p]hysiologischen Chemie*“ aus, die sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zur heute noch betriebenen Biochemie und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zur Molekularbiologie entwickelte (Penzlin 2004a, 432). Biochemische und molekularbiologische Erkenntnisse werden – sofern in ihnen ein Zusammenhang zu den Lebenserscheinungen von Lebewesen hergestellt wird – im Rahmen meiner Arbeit also ebenfalls als Teil der Physiologie betrachtet: „Mit wachsender Erkenntnis physikalischer und chemischer Gesetzmäßigkeiten wird sie [die Physiologie, JK] [auch, JK] die Lehre von der physikalisch-chemischen Arbeitsweise der Teile des Körpers“ (Rothschuh 1953, 1). Entsprechend wird der Gegenstand der Physiologie im *Penzlin*, einem Standardwerk der Tierphysiologie, in den „Funktionsweisen von Tieren, Organsystemen, einzelnen Organen, Geweben, Zellen und Molekülen“ verortet (Hildebrandt *et al.* 2015, 2).

Fernels Verständnis der Physiologie als einer „Lehre von der Natur des gesunden Menschen, seiner Kräfte und Funktionen“ muss also einerseits auf pflanzliche und tierische Organismen

⁴ J. J. Berzelius: *Uebersicht der Fortschritte und des gegenwärtigen Zustandes der thierischen Chemie*, gedruckt in Nürnberg bei Johann Leonhard Schrag, 1815, 88. f., zitiert nach Rothschuh 1968, 237f.

ausgeweitet werden. Ferner ist die Erschließung neuer Gegenstandsbereiche neben dem der (im 16. Jahrhundert allein untersuchten) Gewebe zu dokumentieren. Aus der obigen Darstellung des Einbezugs zellbiologischen und biochemischen Wissens in die Physiologie geht zugunsten des Fernel'schen Verständnisses allerdings hervor, dass die Behandlung dieser Gegenstandsbereiche immer auf die ursprüngliche Physiologie, also immer auf das Verhalten des Menschen (bzw. der Lebewesen) bezogen blieb: Zellen und die Stoffe der Tiere und Pflanzen wurden untersucht, um letztlich etwas über Lebewesen herauszufinden. In einer weiteren Hinsicht ist Fernels Formulierung allerdings noch zu modifizieren. Sie wurde in den vorangegangenen Passagen bereits explizit angesprochen: Es geht nicht mehr nur um die Erscheinungen am gesunden Lebewesen, sondern allgemein, wie es etwa im Glossar des *Campbell* heißt, um die Erforschung der grundlegenden, „in [oder an, JK] einem Organismus ablaufenden Lebensvorgänge“ (Campbell *et al.*, 2011, 1828). Bereits im 19. Jahrhundert hatte die Physiologie insbesondere durch die vermehrte vergleichend-physiologische Forschung begonnen, sich von ihrer einseitigen Bindung an die praktische Medizin zu emanzipieren (Penzlin 2004c, 461). Die experimentelle Physiologie wendete sich demgemäß auch ganz anderen Fragen zu, wie etwa – im Rahmen der Entwicklungsphysiologie – Fragen nach der Formbildung von Lebewesen.⁵ Obgleich physiologische Forschung nach wie vor maßgeblich die medizinische Praxis stützt, verleiht sie durch diesen weiter definierten Gegenstandsbereich insbesondere auch der Kultivierungspraxis eine wissenschaftliche Grundlage.⁶

Es geht in der Physiologie also, so lässt sich zusammenfassend sagen, um Erkenntnisse über das Verhalten von Lebewesen mit dem Fokus auf ihre grundlegenden Lebenserscheinungen, wobei diese Erkenntnisse in der Regel einen Zusammenhang zwischen dem Verhalten der Lebewesen und Ereignissen an ihren Teilen herstellen. Mit dieser sehr weiten Definition möchte ich aus meiner Betrachtung biowissenschaftliche Teildisziplinen wie etwa die Evolutionsbiologie, die Vererbungslehre, die Ökologie, die Populationsgenetik, aber auch die Tierpsychologie ausschließen, da es in der letzteren nicht um grundlegende Lebensprozesse, sondern um höhere Fähigkeiten einiger Lebewesen geht.

Warum könnte es interessant sein, wissenschaftliche Praxis überhaupt zum Gegenstand von (philosophischen) Reflexionen zu machen? Meiner Ansicht nach lässt sich eine wissenschafts-immanente und eine wissenschafts-transzendente Motivation unterscheiden. Zunächst möchte ich die erstgenannte einführen. Wissenschaftliche Erkenntnispraxis besteht aus vielen Teilpraxen, in denen wiederum sehr unterschiedliche Handlungen vollzogen werden. Diese Hand-

⁵ Vgl. für einen Überblick über die Geschichte der Entwicklungsphysiologie Penzlin 2004b.

⁶ Vgl. etwa Höxtermann 2004, 502.

lungen sind teils nicht-sprachlicher Art, wie das Aufbauen und Starten von Experimenten, das Kultivieren, das Züchten, das Isolieren oder das Zerlegen von Untersuchungsgegenständen. All diese Handlungen sind aber mit sprachlichen Handlungen verbunden – nicht nur in dem Sinne, dass ihr Vollzug dokumentiert und mit Mitarbeitern abgesprochen wird, sondern vor allem (und im philosophisch interessanten Sinne), indem sie letztlich Teil einer Prozedur sind, mit der Erkenntnisse erzeugt werden sollen. Dieser Anspruch macht es erforderlich, jene nicht-sprachlichen Handlungen durch passende Regeln anzuleiten, welche selbst sprachlich fixiert und argumentativ gerechtfertigt (argumentativ begründet) sind, und welche aufgrund neuer Argumentationen modifiziert oder sogar verworfen werden können. In der Begründung, warum etwas eine wissenschaftliche Erkenntnis (oder eine wissenschaftliche Erklärung, ein Modell, etc.) ist, müssen sich Wissenschaftler stets argumentativ (und somit sprachlich) auf den erfolgreichen Vollzug gewisser Teilpraxen nach gerechtfertigten Regeln beziehen. Auch wenn in der Durchführung wissenschaftlicher Forschung viele Handlungen unternommen werden, die nicht im Sprechen bestehen, ist wissenschaftliche Praxis als Erkenntnispraxis also wesentlich auch eine sprachliche Praxis.

Allgemein gilt, dass der Erfolg der Durchführung einer komplexen Praxis potenziell gesteigert werden kann, wenn der Erfolg der Durchführung ihrer Teilpraxen gesteigert wird.⁷ Ich werde (in 1.1.2) demonstrieren, dass eine sehr einfache, aber grundlegende Voraussetzung für möglichst großen Erfolg beim Vollzug sowohl sprachlicher Praxen (wie der Argumentationspraxis) als auch nicht-sprachlicher oder nicht rein sprachlicher Praxen (wie der Experimentalpraxis) im möglichst klaren Sprechen liegt. Für die nicht (rein) sprachlichen Praxen gilt dies insbesondere auch, da die klare, eindeutige Normierung aller Praxen durch Regeln vom klaren Sprechen abhängt. Der Erfolg wissenschaftlicher Praxis kann deshalb ganz allgemein dadurch gesteigert werden, dass man die Voraussetzungen für möglichst klares Sprechen in der sowie über die Wissenschaft bzw. ihre Teilpraxen schafft. Neben der Erfolgssteigerung der Praxis selbst wird durch ihre klare Normierung außerdem die Lehr- und Lernbarkeit der Praxis verbessert.

Ein Kernanliegen wissenschafts-immanent motivierter Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis lässt sich folglich in der Bestimmung eines möglichst klaren und eindeutigen Begriffs (im Vorlegen einer möglichst klaren und eindeutigen ‚Konzeptualisierung‘) der Wissenschaft, genauer, ihrer Teilpraxen erblicken, denn dies bedeutet nichts anderes als eine klare und ein-

⁷ Auf der Grundlage meiner in 1.1.1 vorgenommenen Unterscheidung zwischen dem Erfolg und dem Gelingen von Handlungen müsste in diesem Zusammenhang von der Gewährleistung (vollständigen) Gelingens der Praxen anstatt von der Steigerung ihres Erfolgs gesprochen werden (siehe 1.1.2). Zwecks besserer Übereinstimmung mit unserer gewohnten Ausdrucksweise benutze ich hier dennoch den Ausdruck ‚Erfolg‘.

deutige Normierung der Teilpraxen. Dadurch wird ebenfalls ein Begriff von ihren Erzeugnissen bereitgestellt: Ein eindeutiger Begriff beispielsweise des wissenschaftlichen Erklärens informiert über die Schritte, die zu vollziehen sind, um eine wissenschaftliche Erklärung zu erzeugen. Dies impliziert ein begriffliches Wissen darüber, was eine wissenschaftliche Erklärung ist.

Einschränkend ist anzumerken, dass der Begriff einer Wissenschaft oder einer ihrer einschlägigen Teilpraxen prinzipiell unterschiedlich bestimmt werden kann, weshalb ich oft in der Mehrzahl von (prinzipiell voneinander verschiedenen) Konzeptualisierungen wissenschaftlicher Praxis bzw. interessanter wissenschaftlicher Teilpraxen spreche. Dies bedeutet keine Beliebigkeit, da bei Verwendung gleicher Reflexionsmethoden und Gütekriterien für die Reflexionen angemessenere von weniger angemessenen Konzeptualisierungen unterscheidbar sind, und die Reflexionsmethoden und Gütekriterien selbst einer Begründungsverpflichtung unterliegen, was die Möglichkeit besser und schlechter begründeter Methoden und Kriterien impliziert. In Kap. 1 werde ich darüber hinaus zeigen, dass unterschiedliche Konzeptualisierungen auch dadurch zustande kommen können, dass die Wissenschaft als Mittel zu unterschiedlichen Zwecken vorgestellt und somit begrifflich ‚rekonstruiert‘ (konzeptualisiert) wird.⁸

Reflexionen auf Wissenschaft können ihren Zweck nicht nur in einer befruchtenden Rückwirkung auf die wissenschaftliche Praxis haben: Der Begriff der Ergebnisse einer Wissenschaft, der mit der klaren Konzeptualisierung dieser Wissenschaft verfügbar ist, informiert darüber, was für eine Art des Wissens die Wissenschaft begründet und folglich auch, um was für Wissen es sich dabei *nicht* handelt. Diese Erkenntnis kann sich für Begründungen in verschiedensten Kontexten als relevant erweisen, beispielsweise für die Abgrenzung der Wissenschaft von anderen Wissenschaften (etwa der Physiologie von der Psychologie) oder für die Begründung der Angemessenheit oder Unangemessenheit gewisser gesellschaftlicher Praxen (schließt etwa die Physiologie die Möglichkeit einer Psychosomatischen oder Biopsychosozialen Medizin ein oder vielleicht sogar aus?⁹).

In meiner Arbeit werde ich nur eine sehr spezielle derartig wissenschafts-*transzendente* Folgerung aus der Konzeptualisierung der Physiologie berühren. Einige Autoren sind der Ansicht, dass ausgehend von der Wissenschaftspraxis bestimmte philosophische Fragen beantwortet

⁸ Ich möchte an dieser Stelle noch anmerken, dass es unerheblich ist, ob Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis – auch solche, die die Verbesserung dieser Praxis zum Ziel haben – von Wissenschaftlern selbst oder von anderen durchgeführt werden. Der Reflektierende sollte natürlich mit der Wissenschaft vertraut sein. Faktisch enthalten viele, vor allem ältere naturwissenschaftliche Publikationen immer auch Reflexionen, die nicht auf den Gegenstand der jeweiligen Wissenschaft sondern auf die Wissenschaft selbst, d.h. auf ihr Ziel bzw. ihren Zweck bezogen sind, sowie auf die Methoden, diesen Zweck zu erreichen.

⁹ Vgl. zu dieser Debatte etwa die Texte G. Engels, des Begründers des Biopsychosozialen Krankheitsmodells (etwa Engel 1977), und J. Eggers, eines seiner jüngeren Weiterentwickler (Egger 2005 und 2008).

werden können, etwa die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ betreffend: Existieren beispielsweise nur materielle Körper (vielleicht sogar nur Atomansammlungen?) oder auch Seelen oder Personen? In was für Relationen stehen Gegenstände der verschiedenen Arten bzw. die diese Gegenstände involvierenden Geschehnisse? In was für Relationen *können* sie stehen (Beispiele wären zeitliche, räumliche oder kausale Relationen)? Diese beispielhaften Konkretisierungen zeigen bereits, dass die Frage nach der ‚grundlegenden Beschaffenheit der Welt‘ leicht den Charakter bekommt, als handle sie vom Bestücken eines Setzkastens (da dies m.E. bereits durch die Formulierung ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ suggeriert wird, setze ich diese in Anführungszeichen). Es werden zwei Antwortstrategien unterschieden: Manche Autoren sagen, die impliziten Voraussetzungen des erfolgreichen Vollzugs der wissenschaftlichen Praxis ermöglichen entsprechende Folgerungen. Der Wissenschaftsphilosoph H. Chang bringt das auf die Formel: „What must the world be like, in order for this [scientific, JK] activity to be intelligible?“¹⁰ Einer zweiten Strategie zufolge ergeben sich die Folgerungen aus der Tatsache der erfolgreichen Anwendung gewisser Erzeugnisse der wissenschaftlichen Praxis (nämlich der durch die Wissenschaft begründeten Theorien): Wie ich in Kap. 3 genauer ausführen werde, enthalten wissenschaftliche Theorien oft Ausdrücke für sogenannte theoretische Entitäten oder Konstrukte (bspw. ‚Atom‘, ‚Elektron‘, ‚elektrisches Feld‘), für Gegenstände also, die nicht beobachtbar sind, die aber die Formulierung sehr allgemeiner Gesetzesaussagen gestatten, aus denen sich etliche speziellere Gesetzesaussagen über beobachtbare Dinge ableiten lassen. Die als ‚Theorienrealismus‘ bezeichnete Auffassung erkennt jenen Ausdrücken für theoretische Entitäten – sofern die sie enthaltenden Theorien sehr erfolgreich etwa zu Vorhersagezwecken angewendet werden – nicht nur einen rein instrumentellen Status als Ableitungsbasis für speziellere Gesetzesaussagen zu. Vielmehr sei aus der erfolgreichen Anwendung der betreffenden Theorie zu schließen, dass es die theoretischen Entitäten wirklich gibt (es geht dann in der Regel um die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘).¹¹ Ein bekanntes Argument für den Theorienrealismus besagt, dass die ihn kennzeichnende Realitätsbehauptung die *beste Erklärung* für die Tatsache sei, dass eine bestimmte Theorie so erfolgreich angewendet wird, dass also die aus der Theorie ableitbaren, durch Beobachtung prüfbaren Vorhersagen bisher tatsächlich immer eintraten.¹²

¹⁰ Chang 2011, 217. Der Autor gibt folgendes Beispiel: „[I]f we are involved in the activity of chemical analysis as perfected in the nineteenth century, we must presume that there are building blocks which preserve their identity through chemical reactions, so that analysis can be followed by synthesis and we get the original molecule back again“ (Chang 2011, 217).

¹¹ Vgl. etwa Bartels 2007, 199-201 und 212 sowie Hüttemann 1997, 38 ff.

¹² Vgl. für eine ausführlichere Fassung des Arguments Bartels 2007, 203 ff.

Ich nehme in meiner Arbeit keine ausführliche Kritik von Sinn und Möglichkeit solcher Folgerungen vor.¹³ Berühren werde ich Folgerungen dieser Art insofern, als sie in den Texten einiger Mechanisten (Vertreter der Mechanistischen Konzeptualisierung) angedeutet, von manchen Mechanisten sogar programmatisch vollzogen werden. Der Inhalt dieser Folgerungen ist aber unklar – und vielleicht führen sie deshalb auch eine Art Schattendasein in den Mechanistischen Texten. Es geht in ihnen um eine spezifische Relation der Konstitution zwischen Ereignissen, genauer um die Frage, ob es sich bei dieser um eine ‚reale‘, ‚existierende‘ Relation handelt, in dem Sinne, dass sie die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ mitbestimmt (s.u.). In meiner alternativen und meines Ermessens besser begründeten Konzeptuali-

¹³ Ich will hier lediglich darauf hinweisen, dass die Existenzbehauptung des Theorienrealismus grundsätzlich zweifelhaft ist. Weil die theoretischen Konstrukte selbst nie Gegenstand der Erfahrung sind, sind alle Eigenschaften, die ihnen zugeschrieben werden, *erschlossen*, und zwar aufgrund der Reproduzierbarkeit von bestimmten Zuständen an Messgeräten (Detektionsergebnissen) und mithilfe weiterer Theorien (das geballte Vorliegen von Ladung, auf dem die kristallographische Analyse der atomaren Struktur von Molekülen beruht, etwa auf der Grundlage der detektierbaren Ablenkung elektromagnetischer Strahlung beim Passieren des Kristalls und einer Theorie des Elektromagnetismus). Prinzipiell könnte ein beobachtbarer Effekt an Messgeräten aber immer auch eine andere Ursache als die so angegebene haben. Das ist einer der Gründe dafür, warum sich Theorien überhaupt verändern können, obgleich die Effekte an den Messgeräten die gleichen bleiben (entscheidend ist natürlich oft das Machen weiterer Erfahrung mit bzw. an anderen Messgeräten oder in anderen Experimenten). Die theoretischen Konstrukte sind letztlich also immer nur ‚indirekt‘ über eine Zahl solcher nicht alternativlosen Eigenschaften charakterisiert, die sie bezeichnenden theoretischen Terme also nie vollständig definiert (siehe hierzu 3.2.2). Genauer: Wenn man auf der Grundlage der Detektionsergebnisse sich der Erfahrung entziehende *Dinge* oder *Entitäten* vorstellt, vollzieht man einen *konstruktiven* Schritt (deshalb theoretische *Konstrukte*). Es ist vermutlich die Tatsache, dass das experimentelle ‚Sammeln‘ von Detektionsergebnissen und das Konstruieren jener Dingvorstellungen in der Praxis *nicht* getrennt voneinander abläuft, die in vielen Theoretikern einen Hang zum Theorienrealismus erzeugt. Die theoretischen Konstrukte fungieren eben nicht nur als anschauliche Lehrmodelle der fertigen Theorien, wie es die ursprüngliche Ansicht des Logischen Empirismus war. Sie leiten (in ihrer Funktion als Forschungsmodelle) ebenfalls die experimentelle Praxis an, indem versucht wird, experimentell die Hypothese des Vorliegens spezifisch beschaffener theoretischer Entitäten (Konstrukte) zu belegen. Das geschieht jedoch – der Natur der Sache nach – immer nur indirekt über die detektierbaren Konsequenzen einer solchen Hypothese (und i.d.R. mit den Sätzen einer Hintergrundtheorie T als weiteren Prämissen). Die detektierbaren Konsequenzen könnten aber stets auch als Konsequenzen *alternativer* Hypothesen fungieren (der Vorzug einer vielleicht neuen Theorie T' vor T könnte eine solche ‚favorisieren‘). D.h., die Detektionsergebnisse werden immer als Effekte entsprechend *passender* Eigenschaften der theoretischen Entitäten gedeutet. In ihrer Funktion als Forschungsmodelle machen theoretische Konstrukte Wissenschaft sehr produktiv (vgl. 3.2.2; vgl. zum Begriff des Lehrmodells 5.2.3 und zum Begriff des Forschungsmodells 5.2.2). Es ist also nicht der Fall, dass eine Ablehnung des Theorienrealismus in einer bloßen Haltung ‚epistemischer Vorsicht‘ liegt, eine Darstellung, die suggeriert, man verfüge über indirektes Wissen über die zu den theoretischen Termen vorgestellten *Dinge*, ähnlich wie man über indirektes Wissen über die Form einer Amphore verfügt, wenn man allein ihren Schatten sieht. Es bleibt dabei genau jener in der Praxis vermutlich selten explizit und bewusst (weil nicht ‚im Nachhinein‘) vollzogene konstruktive Schritt außer Acht: Das *Ausgehen* von einer Hypothese des Vorliegens *bestimmter Entitäten* und der Versuch ihrer anschließenden, Theorien gestützten und indirekten experimentellen Bewährung (im Zuge derer die Hypothese i.d.R. modifiziert, die theoretischen Entitäten also genauer charakterisiert werden). Es wäre unsinnige ‚epistemische Vorsicht‘, sich angesichts des Schattens einer Amphore in passenden umgebenden Umständen der Zustimmung zur Annahme ihres Daseins zu verweigern, wenn davon irgendwelche praktischen Konsequenzen abhängen – *und wenn man, wie wir, aus der Erfahrung weiß, was eine Amphore und was ein Schattenwurf ist*. In einer Welt, in der nur Schatten Gegenstand der Erfahrung sind – wobei einige Phänomene an den Schatten recht gut vorhergesagt werden können mit einer Theorie, die von einer ganz anderen, obgleich der Schattenwelt in gewissen Hinsichten ähnlichen Welt spricht, aus der die Schatten heraus produziert werden – in einer solchen Welt also erscheint im praktisch einschlägigen Kontext eher die Verpflichtung auf die Wahrheit jener Annahme (und was soll Theorienrealismus sonst heißen?) als unsinnig.

sierung wird diese spezifische Relation aber nicht mehr auftauchen, sodass mein einziges Ergebnis in der Frage konkreter philosophischer Folgerungen der genannten Art ein negatives sein wird. Bedeutsam ist das vor dem Hintergrund der bereits oben gemachten Andeutung, dass das Anstellen jeglicher wissenschafts-transzendenter Folgerung nur Sinn macht, wenn es auf der Grundlage einer klaren und adäquaten Konzeptualisierung der wissenschaftlichen Praxis aufbaut. Auch wenn man die Möglichkeit der skizzierten Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ in Erwägung zieht, folgt aus dieser Abhängigkeit keine Willkür in der Beantwortung dieser Frage. Denn verschiedene Konzeptualisierungen wissenschaftlicher Praxis sowie verschiedene Reflexionsmethoden, mit denen sie erstellt werden, können selbst wieder mehr oder weniger gut begründet sein.

Ich möchte nun einige relevante Elemente der Mechanistischen Konzeptualisierung der Physiologie benennen und historisch kontextualisieren. Die Mechanistische Position wurde maßgeblich durch die Publikationen C. Cravers geprägt – viele Elemente, die ich der Mechanistischen Position zuschreibe, finden sich in erster Linie bei diesem Autor. Damit möchte ich die Möglichkeit alternativer Spielarten der Mechanistischen Konzeptualisierung nicht ausschließen. Das zentrale Element der Mechanistischen Konzeptualisierung ist der Begriff der Erklärung, der sich, unserem alltäglichen Verständnis zufolge, als Begriff von etwas auffassen lässt, das durch den Vollzug einer gewissen Praxis – der Praxis des Erklärens – erzeugt wird. Die Praxis des Erklärens ist folglich eine wichtige Teilpraxis in der Mechanistischen Konzeptualisierung der Physiologie, genau genommen wird das physiologische Wissen den Mechanisten zufolge in Form von allgemein verfassten Erklärungen bereitgestellt. Der Begriff der wissenschaftlichen Erklärung wurde insbesondere von den Logischen Empiristen C. G. Hempel und P. Oppenheim in den 1940er zu einem bedeutenden Bestandteil der Konzeptualisierung wissenschaftlicher (insbesondere physikalischer) Praxis gemacht. Die Autoren explizierten zwei (miteinander verwandte) Begriffe wissenschaftlicher Erklärung, den Begriff der deduktiv-nomologischen Erklärung (DN-Erklärung) und den Begriff der induktiv-statistischen Erklärung (IS-Erklärung) (im Folgenden: ‚DN/IS-Begriff der Erklärung‘). Während viele Autoren darin übereinstimmten, das Erzeugen von Erklärungen als das zentrale Ziel wissenschaftlicher Praxis zu betrachten, wurde Hempels und Oppenheims spezifische Konzeptualisierung wissenschaftlicher Erklärungen jedoch mit zahlreichen theoretischen Problemen konfrontiert. Eine Stoßrichtung der Kritik am DN/IS-Begriff der Erklärung, die insbesondere von W. Salmon in den 1980er Jahren vorgetragen wurde, zielte darauf, dass der DN/IS-Begriff wissenschaftliche Erklärungen nicht auf kausale Erklärungen einschränkt, auf Erklärungen also, in denen das Eintreten eines Sachverhalts durch einen Verweis auf seine kausale Geschichte er-

klärt wird. Mangels dieser Einschränkung erlaube es der DN/IS-Begriff, Fälle von Erklärungen auszuzeichnen, die ganz offensichtlich nichts mit Erklärungen zu tun haben. Der Begriff der Kausalität hatte kurze Zeit vorher wieder die Aufmerksamkeit zeitgenössischer Philosophen auf sich gezogen; insbesondere verursachte J. L. Mackie's *The Cement of the Universe* von 1974 Debatten über die Angemessenheit der von ihm vertretenen Regularitätstheorie der Kausalität. Eine ähnlich zentrale, obgleich inhaltlich ganz anders ausgerichtete Schrift erschien im selben Jahr – G. H. v. Wrights *Causality and Determinism*. Die Diskurse über wissenschaftliche Erklärungen und über Kausalität sollten in der Folgezeit nicht mehr einfach voneinander zu trennen sein.

Salmons Ansicht, wissenschaftliche Erklärungen müssten auf Ursachen Bezug nehmen, war nicht der einzige Punkt, in dem er von Logisch-Empiristischen Autoren abwich – er vertrat ebenfalls eine sehr eigene Ansicht dazu, wie genau diese Bezugnahme aussehen müsse. Während dem DN/IS-Begriff der wissenschaftlichen Erklärung zufolge eine Erklärung für das Eintreten eines Sachverhalts aus einem Argument besteht, in dem mithilfe mindestens einer wissenschaftlichen Gesetzesaussage diejenige Aussage logisch abgeleitet wird, die jenen Sachverhalt ausdrückt, konzeptualisierte Salmon Erklärungen nicht als Schlussfolgerungen, sondern als Beschreibungen. Genauer liegt ihm zufolge eine Erklärung für das Eintreten eines Sachverhalts in einer Beschreibung etlicher Ereignisse, die gemeinsam als ‚Mechanismus‘ den fraglichen Sachverhalt kausal hervorgebracht haben. Neben diesen Kausalen oder Ätiologischen Mechanistischen Erklärungen (ÄME) unterschied Salmon eine weitere Form der Mechanistischen Erklärungen, die Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen (KME). Auch in diesen werde ein Phänomen durch die Beschreibung eines Mechanismus erklärt. Anders als in den ÄME stelle der Mechanismus in KME aber nicht die dem Phänomen zeitlich vorhergehende kausale Geschichte des Phänomens dar. Vielmehr repräsentiere der Mechanismus die interne kausale Struktur des Phänomens *selbst*, er liege demselben zugrunde, so wie etwa ein Mechanismus aus etlichen Ereignissen an Molekülen dem makroskopischen Phänomen zugrunde liege, dass zwei Flüssigkeiten sich mischen. Bei Salmon werden KME allerdings nur am Rande behandelt – in der Mechanistischen Konzeptualisierung der Physiologie spielen sie eine herausragende Rolle.

Die durch Salmons Alternativvorschläge ausgezeichnete Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis wurde insbesondere um das Jahr 2000 verstärkt in Debatten über die begrifflichen Grundlagen der Biowissenschaften (insbesondere der Physiologie) aufgenommen und dort weiterentwickelt – auf die dabei entstehende Konzeptualisierung physiologischer Praxis beziehe ich mich in meiner Arbeit mit dem Ausdruck ‚Mechanistische Konzeptualisierung‘.

Salmons Konzeptualisierung wurde und wird von den biowissenschaftlichen Mechanisten offenkundig deshalb als besonders treffend angesehen, weil sie in guter Übereinstimmung mit physiologischen (Lehr-)Texten steht (man denke vor allem an molekularbiologische Lehrwerke). Hier geht es in der Regel darum, komplexe Zusammenhänge von Ursachen und Wirkungen darzulegen, die nicht selten sogar explizit als Mechanismen adressiert werden. Darüber hinaus werden diese Gefüge aus Ursachen und Wirkungen offenkundig durch Texte und Bilder *beschrieben*; selten werden – wie in der Physik oder Chemie – Gleichungen oder sehr allgemeine Gesetze angeführt, um ein bestimmtes Phänomen wissenschaftlich zu behandeln (zu ‚erklären‘).

Der Mechanistische Ansatz wurde bei seiner Übernahme in die Reflexionen auf physiologische Praxis aber entscheidend weiterentwickelt. Insbesondere C. Craver schuf mit seinem Buch *Explaining the Brain* von 2007 eine neue Grundlage für die Debatte. Dabei möchte ich direkt anmerken, dass Craver seine Besprechung zwar dem Wortlaut nach auf den Bereich der Neurophysiologie einschränkt, seine Reflexionen aber so allgemein durchführt, dass sie den Bereich der gesamten Physiologie betreffen. Auch die beispielhaften Illustrationen des Autors sowie anderer Mechanisten fallen nicht allein in den Bereich der Neurophysiologie. In Cravers Werk lassen sich zwei wesentliche Neuerungen identifizieren. Erstens verbindet der Autor den Begriff der Mechanistischen Erklärung mit einem bestimmten Begriff der Kausalität, dem Kausalitätsbegriff aus J. Woodwards sog. Manipulationistischem Kausalitätsansatz. Woodward zufolge sind Kausalrelationen zwischen Ereignissen Abhängigkeitsrelationen der Manipulierbarkeit – Wirkungen hängen ihm zufolge von Ursachen insofern ab, als dass man Wirkungen in Bezug auf ihr Eintreten oder Nicht-Eintreten (bzw. bezüglich der bestimmten Art und Weise ihres Eintretens) manipulieren kann, *indem* man ihre Ursachen manipuliert. Dieses Kausalitätsverständnis passt besonders gut zur wissenschaftlichen Praxis, da es der wissenschaftlichen Experimentalpraxis direkt einen Sinn verleiht: Das kausale Wissen über Mechanismen ist Craver zufolge in Experimenten zu gewinnen.

Gestützt durch die Praxis des Experimentierens werden in der Physiologie also Mechanismen entdeckt, und die Beschreibungen dieser Mechanismen bilden Kausale (Ätiologische Mechanistische) Erklärungen von wissenschaftlichen Phänomenen. Neben Kausalwissen wird Craver zufolge in der Physiologie aber noch eine ganz andere Form von Wissen erzeugt – nämlich Wissen über die den wissenschaftlichen Phänomenen *zugrunde liegenden* Mechanismen. Cravers zweite Innovation kann darin gesehen werden, dass er Salmons Begriff der KME genauer bestimmt und in eine Mechanistische Konzeptualisierung der Physiologie integriert hat. Der Ermittlung von Mechanismen, die Phänomenen (Ereignissen) zugrunde liegen, d.h. sie

konstituieren, liegt Craver zufolge eine eigene Form experimenteller Praxis zugrunde, die genau auf dieser (von ihm noch genauer spezifizierten) Abhängigkeitsrelation zwischen dem (komplexen) Mechanismus-Ereignis und dem Phänomen-Ereignis basiert. Seine Mechanistische Konzeptualisierung der Physiologie sieht also zwei unterschiedliche Experimentalpraxen vor, in denen unterschiedliche Formen des Wissens – Kausalwissen und Konstitutionswissen – erzeugt werden. Kausal- sowie Konstitutionswissen besteht dabei in der Beschreibung von Mechanismen, dort in der Beschreibung von Mechanismen, die Phänomene verursachen, hier in der Beschreibung von Mechanismen, die Phänomene konstituieren. Salmons Konzeptualisierung entsprechend begreift Craver diese zwei Formen von Beschreibungen als wissenschaftliche Erklärungen (ÄME und KME).

Die kurze Darstellung zeigt bereits, dass die von den Mechanistischen Autoren suggerierte und teils auch (mit Verweis auf die erfolgreiche Experimentalpraxis zur Identifizierung von Konstitutionsverhältnissen sowie die erfolgreiche Verwendung von KME) explizit vertretene Ansicht, bei der Konstitutionsrelation handele es sich um eine ‚reale‘ Abhängigkeitsrelation, auf die Ansicht hinausläuft, sie sei eine Relation zwischen verschiedenen, gleichzeitig stattfindenden Ereignissen (zumindest sehe ich keine andere Möglichkeit der Deutung). Diese Auffassung ist äußerst zweifelhaft, denn ihr zufolge müssten etwa neben zwei sich durchmischenden Flüssigkeiten zusätzlich noch die ineinandergleitenden Molekülhaufen existieren, mit denen dieses beobachtbare Geschehen in Lehrbüchern erklärt wird, und neben dem Verhalten einer Zelle oder eines Lebewesens zusätzlich noch die Bewegungen der Moleküle, aus denen die Zelle besteht, bzw. die Ereignisse an den Geweben, aus denen sich das Lebewesen zusammensetzt. Niemand wird so etwas wirklich vertreten – vielleicht trat diese ‚realistische‘ Auffassung der Konstitutionsrelation aber deswegen auf den Plan, vielleicht wird in den Mechanistischen Texten deshalb der Eindruck dieser Auffassung erzeugt, weil es sich bei jener Art der Konstitution sicher nicht um die Relation der Identität handelt. Denn auch abseits einiger speziellerer Bestimmungen ihres Begriffs, die diese Auffassung verbieten, ist ganz offensichtlich die Bewegung von Flüssigkeiten und die Bewegung sehr kleiner fester Körper (Moleküle) etwas ebenso voneinander Verschiedenes wie das Suchverhalten einer Laborratte in einem Labyrinth und die Elektrisierungen, Verkürzungen und Dehnungen bestimmter Komponenten einer Gewebemaschine. Durch die Annahme der Identität wäre ferner der Begriff der KME sinnlos, weil in diesen dann ein (komplexes) Ereignis durch einen Verweis auf sich selbst erklärt würde, was den basalsten Erklärungsansprüchen widerspricht. Ebenso sinnlos wäre der Begriff der auf die Entdeckung konstitutiver Zusammenhänge zielender Experimente, da er wesentlich auf der Vorstellung des experimentellen Intervenierens auf zwei

‚Ebenen‘ – nämlich der des Phänomens und der des Mechanismus – basiert. Damit würde nicht nur die gesamte Mechanistische Konzeptualisierung fragwürdig, es würden insbesondere die beiden Pfeiler wegbrechen, die nach Ansicht einiger Autoren (zu denen auch die sich in dieser Frage positionierenden Mechanisten gehören) Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ stützen (und um solche Folgerungen geht es ja gerade). Es bleibt also unklar, was genau mit der Auffassung der Konstitutionsrelation als ‚realer‘ Abhängigkeitsrelation gemeint ist, bzw. diese Auffassung verbleibt im Bereich des Eindruckhaften und Unwahrscheinlichen.

Das kritische Projekt meiner Arbeit bezieht sich vor allem auf die auf Craver zurückgehende Fassung der Mechanistischen Konzeptualisierung der Physiologie. Ich halte die Mechanistischen Erklärungs-begriffe (insbesondere den der KME) und den Begriff der Experimentalpraxis zur Entdeckung konstitutiver Zusammenhänge für keine guten Konzeptualisierungen. Meine alternative Konzeptualisierung wird nur *einen* Begriff von Experimentalpraxis enthalten, demzufolge Experimente einzig dazu geeignet sind, Kausalwissen zu liefern (zu begründen). Aus dem erfolgreichen Experimentieren in der Physiologie lässt sich meiner Konzeptualisierung zufolge daher auch nicht das Vorliegen einer wie auch immer genau verstandenen ‚realen‘ Konstitutionsrelation im Mechanistischen Sinne folgern. Meine alternative Konzeptualisierung derjenigen Erzeugnisse physiologischer Praxis, die die Mechanisten als KME bezeichnen, wird ebenfalls keinen Anlass zu einer realistischen Auffassung dieser Relation geben. Denn bei diesen Erklärungen handelt es sich in meiner Konzeptualisierung um eine bestimmte Form von modellgestützten Erklärungen, die reine Kausalerklärungen sind. Damit habe ich bereits auf den zentralen Begriff meiner Konzeptualisierung hingewiesen, nämlich auf den Begriff des wissenschaftlichen Modells bzw. des wissenschaftlichen Modellierens, der bei den Mechanisten vollkommen in den Hintergrund tritt. Das ‚zugrunde liegende‘ Relatum der Konstitutionsrelation in der Mechanistischen Konzeptualisierung ist in meinem Alternativvorschlag nämlich ‚nur‘ ein Modell des konstituierten Gegenstands, etwas, das *wir* erzeugen, und das folglich nicht zusätzlich zu dem Gegenstand vorliegt bzw. in der Wirklichkeit stattfindet (damit kommt in meiner Konzeptualisierung auch nicht die Auffassung der Konstitution als Identität infrage).

Meine alternative, wesentlich auf dem Begriff des Modells basierende Konzeptualisierung gestattet es ferner, eine Hypothese über die Entstehung derjenigen Teile der Mechanistischen Konzeptualisierung zu formulieren, deren Güte ich infrage stelle. Dabei möchte ich anmerken, dass es mir nicht um die Bestätigung dieser philosophiehistorischen Hypothese geht, und ich sie nur anführe, um das Verständnis der Mechanistischen Position und meiner Kritik an

dieser zu verbessern. Aus Sicht meines Alternativvorschlags kann ein entscheidendes Missverständnis der Mechanisten bereits darin gesehen werden, die üblichen Darstellungen von Mechanismen in physiologischen Lehrwerken als *Beschreibungen* anzusehen. Denn liegt eine Beschreibung von etwas vor, dann gehen wir davon aus, dass es existiert, dass es prinzipiell beobachtet oder begutachtet werden kann. Wenn die Beschreibung eines Phänomens und eines dieses Phänomen konstituierenden Mechanismus vorliegt, dann gehen wir folglich davon aus, dass es ein Phänomen gibt und dazu noch einen Mechanismus; und zu deren Beziehung in der Wirklichkeit muss sich der Konzeptualisierende irgendwie verhalten. Diese Fehlkonzeptualisierung physiologischer Darstellungen als Beschreibungen könnte also der – obgleich nicht explizite – Grund für die Einführung des Begriffs der realistisch interpretierten Konstitution sowie der mit diesem Begriff zusammenhängenden Begriffe (desjenigen der KME und desjenigen der eigentümlichen Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen) gewesen sein. Gerade die Verwurzelung dieser realistischen Interpretation in einer – durch den Begriff der Beschreibung erzeugten – Suggestion würde neben ihrer unklaren Bedeutung besonders gut zu dem oft auch bloß andeutenden Charakter passen, mit dem die Mechanistischen Texte den Eindruck dieser Interpretation vermitteln. Und dass manche Mechanisten die realistische Auffassung der Konstitution auf eine der beiden oben angesprochenen Weisen zu *rechtfertigen* suchen, steht mit dieser Vermutung über den tatsächlich andersartigen *Ursprung* dieser Auffassung nicht in Widerspruch. Der realistisch verstandene Begriff der Konstitution und die mit diesem Begriff zusammenhängenden Begriffe sind dabei nicht der einzige Mangel jener Fehlkonzeptualisierung. Sie geht außerdem damit einher, dass über eine sehr bedeutsame Gruppe von physiologischen Praxen hinweggesehen wird, nämlich über die verschiedenen Praxen der Modellkonstruktion und -anwendung. Physiologisches Wissen ist ihr zufolge nicht etwas, was – wie ich argumentieren werde – stets unter Verwendung von Modellen aus dem Bereich der Technik erzeugt wird und in Modellen einer anderen Art, in sog. abbildlichen Modellen, integriert und präsentiert wird. Seine Erzeugung ist einfach ein Beschreiben, ein ‚Repräsentieren der Wirklichkeit‘, und es selbst ist aus diesem Grund nichts anderes als Beschreibungswissen.

Meine Hypothese über den Ursprung der Mechanistischen Konzeptualisierung muss allerdings im Bereich der Spekulation verbleiben. Denn die Mechanisten bauen ihre Konzeptualisierung zumindest nicht streng methodisch auf, sodass die Begründungsverhältnisse in der Konzeptualisierung und auch die in ihr verwendeten Begriffe oft nicht klar sind. Es ist nicht einmal ganz klar, ob die Autoren mit Ausdrücken wie ‚description‘ und ‚describe‘ wirklich das meinen, was wir mit diesen Ausdrücken (bzw. mit den deutschen Ausdrücken ‚Beschrei-

bung‘ und ‚beschreiben‘) zu bezeichnen pflegen – es gibt Stellen, die dieser Interpretation entgegenstehen und solche, die sie stützen. Ich spreche – allerdings mit Vorbehalt – davon, die Mechanisten konzeptualisierten physiologische Darstellungen als Beschreibungen, da von ihnen kein Alternativverständnis jener Ausdrücke angeboten wird und da die oben erwähnte ‚realistische‘ Konnotation dieser Ausdrücke für die Mechanistische Auffassung bezeichnend ist.

In meiner alternativen Konzeptualisierung werde ich die Bestimmung des Begriffs der physiologischen Darstellungen von Mechanismen explizit angehen. Dem so bestimmten Begriff zufolge handelt es sich bei ihnen nicht um Beschreibungen sondern um Modelle und damit um bestimmte ‚Fiktionen‘, die allerdings in ihrem jeweiligen Gehalt keineswegs willkürlich und zu Lehr- und Anwendungszwecken von physiologischem Wissen sehr nützlich sind. Die übliche Redeweise, ein bestimmter Mechanismus liege einem Phänomen zugrunde, bedeutet im Rahmen meiner Konzeptualisierung, dass sich die Vorstellung (die Beschreibung) des Phänomens durch eine bestimmte Modellvorstellung *ersetzen* lässt. Eine solche Ersetzung nehmen wir nicht durch ein tatsächliches Austauschen von Gegenständen vor, sondern dadurch, dass wir den Gegenstand, an dem das Phänomen vorliegt, im Rahmen einer Fiktion als einen anderen Gegenstand charakterisieren, nämlich als eine Ansammlung von Entitäten, die in ihrem spezifischen Verhalten einen Mechanismus bilden. Es ist also immer eine Entscheidung, ob wir von dem Gegenstand sprechen, an dem das Phänomen vorliegt – beispielsweise von einem Lebewesen – oder von einer Ansammlung von Geweben, die in bestimmter Weise ‚zusammenarbeiten‘ und so einen Mechanismus instanziiieren. Weil es sich um eine Entscheidung des Entweder-oder handelt, hat es keinen Sinn, von der gleichzeitigen Existenz von Phänomenen und Mechanismus zu reden. Insbesondere weil es ferner eine Entscheidung zwischen zwei Vorstellungen ist, von denen die eine eine (obgleich nützliche und nicht willkürliche) Fiktion darstellt (denn Lebewesen kennen wir alle, Gewebemaschinen allerdings nicht, bzw. nur aus Lehrbüchern), entfällt die Frage nach der Existenz einer ‚realen‘ Relation der Konstitution (was allerdings nicht bedeutet, dass die Körper von Lebewesen nicht *materiell* durch Teile wie z.B. Gewebe konstituiert sind, insofern sie sich in diese zerlegen, bzw. diese sich aus ihnen herstellen lassen). Auf der Grundlage meiner Konzeptualisierung lässt sich den Mechanisten also vorwerfen, dass sie durch das offenkundig von ihnen veranschlagte Verständnis von Erklärungen als *Beschreibungen* (die suggerieren, dass das Beschriebene in der Wirklichkeit vorliegt) über den Modell-Charakter (und somit den fiktiven Charakter) einiger Gegenstände, um die es in physiologischen Erklärungen geht, hinweggesehen haben.

Aus dieser Vorstellung des kritischen Teils meiner Arbeit geht unmittelbar seine Verbindung mit ihrem konstruktiven Anteil hervor – dieser besteht im Erstellen einer alternativen Konzeptualisierung der Grundzüge physiologischer Praxis, die die angegebenen Merkmale besitzt und die überzeugend ist. Ich möchte das Vorgehen meiner Arbeit nun skizzieren. Um Konzeptualisierungen wissenschaftlicher Praxis kritisieren und eigene Konzeptualisierungsvorschläge vortragen zu können, bedarf es irgendeiner Methode, die das Reflektieren anleitet. In Kap. 1 werde ich methodologische Überlegungen anstellen, die darauf zielen, eine solche Methode zu begründen. Natürlich gehe ich in der Begründung der Methode von einem bestimmten philosophischen Ausgangspunkt aus, der prinzipiell nicht alternativlos ist. Ich mache diesen Ausgangspunkt jedoch explizit, sodass die Grundlage, relativ zu der ich in den Kap. 2-5 meine kritischen und konstruktiven Reflexionen anstelle, geklärt ist. Man *muss* diesen Ausgangspunkt nicht teilen. Aus diesem Grund bezeichne ich meine alternative Konzeptualisierung auch als einen Konzeptualisierungsvorschlag. Hieraus folgt nicht, dass es willkürlich ist, wie wir wissenschaftliche Praxis konzeptualisieren. Es ließen sich weitere Begründungen anführen, warum ein bestimmter philosophischer Ausgangspunkt (wie der von mir gewählte, oder aber ein anderer) als *richtiger* oder *bester* Ausgangspunkt bezeichnet werden kann, sodass die auf der Grundlage dieses Ausgangspunkts ausgeführte Konzeptualisierung die richtige oder beste Konzeptualisierung zu nennen wäre.¹⁴ Eine solche Begründung liegt aber nicht im Rahmen meiner Arbeit – für mich ist es ausreichend, meinen Ausgangspunkt überhaupt explizit zu machen und als einen gut begründeten Ausgangspunkt darzustellen.

Im ersten Teil von Kap. 1 (1.1) werde ich diesen Ausgangspunkt allgemein, also unabhängig von seiner Anwendung auf Konzeptualisierungen wissenschaftlicher Praxis skizzieren. Im zweiten Teil von Kap. 1 (1.2) werde ich dann eine passende Methode zur Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis begründen. Ich möchte an dieser Stelle der Einleitung ein paar Hinweise zum ersten Teil von Kap. 1 geben. Der dort skizzierte philosophische Ausgangspunkt lässt sich als ‚pragmatistisch‘ bezeichnen, weil in ihm der Begriff der Handlung eine zentrale Stellung einnimmt. Zum einen bedeutet das, Gegenstände, die in Handlungsvollzügen bestehen (wie etwa Wissenschaft), auch wirklich als Vollzüge von Handlungen zu begreifen. Entsprechend werden wissenschaftliche Erzeugnisse wie Theorien, Modelle oder Erklärungen auch als Erzeugnisse von Handlungen (bzw. Praxen) begriffen. Zweitens bedeutet es insbesondere auch, Sprechen als eine Art des Handelns anzusehen. Das Anstellen philosophischer Reflexionen (etwa zwecks Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis) ist ebenfalls eine

¹⁴ Sie wäre es, wie bereits einschränkend bemerkt, relativ zu allen alternativen Konzeptualisierungen, die die Wissenschaft als Mittel zu dem gleichen Zweck vorstellen (siehe Kap. 1).

Form des Handelns und auch Wissenschaften sind – wie ich bereits ausführte – Praxen, die zu einem großen Teil Sprachpraxen sind (bzw. von solchen abhängen). Deshalb wird es im ersten Teil von Kap. 1 auch darum gehen, die Handlungsart des Sprechens etwas genauer zu betrachten. Es geht dabei nicht um das Begründen neuer Erkenntnisse in der Sprachphilosophie, sondern um das Bereitstellen eines sprachphilosophisch reflektierten Ausgangspunkts, was für den Vollzug einer philosophischen Reflexionspraxis, die schließlich in nichts anderem besteht als im Sprechen, nur förderlich sein kann. In der Begründung einer Methode für das Konzeptualisieren wissenschaftlicher Praxis im zweiten Teil von Kap. 1 werde ich darauf aufbauend eine Methode vorschlagen, mit der man zu Konzeptualisierungszwecken zentrale Begriffe wissenschaftlicher Teilpraxen bestimmen kann.

Eine ausführliche Einführung handlungstheoretischen und sprachhandlungstheoretischen Vokabulars, wie ich sie in 1.1 vornehme, ist in aktuellen Arbeiten der Wissenschaftstheorie nicht gerade üblich. Dennoch erachte ich das Bereitstellen einer solchen begrifflichen Grundlage als ausgesprochen fruchtbar – meine Ausführungen in den Folgekapiteln werden wesentlich durch sie getragen. Auch die Mechanisten – als Vertreter des sogenannten ‚practice turn‘ in der neueren angelsächsischen Philosophie der Wissenschaften – lenken das Augenmerk der philosophischen Analyse nicht mehr nur auf die Erzeugnisse von Wissenschaft (wie es der klassischen Logisch-Empiristischen Wissenschaftstheorie zugeschrieben wird), sondern auf Wissenschaft, insofern sie eine Praxis der Erkenntnisgewinnung ist. In 2.1 werde ich zeigen, dass es Craver gerade um die Ermittlung und Rechtfertigung von Normen für das Erstellen von Erklärungen in der Physiologie geht, wobei er, wie ich oben bereits anführte, im Erklären die zentrale Tätigkeit dieser Wissenschaft erblickt. Dass die Mechanisten ihre Ausführungen nicht auf eine Explikation von handlungstheoretischen (und insbesondere sprachhandlungstheoretischen) Begriffen aufbauen, zahlt sich meiner Ansicht nach dadurch aus, dass sie manche für ihre Analyse bedeutende Handlungsprädikatoren wie ‚describe‘ (oder auch ‚model‘) überhaupt nicht klären (können). Insbesondere die mangelnde sprachphilosophische Fundierung erzeugt meinem Ermessen nach ein Defizit in ihrer philosophischen Reflexionsmethode, da diese letztlich kein Verfahren zur Begriffsbestimmung bereithält. Aus der Perspektive meiner sprachphilosophischen Fundierung führt dieser Mangel zur Mechanistischen Fehlkonzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen, die – so mein Eindruck – die Rede über Konstitution im Mechanistischen Sinne erst auf den Plan rief.

In Kap. 2 werde ich die Mechanistische Konzeptualisierung ausführlich vorstellen (2.1 und 2.2). Hierbei wird sich zeigen, dass die Mechanisten – zumindest Craver als einer ihrer prominentesten Vertreter – abseits der eben angesprochenen Unterbestimmtheit eine in vielen

Hinsichten ähnliche Auffassung der Konzeptualisierung von Wissenschaft besitzen, wie ich sie in 1.2 begründe. Im letzten Teil von Kap. 2 (2.3) werde ich die Mechanistische Konzeptualisierung insbesondere hinsichtlich ihrer Konzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen kritisieren.

In Kap. 3-5 werde ich meinen alternativen Konzeptualisierungsvorschlag gemäß der in Kap. 1 ausgearbeiteten Methode begründen. Vor allem in Kap. 3 und 4 geht es dabei um die basalsten Grundlagen der Physiologie, von denen sie die meisten mit vielen anderen Wissenschaften teilt. Deshalb spreche ich dort an vielen Stellen von der Konzeptualisierung wissenschaftlicher (und nicht spezifisch physiologischer) Praxis. In Kap. 3 geht es um die Rechtfertigung, Wissenschaften als Experimentalpraxen zu begreifen, wobei ein ganz bestimmter Begriff des Experiments zu veranschlagen ist. In Kap. 4 werde ich begründen, dass man in drei verschiedenen Hinsichten von physiologischen Erklärungen sprechen kann. Hier wird also der Begriff der Erklärung in meinem Konzeptualisierungsvorschlag verortet.

In Kap. 5 möchte ich rechtfertigen, warum eine weitere Menge von Begriffen in die Konzeptualisierung speziell der Physiologie aufgenommen werden sollte, nämlich verschiedene Begriffe des wissenschaftlichen Modellierens bzw. verschiedene Begriffe wissenschaftlicher Modelle. Während die Mechanisten auch von Experimenten und Erklärungen sprechen (obgleich nicht immer im Sinne von Kap. 3 und 4), taucht der Ausdruck ‚Modell‘ bei ihnen selten auf, und wenn er verwendet wird, so ist nicht ganz klar, was mit ihm gemeint ist. Die in Kap. 5 begründeten Modell-Begriffe ermöglichen meiner Ansicht nach gerade die entscheidende Alternativ-Konzeptualisierung zu den Mechanisten.

Ich erwähnte bereits, dass die Akzeptanz meiner Konzeptualisierung von der Akzeptanz meines in Kap. 1 vorgestellten philosophischen Ausgangspunkts abhängt. Wenn man denselben teilt, gibt es gute Gründe dafür, meine Konzeptualisierung der Mechanistischen Konzeptualisierung vorzuziehen. Denn sie ist nicht nur gut begründet, sie kann auch mit Blick auf faktische physiologische Praxis als deskriptiv adäquater bewertet werden.

Die Skizze des Projekts meiner Arbeit hat verdeutlicht, dass es in ihr einerseits eher um die Zusammenhänge verschiedener philosophischer Themen im Rahmen der Konzeptualisierung einer wissenschaftlichen Praxis geht, als um eine Diskussions einzelner Themen, wie etwa des Begriffs der wissenschaftlichen Erklärung, des Begriffs der Kausalität, o.ä. Obgleich ich auf viele Erkenntnisse aus den zu diesen Themen geführten Debatten zurückgreife und die mir im Rahmen meiner Arbeit besonders wichtig erscheinenden Punkte diskutiere, lasse ich viele spezielle Fragen unberücksichtigt. Meiner Ansicht nach hat ein solch ‚integrierendes‘ wissenschaftstheoretisches Reflektieren aber seine eigene Berechtigung, da es einen eigenen

Gegenstand hat – eben die Zusammenhänge zwischen zentralen Begriffen, die in Detailuntersuchungen in der Regel nicht im Fokus stehen. Andererseits hat meine Projektskizze verdeutlicht, dass ein zentrales Moment meiner Ausarbeitungen in ihrer Rechtfertigungsleistung besteht. Einige Ansichten, die ich formuliere, sind bereits in der Literatur vorzufinden. Eine Leistung meiner Arbeit soll darin bestehen, diese Ansichten – insbesondere im Kontext meiner Konzeptualisierung – nach der in Kap. 1 begründeten Methode zu *rechtfertigen*.

Kapitel 1: Grundbegriffe, theoretischer Hintergrund und Methodologie

In Kapitel 1 skizziere ich zunächst (1.1) den theoretischen oder philosophischen Hintergrund der Arbeit, den ich bereits in der Einleitung als ‚pragmatistisch‘ charakterisiert habe. Im Rahmen dieser Skizze werde ich etliche Grundbegriffe einführen. Aufbauend auf 1.1 führe ich in 1.2 methodologische Erörterungen für die folgenden Reflexionen auf physiologische Praxis durch – es geht dort um die Begründung einer Methode, mit der Reflexionen dieser Art vorzunehmen sind (damit ist zugleich eine Beurteilungsgrundlage für bereits bestehende Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis geschaffen). In 1.3 werde ich auf der Grundlage der in 1.2 begründeten Reflexionsmethode eine Rekonstruktionsskizze für meine eigenen Reflexionen auf physiologische Praxis entwerfen, die ich in den Kap. 3-5 ausführe.

1.1 Grundbegriffe und theoretischer Hintergrund

In Unterabschnitt 1.1.1 werde ich – gemäß dem angekündigten pragmatistischen Ausgangspunkt – handlungstheoretisches Vokabular einführen, das für Reflexionen auf Praxen sowie für die methodologische Erörterung einer begründeten Methode für solche Reflexionen nützlich ist. In Unterabschnitt 1.1.2 werde ich dies mit der Bestimmung von Grundbegriffen aus dem Kontext der hier zentralen Handlungsart des Sprachhandelns fortsetzen. In diesem zweiten Unterabschnitt von 1.1 wird mit dem dort zugrunde gelegten Sprachverständnis der pragmatistische theoretische Hintergrund der Arbeit sehr deutlich werden. In Unterabschnitt 1.1.3 werde ich zur Vorbereitung auf 1.2 die Begriffe ‚normativ‘ und ‚deskriptiv‘ einführen – denn dieses Begriffspaar dient herkömmlich zur Unterscheidung zweier sehr unterschiedlicher Formen des Reflektierens auf wissenschaftliche Praxis.

Wenn ich in 1.1 (und so auch in den übrigen Teilen der Arbeit) die Bedeutung von Ausdrücken oder Termini vereinbare, mich also auf eine bestimmte Bedeutung dieser Ausdrücke festlege, geschieht dies im Sinn der Explikation, wie sie etwa von Carnap charakterisiert wird.¹⁵ Die Explikation eines Ausdrucks – etwa des Ausdrucks ‚Handlung‘ – ist keine Nominaldefinition, in der zum Zweck der Neueinführung eines Ausdrucks (etwa des Ausdrucks ‚Leiter‘ in der Physik) schlicht eine Bedeutung *festgelegt* wird. Es handelt sich aber auch nicht um eine empirische Bedeutungsanalyse, in der alle möglichen Verwendungsweisen des Ausdrucks ‚Handlung‘ in unserer Normalsprache aufgelistet werden. Die Explikation ist vielmehr ein

¹⁵ Vgl. für eine Darstellung dieses Verfahrens im Kontext anderer Verfahren der Bedeutungsfestlegung Hempel 1974, Kap. 1, insbesondere S. 20.

Vorschlag, den explizierten Ausdruck in Zukunft in dieser und jener klar umrissenen Bedeutung zu verstehen, wobei der Anspruch vertreten wird, dadurch wichtigen Bedeutungsnuancen dieses Ausdrucks in unserer Normalsprache gerecht zu werden. Ich werde den Sinn des Verfahrens der Explikation bei der Darstellung des von mir vertretenen Sprachverständnisses (vgl. 1.1.2) nochmals eigens begründen.

1.1.1 Handlungstheoretisches Vokabular

Der Großteil des hier einzuführenden handlungstheoretischen Vokabulars geht auf D. Hartmann zurück.¹⁶ Ich beginne mit dem Ausdruck ‚Handlung‘. Jeder von uns pflegt bei der Zuschreibung von Geschehnissen, in die Lebewesen involviert sind, eine Unterscheidung zwischen solchen Geschehnissen zu treffen, die dem Lebewesen widerfahren, und solchen, die auch unterlassbar gewesen wären. Beispiele für Geschehnisse der ersten Art sind ein Hustenanfall, ein ‚Schutzreflex‘ und die Zuckungen, die sich an den Ohren eines schlafenden Hundes zeigen. Dagegen schreiben wir jemandem zu, die Lektüre eines bestimmten Buchs unterlassen haben zu können, wie wir auch einem Hund zuschreiben, dass er es hätte unterlassen können, sich ausgerechnet auf unserem Platz niederzulassen, als wir kurz das Zimmer verließen. Ferner wissen wir selbst am besten, dass wir den eben getrunkenen Kaffee nicht hätten trinken müssen. Geschehnisse der letzteren Art sollen **Handlungen**,¹⁷ Geschehnisse der ersten Art **Widerfahrnisse** genannt werden.¹⁸ Unsere Zuschreibung von Handlungen und Widerfahrnissen gründen wir auf Evidenzen, die kontextuelles Wissen einschließen können. Manchmal müssen wir sie gegen Gegenevidenzen abwägen, und dabei können wir fehlgehen (was sich oft erst im Nachhinein im Lichte neuer Evidenzen zeigt). Am eindrücklichsten mag dies im Falle der Zuschreibungen an einen Schauspieler sein: Die Theaterbühne lässt uns seine Widerfahrnisse nur als scheinbare bewerten, im Einzelfall aber können wir uns auch einmal nicht ganz sicher sein.¹⁹

Wir können uns nicht nur auf individuelle Geschehnisse von Handlungen beziehen, sondern auch über Typen von Handlungen also über **Handlungsschemata** sprechen, die in individuellen Handlungsgeschehnissen **aktualisiert** werden (Hartmann 1996, 72f.). Beispiele sind das

¹⁶ Vgl. insbesondere Hartmann 1996.

¹⁷ Da ich in 1.1.1 und 1.1.2 die Bedeutung vieler Ausdrücke festlege, werde ich in diesen beiden Unterabschnitten einen Ausdruck im Kontext seiner Explikation durch Fettdruck hervorheben, um die Rezeption zu erleichtern.

¹⁸ Siehe zu einer ähnlichen Übereinkunft Hartmann 1996, 72.

¹⁹ Siehe für die auf Evidenz und Gegenevidenz basierende Zuschreibung von Handlungen und Widerfahrnissen etwa Bennett und Hacker 2015, 106 f.

Kochen von Kaffee, das Schreiben und Lesen, das Verschieben von Gegenständen, das Sichsetzen, Rennen, Boxen usw. Handlungsschemata müssen nicht in ein bestimmtes Muster körperlicher Bewegungen auflösbar sein. Die Evidenzen können differenzierter und subtiler sein, insbesondere im Falle geistiger Handlungen. In Bezug auf diese folge ich G. Ryle, der im Geiste Wittgensteins gegen das ‚Gespenst‘ argumentierte, das Theoretiker der Frühen Neuzeit als Akteur geistiger Handlungen in eine körperliche Maschine projizierten (so Ryles bekannte These (Ryle, 2015, 7ff.)). In Übereinstimmung mit Ryle werde ich keinen solchen ‚ontologischen Keil‘ zwischen öffentliche, eindeutig an einem Regungsmuster erkennbare Handlungsschemata (wie Boxen), und private, geistige Handlungsschemata (Rechnen oder logisches Beweisen) treiben. Letztere Handlungsschemata sind ‚Stift-und-Papier‘-Handlungsschemata, obgleich viele Akteure lernen, sie mit der Zeit ohne Stift und Papier durchzuführen (‚Im-Kopf-Rechnen‘). Die Zuschreibung geistiger Handlungen (etwa das Lösen einer Mathe-Aufgabe ‚im Kopf‘) gründen wir auf versteckte Evidenzen und auf solche, die sich uns nach dem Handlungsvollzug unseres Gegenübers präsentieren (nach dem Stellen der Mathe-Aufgabe verharret er beispielsweise einige Augenblicke mit geschlossenen Augen und trägt dann das richtige Ergebnis vor).²⁰ Wie in diesem Beispiel umfassen die Evidenzen für die Zuschreibung des Vollzugs geistiger Handlungen oft bestimmte Sprachhandlungen, also das Erzeugen von Zeichen (s.u.).

Neben der Aktualisierung eines Handlungsschemas – dem Handlungsvollzug – lassen sich Ergebnis und Konsequenzen einer Handlung unterscheiden. Das **Ergebnis** einer Handlung ist die Situation A, die besteht, wenn (in bestimmten Umständen) ein bestimmtes Handlungsschema (vollständig) aktualisiert wurde. Es besteht also die folgende Implikationsbeziehung: Der Satz ‚Handlungsschema H wurde in diesen und jenen Umständen im Zeitintervall t aktualisiert‘ impliziert analytisch²¹ den Satz ‚Am Ende des Intervalls t besteht die Situation A‘. Zum Beispiel: ‚In Zeitintervall t wird das Fenster geöffnet‘ impliziert analytisch ‚Am Ende von t steht das Fenster offen‘. Aktualisierungen eines Schemas, die in der Herbeiführung des Handlungsergebnisses bestehen, können als **gelungen** bezeichnet werden (Hartmann 1996, 76). **Empirische Konsequenzen** von Handlungen sind Situationen, die sich regelmäßig ohne weiteres Zutun einstellen, wenn das Handlungsergebnis vorliegt. Eine empirische Konsequenz des Fensteröffnens mag die Steigerung des Lärmpegels im Raum sein. Eine **analytische Konsequenz** einer Handlung ist eine Situation, für die Folgendes gilt: Der Satz, der diese Situation ausdrückt, ist analytisch in dem das Handlungsergebnis ausdrückenden Satz impliziert und

²⁰ Vgl. etwa Ryle 2015, 38ff.

²¹ Zur analytischen Implikation siehe 1.1.2.

ist ferner analytisch schwächer als dieser. Das Ergebnis des Brotbackens ist das Vorliegen von Brot. Eine analytische Konsequenz des Brotbackens ist das Vorliegen von etwas Essbarem.²² Wir schreiben (individuellen) Handlungen **Zwecke** zu, womit wir diejenigen Situationen meinen, um derentwillen die Handlungen vollzogen werden. Entsprechend schreiben wir den Akteuren der Handlungen das **Verfolgen von Zwecken** zu.²³ Zweck kann das Handlungsergebnis, eine Handlungskonsequenz, oder aber der Handlungsvollzug selbst („Selbstzweckhandlung“) sein. Wenn **erfolgreiches Handeln** durch die Herbeiführung der jeweils bezweckten Situation gekennzeichnet ist (Hartmann 1996, 78), können verschiedene Akteure mit der (gelingenden) Aktualisierung des gleichen Handlungsschemas erfolgreich und erfolglos sein. Anne mag – im Auftrag ihrer Lehrerin – *Jane Eyre* lesen, um es gelesen zu haben (Zweck ist das Handlungsergebnis), Emma hingegen, um ihr Englisch zu verbessern (Zweck ist eine empirische Konsequenz), Colin schließlich, weil er sich an der Lektüre englischer Romane des 19. Jahrhunderts erfreut (Zweck ist der Handlungsvollzug selbst).

Unterschiedliche Handlungsschemata können geeignet sein, unterschiedliche Zwecke zu realisieren. Da diese Eignungszuschreibung allgemein – nämlich an Handlungsschemata – erfolgt, sollte sie personeninvariant sein. Die Frage ist also, welchen Zweck *jeder* Akteur (der gewisse Voraussetzungen mitbringt) durch die Aktualisierung des Handlungsschemas realisieren kann. Folglich ist ein Handlungsschema als geeignet zur Realisierung allein solcher Zwecke anzusehen, die mit dem Ergebnis oder mit einer Konsequenz seiner Aktualisierung identisch sind. Denn verschiedene Akteure können sehr verschiedene Handlungen als Selbstzweckhandlungen erachten und durchführen. Ein Handlungsschema, das in diesem objektiven Sinne geeignet ist, eine Situation der Art A zu realisieren, bezeichne ich als (adäquates) **Mittel zum Zweck A**.²⁴

Ich möchte nun den Ausdruck ‚Praxis‘ einführen, wobei ich Assoziationen gerecht werden will, die wir normalsprachlich mit diesem Ausdruck verbinden. Eine Praxis ist erstens Mittel zu einem Zweck (und folglich ein Handlungsschema). Zweitens besteht ihr Vollzug im Vollziehen mehrerer Handlungen, sie ist also ein komplexes Handlungsschema H, das durch die

²² Die Unterscheidung von Handlungsergebnis und Handlungskonsequenzen geht auf G. H. v. Wright zurück. Während ich v. Wrights Definition des Handlungsergebnisses zustimme (v. Wright 1974, 40), entspricht dessen Begriff der Handlungskonsequenzen – bei welchen es sich stets um sog. *kausale* Konsequenzen handelt – am ehesten den im Text eingeführten empirischen Konsequenzen. Die Unterscheidung empirischer und analytischer Handlungskonsequenzen stammt von Hartmann 1996, 77.

²³ Siehe Hartmann 1996, 77-79. Eine Argumentation dafür, den Begriff des Zwecks an den Begriff der Handlung zu binden, findet sich ebd., 93ff.

²⁴ Hartmann 1996, 78 schränkt in guter Übereinstimmung mit unserer Normalsprache die Mittelrelation auf Handlungsschemata und die durch ihre Aktualisierung regelmäßig erzielbaren (folglich empirischen) Konsequenzen ein. Aus Gründen terminologischer Einfachheit sehe ich Handlungsschemata auch als Mittel zur Realisierung ihres Ergebnisses und ihrer analytischen Konsequenzen an.

Aktualisierung mehrerer, H **vermittelnder** Handlungsschemata H_1, H_2, \dots, H_n aktualisiert wird.²⁵ Komplexe Handlungsschemata entstehen durch explizite (ausformulierte) oder implizite (nicht ‚sprachlich fixierte‘) Normierung, d.h. durch ausformulierte oder schlicht im Handeln gewahrte Normen (Regeln), nach denen die vermittelnden Handlungsschemata vollzogen werden. Beispiele sind das Tanzen von Tango, verschiedene Tischlertätigkeiten, Radfahren, Baumfällen, die Liegestütz-Übung, etc. Natürlich können sich in einem komplexen Handlungsschema prinzipiell mehrere Komplexitätsebenen unterscheiden lassen. Eine Ebene niedrigster Komplexität zu identifizieren bedeutet ein Kriterium für **Basishandlungsschemata** anzugeben, welche – als solche – nicht weiter vermittelt werden. Ich folge Hartmann darin, Basishandlungsschemata als diejenigen Handlungsschemata anzusehen, die nicht schrittweise erworben werden, wie es beim Schwimmen, Klettern und Holzspalten der Fall ist (ebd., 81). Alternativ lässt sich diese Bestimmung – in Vorausblick auf spätere Teile der Arbeit – auch so formulieren: Basishandlungsschemata können nicht durch *Erklärung* von Einzelschritten erlernt werden, sie werden nur durch *Demonstration und Nachahmen* erlernt, wie das Ballen der Faust, verschiedenste einfache Körperbewegungen und das verbale Erzeugen von Lauten. Alle Handlungen, die wir vollziehen, lassen sich also letztlich auf Basishandlungen als gemeinsame vermittelnde Grundlage zurückführen.

Um unseren normalsprachlichen Assoziationen zum Ausdruck ‚Praxis‘ gerecht zu werden, werde ich Hartmann 1996, 80 darin folgen, Praxen nicht nur als irgendwelche komplexen Handlungsschemata (die Mittel zu einem Zweck sind) anzusehen, sondern als solche, die prinzipiell (aber nicht unbedingt) gemeinschaftlich aktualisiert werden können (wobei die unterschiedlichen Akteure verschiedene Handlungsschritte übernehmen). Ich erachte diese Einschränkung deshalb als angemessen, weil wir beim Wort ‚Praxen‘ eher nicht an Gehen, Radfahren, Kartoffelschälen oder das Betätigen einer Hacke denken, sondern an das (potenziell gemeinschaftliche) Konstruieren diverser Artefakte, an Nahrungszubereitung, Baumfällen, Züchten, Reinigen, etc. Ich will hier darauf hinweisen, dass alle Subpraxen (Teilpraxen) wissenschaftlicher Praxis, die im Folgenden (sowie bei den Mechanisten) eine Rolle spielen, Praxen auch unter dieser Einschränkung der gemeinschaftlichen Aktualisierbarkeit sind.

Ich möchte die Einführung des grundlegenden handlungstheoretischen Vokabulars nun mit einigen weiteren Termini abschließen. In unserer Sprache verfügen wir über Ausdrücke, die sich auf Handeln beziehen, ohne aber für Handlungsschemata zu stehen. Vielmehr sind sie Oberbegriffe, die Handlungsschemata kategorisieren, und daher als Ausdrücke für **Hand-**

²⁵ Zur Vermittlung von Handlungsschemata siehe Hartmann 1996, 81. Der Ausdruck ‚komplexes Handlungsschema‘ wird von Hartmann nicht verwendet.

lungsarten aufgefasst werden können (Hartmann 1990, 18). ‚Treten‘ kann als Beispiel für einen solchen Ausdruck dienen. Die unterschiedlichen Tritttechniken sind im Laufe der Geschichte von Kampfkünstlern in Form unterschiedlicher Handlungsschemata explizit normiert (‚schematisiert‘) worden. Eine weitere wichtige Handlungsart ist das Sprachhandeln oder Sprechen (siehe folgender Unterabschnitt).

Wenn mehrere Akteure gemeinsam einen geteilten Zweck verfolgen (Emily und Charlotte suchen beispielsweise gemeinsam ihren entlaufenen Kater), befinden sie sich in einem **Handlungskontext**.²⁶ Viele (aber nicht alle) individuelle Handlungskontexte lassen sich als Instanziierungen von **Handlungskontexttypen** begreifen. Die Handlungskontexte, in die sich Schüler und Lehrer jeden Morgen in der Schule begeben, können als Instanziierungen desselben Handlungskontexttyps, den des Schulunterrichts, aufgefasst werden. Das Beispiel verdeutlicht, dass sich verschiedene Instanziierungen desselben Handlungskontexttyps nicht aufs Haar gleichen müssen. Der Definition von ‚Handlungskontexttyp‘ zufolge kann jeder gemeinsame Vollzug einer Praxis als Instanziierung eines Handlungskontexttyps aufgefasst werden, während nicht jeder Handlungskontext im Vollzug einer Praxis liegen muss (ein Handlungskontext eines bestimmten Typs könnte sich dadurch auszeichnen, dass in ihm etliche verschiedene Praxen aktualisiert werden, oder aber gar keine). In Gemeinschaften von Akteuren lernt ein heranwachsender Akteur die für das jeweilige gemeinschaftliche Zusammenleben wichtigen Handlungskontexttypen kennen, lernt, wie ‚man‘ in solchen Kontexten handelt. Die gemeinschaftlich durch Lehren und Lernen tradierten Handlungsschemata (inkl. Praxen), Handlungskontexttypen und Artefakte (die Ergebnisse herstellender Praxen) bilden die **Kultur** einer Gemeinschaft.²⁷

1.1.2 Sprachhandlungen

Aus zwei Gründen ist es im Rahmen meines Projekts erforderlich, ein besonderes Augenmerk auf Sprachhandlungen zu legen: Erstens ist die Konzeptualisierung von wissenschaftlicher Praxis, also die Reflexion auf wissenschaftliche Praxis und ihre begriffliche Explikation (und somit Normierung), etwas Sprachliches. Zweitens besteht der Gegenstand dieser Reflexionen – wissenschaftliche Praxis – als Erkenntnispraxis selbst zu einem großen Teil aus sprachlichem Handeln. Man denke an das Formulieren und Begründen von Erkenntnissen, Erkennt-

²⁶ Hartmann 1996, 80 wählt dafür den Ausdruck ‚Handlungszusammenhang‘.

²⁷ Hartmann 1996, 82 nimmt eine ähnliche semantische Festlegung vor; er spricht lediglich anstelle der Handlungskontexttypen von „(schematisierten) Handlungszusammenhängen“ und Handlungsweisen.

niskriterien und Erklärungen, an die Konstruktion von Theorien oder Modellen, an das Aufstellen von Hypothesen, usf. Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis können also nur davon profitieren, eine Betrachtung von Sprache in ihre methodologischen Erörterungen einzubeziehen. Dabei geht es nicht um kontingente Merkmale von Landessprachen, sondern um die Grundlagen eines Sprachverständnisses, aus dem beispielsweise eine Methode zur Begriffsbestimmung in der Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis gewonnen werden kann. Bei den Mechanisten finden sich solche Erörterungen nicht. Eine Konsequenz davon wird im Lauf meiner Arbeit immer wieder auftauchen: In der Mechanistischen Konzeptualisierung besitzt der Ausdruck ‚Beschreibung eines Mechanismus‘ einen zentralen Stellenwert, da er das wesentliche Merkmal des Mechanistischen Erklärungsbegriffs benennt. An keiner Stelle wird aber gesagt, was dabei genau unter ‚Beschreibung‘ verstanden werden soll. Versteht man diesen Begriff in unserem lebensweltlichen Sinn, ergeben sich Inkonsistenzen (wie ich in 2.3.3 zeigen werde). Eine andere Verständnismöglichkeit wird aber nicht angeboten. Ich hoffe, dass ich durch den Einbezug von Reflexionen auf Sprache in die methodologischen Erörterungen etwas zur Klärung des Begriffs der physiologischen Praxis beitragen kann.

In 1.1.2 stelle ich keine genuin eigenen sprachphilosophischen Betrachtungen an – ich skizziere lediglich ein bestimmtes Verständnis von Sprache, das in den hier vertretenen pragmatischen Ansatz passt und das im Wesentlichen auf Hartmann und Wittgenstein zurückgeht, obgleich ich manche Ergänzungen vornehme. Da diesem Verständnis zufolge Sprechen ebenfalls eine bestimmte Handlungsart ist, kann es gelingen und misslingen, erfolgreich sein, oder auch nicht. Nach der Vorstellung der Grundzüge dieses Sprachverständnisses möchte ich mich damit befassen, wie das Gelingen (und so auch der Erfolg) von Sprechen gesteigert werden kann. Hieraus ergibt sich eine Methode zur Begriffsbestimmung, die ich im letzten Teil von 1.1.2 verwenden werde, um einige sehr grundlegende Termini einzuführen, die für den weiteren Verlauf meiner Arbeit wichtig sind.²⁸ In 1.2 werde ich zeigen, wie diese Methode auch zur Bestimmung der Begriffe für wissenschaftliche Teilpraxen genutzt werden kann.

Wie fügt sich Sprachhandeln in den bereits ansatzweise skizzierten pragmatischen Rahmen ein, wie kann Sprechen als Handeln verstanden werden? Ich folge Hartmann darin, Sprachhandlungsschemata (die gemeinsam die Handlungsart des Sprachhandelns oder Sprechens bilden) als spezielle **Zeichenhandlungsschemata** zu verstehen. Letztere werden etwa durch Schemata der Laut- oder Figurenerzeugung oder durch Schemata der Körperbewegung vermittelt. Sie werden aktualisiert, um Akteuren etwas in dem Sinne anzuzeigen, als dass ihre

²⁸ Die bis dahin in Kap. 1 bereits eingeführten Begriffe können problemlos mit der Einführung durch die genannte Methode in Übereinstimmung gebracht, bzw. durch diese erneut eingeführt werden.

Aktualisierung vereinbarungsgemäß bestimmte Konsequenzen in Handlungskontexten hat (Hartmann 1996, 88), bzw. das Eintreten bestimmter Konsequenzen erwartbar macht. Beispiele sind das Warnen durch Warnruf oder das Auffordern zur Hilfe durch Hilferuf. Als Sprecher einer komplexeren Sprache (wie etwa Deutsch) können wir **Sprachhandlungsschemata** als Zeichenhandlungsschemata verstehen, die *artikulierte* vermittelt werden, also durch die Kombination verschiedener vermittelnder Schemata der Laut- oder Figurenerzeugung in Übereinstimmung mit Regeln. Beispiele für Sprachhandlungsschemata sind das Auffordern, das Behaupten, das Bitten, das Fragen, das Vermuten, das Bestreiten, etc. Unter einer **Sprache** kann man dieser Auffassung nach dann die Menge der Schemata der Laut- und Figurenerzeugung verstehen, die zur artikulierten Vermittlung von Sprachhandlungsschemata benutzt werden können, sowie die Menge der zugehörigen Artikulationsregeln.²⁹

Die Gegenstände, die durch die Aktualisierung der vermittelnden Schemata erzeugt werden, sind **Marken** (Schreibmarken sind wesentlich beständiger als Lautmarken). Wenn wir etwas über eine Marke sagen, wobei (in Bezug auf die praktischen Konsequenzen) gleichgültig ist, dass wir uns auf *diese* Marke und nicht auf eine andere Marke beziehen, die durch die Aktualisierung des gleichen Schemas erzeugt wird, lässt sich dies dadurch anzeigen, dass wir anstatt über *diese* Marke über *dieses Zeichen* reden. Zum Beispiel befinden sich auf dieser Seite viele verschiedene Marken Marke, aber nur ein Zeichen Marke. Zeichen können verschieden komplex sein. Das Zeichen Marke ist zusammengesetzt und daher komplexer als die Zeichen M und a. Ein komplexes Zeichen ist ein **Ausdruck**.³⁰ Ein Ausdruck, dessen Erzeugung ein Sprachhandlungsschema vermittelt, ist ein **Satz**.³¹ Durch die Erzeugung eines Satzes kann man also eine Bitte vermitteln, eine Behauptung, eine Frage, usf. Aktualisierungen all dieser Sprachhandlungsschemata besitzen unterschiedliche praktische Konsequenzen, um derentwillen sie im Einzelfall vollzogen und mithin erfolgreich oder erfolglos sein können. Bitten ist erfolgreich, wenn man das Erbetene erhält, Auffordern, wenn der Aufgeforderte folgt, Fragen, wenn man eine Antwort erhält. Behaupten ist erfolgreich, wenn die anderen Akteure des Handlungskontexts die behauptete Aussage A in den gemeinsamen Folgehandlungen anerkennen. Fehlt es etwa auf einer Baustelle an Steinen, dann ist die Behauptung des Lehrlings, im

²⁹ Siehe Hartmann 1996, 90f.; meine Formulierung weicht stellenweise von derjenigen Hartmanns ab.

³⁰ Vgl. zu den Ausdrücken ‚Marke‘, ‚Zeichen‘ und ‚Ausdruck‘ Hartmann 1990, 22. Um die von dort entlehnte Bestimmung des Ausdrucks ‚Ausdruck‘ als komplexes Zeichen auf die deutsche Sprache anwenden zu können, bedarf es einer Zusatzbestimmung, da beispielsweise ‚Ma‘ ein komplexes Zeichen aber kein Ausdruck des Deutschen ist. Dieses Problem ist für den Kontext meiner Arbeit aber nicht relevant. Gemäß der Konvention werde ich die Bezugnahme auf einen Ausdruck im Folgenden durch einfache Anführungszeichen kennzeichnen.

³¹ Vgl. Hartmann 1990, 22. Vgl. zu diesem Verständnis von ‚Satz‘ auch Wittgenstein 1980, §21 und §108.

Lager seien noch Steine vorhanden, dann erfolgreich, wenn der Baumeister jemanden ins Lager schickt, um die Steine zu holen.

Neben Erfolg und Misserfolg lässt sich insbesondere auch das Gelingen und Misslingen von Sprachhandlungen unterscheiden: Die Aktualisierung einer Aufforderung kann gelingen (die Aufforderung wird geäußert) und dennoch erfolglos sein (sie wird nicht befolgt). Sie kann aber auch misslingen, etwa dann, wenn anstelle der Aufforderung (versehentlich) eine Behauptung aktualisiert wird. Eine häufigere und speziellere Art des Misslingens besteht im Verwechseln nicht ganzer Handlungsschemata (etwa durch die falsche syntaktische Bildung eines Satzes, also die falsche Anwendung der Artikulationsregeln), sondern im Verwechseln weniger komplexer Ausdrücke. Im Handlungskontext eines Chemiepraktikums verwechseln die Teilnehmer beispielsweise die Ausdrücke für Laborinstrumente oder Substanzen. Das Misslingen des sprachlichen Anzeigens, mit welchem man (etwa in Form von Aufforderungen und Behauptungen) die Experimentaldurchführung in der Gruppe abstimmt und die Beobachtungen dokumentiert, äußert sich dann darin, dass man falsche Ergebnisse erzielt (oder gar keine). Eine noch subtilere Form des Misslingens von Sprachhandlungen liegt vor, wenn die Anzeigefunktion gewisser Ausdrücke einfach nicht vollständig klar ist. In einer Diskussion unter Philosophiestudenten – etwa über das Thema Wissenschaftliche Erklärungen – reden die Teilnehmer ‚aneinander vorbei‘, weil man gar nicht vollständig darin übereinstimmt, was durch Sprachhandlungen angezeigt werden soll, deren Artikulation den Ausdruck ‚wissenschaftliche Erklärung‘ einschließt, wie etwa die Aufforderung, eine wissenschaftliche Erklärung zu geben, die Behauptung, eine bestimmte wissenschaftliche Erklärung sei ungenügend, usf. Wir sagen dann, der Ausdruck bzw. seine Verwendung seien nicht ganz klar. Das kann insbesondere dann zu Missverständnissen führen, wenn sich die Abwesenheit von Übereinstimmung auf Nuancen (‚Bedeutungsnuancen‘) bezieht und somit nicht direkt bemerkt wird. Es ist aus diesen Gründen prinzipiell wünschenswert, das Gelingen (und so den Erfolg) von Sprechen zu steigern, und damit diejenigen praktischen Probleme auszuräumen, die allein auf misslingendes Sprechen zurückgeführt werden können.

Um zu diesem Zweck die ‚praktische Rolle‘ des Erzeugens von Ausdrücken (insbesondere von Sätzen) noch etwas detaillierter zu fassen, möchte ich auf den Begriff des Sprachspiels zurückgreifen. **Sprachspiele** verstehe ich – in Anlehnung an Wittgenstein – als Handlungskontexttypen, die aus bestimmten Sprachhandlungsschemata und oft auch aus damit verbundenen nicht-sprachlichen Handlungsschemata bestehen (Wittgenstein 1980, §7). Mit der Bezeichnung als *Sprachspiele*, will Wittgenstein zwei Bedeutungsassoziationen zum Ausdruck ‚Spiel‘ gerecht werden (ebd., §§70ff.), auf welche ich bereits bei der Einführung des Aus-

drucks ‚Handlungskontexttyp‘ anspielte: Einerseits wird ein Sprachspiel durch das Befolgen gewisser Regeln ‚gespielt‘. Ein Regelverstoß führt dazu, dass man aus dem Spiel aussteigt, wie man aus einem Handballspiel aussteigt, wenn man beginnt, den Ball mit dem Fuß zu schießen. Positiv bedeutet das: Die Spielregeln gestatten – vor dem Hintergrund des gemeinsamen Zwecks des Handlungskontexts – stets gewisse ‚Spielzüge‘ (d.h. die Aktualisierung gewisser Handlungsschemata). Die zweite Bedeutung von ‚Spiel‘ bedient eine andere Nuance dieses normalsprachlichen Ausdrucks, die eher aus dem Bereich der Kinderspiele stammt: Die Spielregeln definieren das Handeln nicht vollständig, sie müssen auch nicht (allesamt) explizit fixiert sein. Dennoch erlauben sie es einem Kenner der entsprechenden Kultur, das gemeinsame Handeln als Instanziierung eines bestimmten Spiels (und nicht eines anderen) zu identifizieren. Hierauf ging ich bereits im Zuge der möglichen Variabilität von Realisierungen desselben Handlungskontexttyps ein.

Faktisch erlernen Kinder in Sprachspielen das Sprechen (das Aktualisieren und spezifische Artikulieren von Sprachhandlungsschemata), und auch ein Erwachsener kann auf diese Weise eine ihm unbekannt Fremdsprache lernen. Dem Erwachsenen können dabei viele – womöglich sogar alle – der Handlungsschemata, welche Teil der Kultur der von ihm erlernten Sprache sind, bereits bekannt sein. Er wird wissen, was Auffordern, Behaupten, Vorschlagen, Fragen, etc. ist, nur kann er diese Schemata noch nicht in der zu erlernenden Sprache vermitteln (er kennt die Artikulationsregeln und die weniger komplexen Ausdrücke nicht, mit denen sich entsprechende Sätze in dieser Sprache erzeugen lassen). Ein Kind erlernt dagegen mit den zur Vermittlung dienenden Schemata auch die Sprachhandlungsschemata selbst. Dieses Lernen von sprachlichem Handeln in Sprachspielen wird durch Vormachen und Nachmachen vereinfacht, wesentlich ist aber die Korrektur durch kompetente Akteure, durch die die korrekte Erlernung gesichert wird. Aus diesem Grund ist das Auffordern in der Regel eines der zuerst gelernten Sprachhandlungsschemata. Durch ‚imperative Kontrolle‘ kann sich der Lehrende nämlich des Lernerfolgs von weiteren Sprachhandlungsschemata sowie von einzelnen vermittelnden Schemata (also des korrekten Erlernens einzelner Ausdrücke) versichern, wie etwa der Beherrschung des Schemas Vorschlagen durch ‚Mach einen Vorschlag!‘ oder des Ausdrucks ‚Löffel‘ durch ‚Gib mir den Löffel!‘. Das Lernen von Sprachhandlungsschemata ist in diesem Sinne dem Erlernen nicht-sprachlicher Handlungsschemata wie dem Schwimmen, Schnitzen, Malen, Gehen, usf. gleich. Es gibt aber auch einen entscheidenden Unterschied: Lernt das Kind beim Erlernen von Sprachhandlungsschemata auch, was für (empirische) Konsequenzen nach der Aktualisierung des Schemas zu erwarten sind, zu welchem Zweck das Schema also Mittel ist (Bitten ist beispielsweise ein Mittel dafür, etwas zu bekommen), so ist

es im Gegensatz zu Schemata wie Schwimmen, Schnitzen, etc. bei Sprachhandlungsschemata *prinzipiell* willkürlich, durch welche vermittelnden Handlungen der Laut- oder Figurenerzeugung welche empirischen Konsequenzen eintreten (bzw. zu erwarten sind). In der Kulturgeschichte der jeweiligen Sprache hat sich eine bestimmte Artikulationsweise einfach herausgebildet. Daher schreibt Wittgenstein treffend:

„Solche primitiven Formen der Sprache [in denen man den Zweck und das Funktionieren der Wörter klar übersehen kann] verwendet das Kind, wenn es Sprechen lernt. Das Lehren der Sprache ist hier *kein Erklären, sondern ein Abrichten*“ (Wittgenstein 1980, §5, Hervorhebung JK).

Weil Sprachspiele und Sprachhandlungsschemata prinzipiell kultureigen sind, erwirbt das Kind durch das Lernen der gemeinsamen Sprache auch – zu einem gewissen Teil – eine „Übereinstimmung [...] der Lebensform“ (ebd., § 241) als eines Ergebnisses von Kulturgeschichte.

Ich möchte nun einige Beispiele für Sprachspiele anführen. Als erstes möchte ich auf Wittgensteins Beispiel des Baumeisters verweisen, der seinen Lehrling durch die Erzeugung der Ausdrücke ‚Säule‘, ‚Würfel‘ und ‚Platte‘ dazu auffordert, ihm einen entsprechenden Stein zu holen, den der letztere ihm dann auch herbeibringt (ebd., §2). Der Handlungskontext zwischen Baumeister und Lehrling könnte als Instanziierung des Sprachspiels Auffordern und Befolgen bezeichnet werden. Das einzige hier aktualisierte Sprachhandlungsschema ist das Auffordern.

Als zweites Beispiel stelle man sich Charlotte vor, die ihre Schwester Emily dazu auffordert, eine Handlung H zu unterlassen. Pflichtet Emily ihrer Schwester bei (damit aktualisiert sie das Sprachhandlungsschema des Zustimmens) und folgt ihrer Aufforderung, dann haben die beiden am Ende das Sprachspiel des Aufforderns und Befolgens gespielt (dieses Spiel wurde von Charlotte begonnen, und zwar durch ihre Aufforderung). Wenn Emily nicht folgt und einfach geht, bricht sie das gerade erst begonnene Spiel ab. Wenn sie hingegen der Aufforderung nicht folgt, indem sie behauptet, die Handlung, also die Aktualisierung von H, sei für sie beide, für sie selbst sowie für Charlotte, doch zweckdienlich, dann eröffnet sie ein neues Sprachspiel, das der Rechtfertigung oder Argumentation. Lässt Charlotte sich auf das Rechtfertigungssprachspiel ein, versucht Emily von gewissen Behauptungen, denen Charlotte zustimmt, durch geteilte Regeln des Übergehens von gewissen Sätzen zu anderen Sätzen (diese Regeln werden mithilfe logischer Partikeln ausgedrückt) zu der Aufforderung überzugehen, dass sie, Emily, H aktualisieren soll. Charlotte versucht auf dieselbe Weise, die entsprechende Unterlassungsaufforderung abzuleiten.

Auch das Erklären eines Verfahrens oder einer Vorgehensweise kann als Sprachspiel bezeichnet werden. Es besteht im Erteilen einer Reihe von Aufforderungen („mach erst dieses, dann jenes, usf.“), wobei klar ist, dass der Empfänger der Erklärung diesen Aufforderungen nicht unmittelbar Folge leisten soll (sie lassen sich daher explizit als bedingte Aufforderungen angeben: „Wenn du dieses und jenes tun möchtest und eine so und so beschaffene Ausgangssituation vorliegt, dann mach zuerst ...!“). Das Sprachspiel hält weitere Züge bereit, wie die Vergewisserung korrekten Verständnisses, das detailliertere Nachfragen oder das (produktive) Abbrechen des Sprachspiels seitens des Empfängers („ich weiß jetzt, wie es geht“).

Neben den Sprachspielen des Aufforderns und Befolgens, des Argumentierens und des Erklärens eines Verfahrens ließen sich das Beraten, das gemeinsame Orientieren in einer unbekanntem Gegend und das Lehren und Lernen als weitere Beispiele anführen. All dies sind Handlungskontexttypen, in denen den Beteiligten vor dem Hintergrund eines geteilten Zwecks gewisse ‚Züge‘ offenstehen, die in der Aktualisierung bestimmter Sprachhandlungsschemata oder nichtsprachlicher Handlungsschemata bestehen.

Da Sprachspiele Handlungskontexttypen sind, besteht prinzipiell die Möglichkeit, ihre Instanziierung als Aktualisierung einer Sprachpraxis (oder mehrerer Sprachpraxen) zu charakterisieren. Sprachpraxen sind gemäß dem oben gegebenen Praxisbegriff komplexe Sprachhandlungsschemata, die durch eine (mehr oder minder genau) normierte Folge einfacher Sprachhandlungsschemata (wie Behaupten, Auffordern, usf.) vermittelt werden und prinzipiell gemeinschaftlich aktualisiert werden können. Im Sprachspiel des Erklärens eines Verfahrens lässt sich dem (bzw. den) Erklärenden etwa zuschreiben, eine gewisse Praxis zu aktualisieren, die sich am zutreffendsten ebenfalls als Praxis des Verfahrenserklärens bezeichnen ließe. Ihre Aktualisierung gelingt, wenn der Erklärende bzw. die Erklärenden gewisse Normen wahren: Sie müssen die bedingten Aufforderungen in der korrekten Reihenfolge angeben, sie müssen die Ausgangssituation und die Zwischenergebnisse korrekt charakterisieren, sie müssen ggf. häufig eintretende Varianten von Zwischenergebnissen differenzieren und entsprechend verschiedene bedingte Aufforderungen für das Fortfahren unterscheiden, usf.

Während einige Sprachpraxen explizit normiert sind (man denke etwa an die Normierung der Argumentationspraxis durch die Logik), werden die Normen anderer Praxen lediglich implizit, also im Handeln gewahrt (wie beim Verfahrenserklären). Um in einem Fall der letztgenannten Art eine explizite Normierung vorzuschlagen, sollte auf der Grundlage einer Begutachtung typischer Instanziierungen des relevanten Sprachspiels zunächst einmal der Zweck, zu dem die im Sprachspiel instanziierte Praxis Mittel ist, genau formuliert werden, um darauf aufbauend den bzw. einen Begriff dieser Praxis (und damit die die Praxis definierenden Nor-

men) zu explizieren.³² Eine solche Begutachtung von typischen Beispielen basiert auf dem geteilten kulturellen Wissen darüber, was zu erwarten ist, wenn man in ein entsprechendes Spiel einsteigt, etwa durch eine Aufforderung (im Fall des Erklärungssprachspiels: ‚Bitte erkläre mir ...‘). Bei der Explikation der Normen erweisen sich solche typischen und allseits bekannten Spielzüge als besonders hilfreich, die auf falsche Schritte in der Aktualisierung der interessierenden Sprachpraxis im Rahmen des Sprachspiels hinweisen. Dies lässt sich beispielsweise für die Sprachpraxis Beschreiben (die etwa Teil des Sprachspiels Verhör ist, aber ebenfalls in der Wissenschaft eine bedeutende Rolle spielt) durch die jederzeit zur Verfügung stehenden Spielzüge ‚Bitte *beschreiben* Sie nur, *interpretieren* sie nicht!‘ oder ‚Lassen Sie mich zunächst einmal *beschreiben*.‘ erreichen. Solche Züge liefern uns indirekte Hinweise auf die Normen, die der jeweiligen Praxis zugrunde liegen.

Aufforderungen zum Einstieg in ein bestimmtes Sprachspiel (bzw. Aufforderungen zur Aktualisierung einer bestimmten Sprachpraxis) sowie Hinweise auf typische Fehlzüge stellen einen sprachlichen Bezug *auf* Sprachhandeln (nämlich auf das jeweilige Sprachspiel bzw. die jeweilige Sprachpraxis) dar. In dieser Bezugnahme werden daher i.d.R. Ausdrücke gebraucht, die das Sprachspiel oder die Sprachpraxis explizit bezeichnen (wie oben ‚erklären‘ oder ‚beschreiben‘). Soll ein Vorschlag zu einer angemessenen Normierung einer bestimmten Sprachpraxis unterbreitet werden, bieten solche expliziten sprachlichen Bezugnahmen auf die Praxis bzw. auf die Sprachspiele, in denen sie gewöhnlich vorkommt, folglich einen guten Ausgangspunkt. Die Analyse der zur Normierung einer Sprachpraxis P einschlägigen Sprachspiele lässt sich daher als eine komplexe Tätigkeit auffassen, auf deren Grundlage für den Ausdruck P eine eindeutige Verwendungsweise festgelegt werden kann. Dass es sich dabei – gemäß der zu Beginn von 1.1 erläuterten Methode der Explikation von Ausdrücken – nur um *Vorschläge* zur normierten Verwendung handelt (die aber beanspruchen, die praktische Funktion der untersuchten Ausdrücke bestmöglich abzubilden), liegt in der Natur der Sache. Sprechen beruht nämlich – der hier vertretenen Vorstellung nach – auf *Übereinkunft* in der anzeigenden Funktion von Ausdrücken. Nur wenn diese Übereinkunft herrscht, kann man sich daran machen, sprachlich Probleme zu lösen, in denen keine Übereinstimmung herrscht: Beispielsweise lässt sich über den Vorzug eines physikalistischen oder eines nicht-physikalistischen Weltbilds argumentativ (und somit sprachlich) nur entscheiden, wenn beide Parteien den gemeinsamen Zweck des Rechtfertigungssprachspiels – die argumentative Einigung – auch wirklich verfolgen und das Ergebnis einer (entsprechend der schematisierten Argumentationspraxis) gelun-

³² Vgl. hierzu auch 1.1.3.

genen Argumentation anerkennen. Man kann schließlich niemanden dazu zwingen, einen Ausdruck nicht (vielleicht sogar plötzlich) ganz anders zu verwenden und zu verstehen.

Das hier skizzierte Sprachverständnis liefert eine Fundierung für die oben vorgestellte Methode der Explikation von Ausdrücken, indem es Begriffe bereitstellt, mit denen die Verwendung von Ausdrücken (auf denen die Explikation schließlich beruhen muss) detaillierter analysiert werden kann. Ausdrücke können nämlich trotz gleicher Laut- oder Figurengestalt in unterschiedlichen Sprachspielen unterschiedliche anzeigende, praktische Funktionen besitzen: Wittgensteins Baumeister fordert beispielsweise seinen Lehrling zum Herbeibringen einer Säule auf, indem er ‚Säule‘ sagt. Der Ausdruck ‚Säule‘ ist in diesem Sprachspiel (bzw. in den Instanziierungen des Sprachspiels Auffordern und Befolgen, das dieser Baumeister und sein Lehrling zu spielen gewohnt sind) ein *Satz*, mit dem eine Aufforderung aktualisiert wird. Erklärt dagegen eine Kunsthistorikerin im Kölner Dom den Leuten etwas über eine besondere Säule, baut sie bei der Verwendung des Ausdrucks ‚Säule‘ in ihre Erklärung nicht die Aufforderung ein, dass jemand ihr eine Säule bringen soll. Durch die Berücksichtigung der praktischen Kontexte (Sprachspiele), in denen durch das Erzeugen von Ausdrücken ganz bestimmte Handlungen vollzogen werden, lassen sich damit viele scheinbare Unstimmigkeiten in der Verwendung von Ausdrücken beseitigen.

Ein für meine Arbeit relevantes Beispiel für das Vorliegen verschiedener anzeigender Funktionen ein und desselben Ausdrucks in verschiedenen Sprachspielen liegt im Ausdruck ‚erklären‘ (und den damit zusammenhängenden Ausdrücken wie ‚Erklärung‘), der sich über die Verfahrenserklärungen hinaus zur Bezeichnung einer Reihe weiterer Erklärungssprachspiele (und Erklärungspraxen) eignet. In Kap. 4 werde ich die verschiedenen Sprachspiele des Erklärens, die wir alle (zumindest implizit) beherrschen, vorstellen und Begriffe dieser Sprachspiele (bzw. Sprachpraxen) explizieren. Dabei werde ich, wie eben dargestellt, von verschiedenen Aufforderungen, Erklärungen zu erhalten, ausgehen. Dass durch verschiedene Arten des Aufforderns zu Erklärungen zum Spielen *verschiedener* Erklärungssprachspiele bzw. zum Aktualisieren *verschiedener* Erklärungspraxen aufgefordert wird, wird eine Begutachtung der den Aufforderungen folgenden Sprachspiele zeigen: Der Zweck – und damit auch die Normen – des Erklärens unterscheidet sich tatsächlich in einigen dieser Fälle, weshalb sich entsprechend unterschiedliche Erklärungsbegriffe explizieren lassen. In manchen Fällen täuscht allerdings auch die ‚sprachliche Oberfläche‘: Die Erklärungsaufforderung besitzt hier eine individuelle sprachliche Gestalt, eine Betrachtung dessen, was zum Einlösen dieser Aufforderung *getan* wird, zeigt jedoch, dass Erklärungen dieser Art unter einen anderen Erklärungsbegriff fallen. Diese hier zu Illustrationszwecken dienende Skizze verdeutlicht, dass das Verständnis von

Sprechen als Handeln die Möglichkeit einer differenzierten Begriffsbestimmung bereithält. Ich möchte bei dieser Gelegenheit darauf hinweisen, dass die so gewonnenen Begriffe durchaus Relevanz besitzen für die in der Einleitung erwähnten philosophischen Debatten über die Frage, was Erklärungen sind. Denn besteht begriffliche Klarheit über eine bestimmte Art des Erklärens, ist also klar, welche Normen entsprechende Erklärungshandlungen anleiten, so besteht auch begriffliche Klarheit über das Handlungsergebnis, also über Erklärungen der entsprechenden Art (vgl. den Hinweis auf das Implikationsverhältnis in 1.1.1).

Meine bisherigen Ausführungen in 1.1.2 könnten folgenden Zweifel aufkommen lassen: Eine Analyse von Sprachspielen zum Zweck der Bestimmung interessanter Begriffe – eine Tätigkeit, deren Ergebnis das Gelingen von Sprechen steigern soll – wird selbst im Medium der Sprache ablaufen. Wenn unsere Normalsprache aber dem Verdacht ausgesetzt ist, nicht immer gelingendes Sprechen zu ermöglichen – ist diese Tätigkeit dann nicht aus begrifflichen Gründen zum Scheitern verurteilt? Die Philosophen W. Kamlah und P. Lorenzen haben im Rahmen des sogenannten Orthosprachenprogramms einen Vorschlag dafür geliefert, wie man dieses Problem auf der Grundlage eines pragmatistischen Sprachverständnisses, das dem hier vorgestellten in wesentlichen Zügen ähnelt, durch die Einführung einer Kunstsprache (der sogenannten Orthosprache) umgehen kann.³³ Die Orthosprache kann dabei durchaus Ausdrücke etwa der deutschen Sprache enthalten; für diese besteht in der Orthosprache dann aber eine klare Verwendungsweise. Die Grundidee des Programms besteht darin, dass Akteuren in eigens zu diesem Zweck hergestellten Handlungskontexten Sprachhandeln – d.h. die Aktualisierung verschiedener Sprachhandlungsschemata sowie die Verwendung von Ausdrücken zur spezifischen Artikulation solcher Aktualisierungen – *ausgehend allein von nicht-sprachlichen Handlungen* gelehrt wird. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass die Akteure ein Interesse an der Realisierung gemeinsamer Zwecke haben und daher auch ein Interesse am Erlernen jener Handlungen des Anzeigens. Der Baumeister auf Wittgensteins Baustelle könnte auf diese Weise neuen Lehrlingen eine solche Sprache beibringen. Man kann sich das Programm als einen ‚idealen‘ Nachvollzug historischer Sprachentstehung vorstellen (in dem die Rolle eines Lehrers dann in vielen Fällen nicht gegeben ist, weshalb die Sprachen sich historisch auch sehr langsam entwickelt haben). Intendiert ist das Programm aber als künstlich inszeniertes erneutes Erlernen des Sprechens. Weil die Grundlagen des Sprachhandelns dabei unter ständiger Rückbindung an nicht-sprachliches Handeln gelehrt werden, kann der Erfolg der Lehre (etwa der Anzeigefunktion eines bestimmten Ausdrucks) direkt kontrolliert werden – dies

³³ Vgl. etwa Kamlah und Lorenzen 1992.

schaft die Basis dafür, dass mit der gelehrten Sprache sehr gelingend gesprochen werden kann.

Wenn das Orthosprachenprogramm in einem Buch beschrieben wird, besteht es in der *Fiktion* von Handlungskontexten, in denen Akteure noch nicht über Sprache verfügen, und beginnen, durch das Einführen von Handlungen des Anzeigens ihre Handlungskontexte besser zu organisieren. Der entscheidende Punkt der auf Fiktion basierten Durchführung des (natürlich nie *real* vollzogenen) Programms liegt darin, dass die *sprachlich* (metasprachlich) fingierten Handlungskontexte auch wirklich realisiert werden könnten und dass in solchen wirklich realisierten Handlungskontexten, in denen man sich künstlich in einen Zustand der Sprachlosigkeit versetzt, dann tatsächlich keine Metasprache mehr benötigt wird.³⁴ Hartmann 1990 hat aufbauend auf den Ideen von Kamlah und Lorenzen die detaillierteste mir bekannte Ausarbeitung des Orthosprachenprogramms vorgenommen. Ausgehend von primitiven Kontexten, in denen etwa die Aufforderung gelehrt wird, einen Gegenstand herzugeben, führt Hartmann dort Logikkalküle sowie einen Beweis ihrer Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit und Entscheidbarkeit ein, und anschließend daran noch eine Logik für Frage und Antwort.

Ich möchte nun beispielhaft einen Eindruck des Orthosprachenprogramms vermitteln, selbstverständlich ohne ein vollständiges Programm dieser Art durchzuführen. Dadurch beabsichtige ich neben der Ausräumung des angeführten Zweifels an der dargestellten Methode der Einführung von Ausdrücken eine weitere Fundierung dieser Methode: Die spezifische Vorgehensweise des Orthosprachenprogramms lässt sich stets als ein Korrektiv verwenden, indem angesichts unklarer Ausdrücke die Frage aufgeworfen wird, wie sie im Rahmen einer solchen Neu-Einführung von Sprache eingeführt werden könnten. Die nun folgenden beispielhaften Ausführungen werden selbst bereits Gelegenheit geben, einige weitere für die Arbeit grundlegende Ausdrücke zu bestimmen.

Wenn Sprechen Anzeigen um willen bestimmter praktischer Konsequenzen in Handlungskontexten ist, muss das erfolgreiche Lehren von solchen ‚Anzeigemitteln‘ (Ausdrücken) unmittelbar an seinen praktischen Konsequenzen im Handeln überprüfbar sein. Aus diesem Grund beginnt das Orthosprachenprogramm mit der Einführung des Sprachhandlungsschemas des Aufforderns, ganz so wie bei Wittgensteins Baumeister (die Baustellen-Situation eignet sich gut als (fingierter) Handlungskontext zur Spracheinführung). So könnte man die Aufforde-

³⁴ Der Erfolg der nicht-orthosprachlichen sondern normalsprachlichen Fiktion der Handlungskontexte setzt natürlich voraus, dass wir in der Lage sind, mit der Normalsprache hinreichend eindeutige Anzeigen vorzunehmen, um dergleichen praktische Kontexte charakterisieren zu können. Diese Voraussetzung ist aber angesichts des Ausmaßes, in dem sprachliches Handeln in jedermanns Alltag gelingt, unproblematisch.

rung, etwas herzugeben, etwa dadurch lehren, den Satz ‚! geben‘³⁵ (lies etwa: ‚bitte geben‘) zu aktualisieren, und dabei den Gegenstand aus der Hand des Lehrlings in die eigene Hand überführen. Dass hier bereits durch einen Ausdruck ‚!‘ (lies: ‚bitte‘) der Aufforderungscharakter angezeigt wird, geschieht natürlich mit Blick darauf, dass noch andere Schemata als die des Aufforderns eingeführt werden sollen. Ein ähnliches heuristisches Moment liegt in der Benutzung deutscher Ausdrücke, die nicht nötig wäre. Kann der Lehrling beispielsweise ‚! geben‘ und ‚! abschleifen‘ befolgen, lässt sich ihm vermitteln, dass er bei ‚!* abschleifen‘ (lies etwa: ‚bitte nicht abschleifen‘) gerade nicht abschleifen soll (vgl. Hartmann 1990, 24f.). Ebenso kann – im Falle mehrerer Lehrlinge – das korrekte Verständnis von adressierten Aufforderungen eingeübt werden, wie ‚Tom ! geben‘, ‚Tim !* abschleifen‘ (vgl. ebd., 26f.).

Das Beherrschen von Aufforderungen ermöglicht die praktische Kontrolle des Lehrens von Ausdrücken für Dinge (sog. Dingprädikatoren, im Gegensatz zu den bisher beherrschten Handlungsprädikatoren). In einem Handlungskontext, in dem entsprechende Dinge vorliegen, ließe sich etwa (stets durch Korrekturen begleitet) ‚Tom ! geben Brett‘, ‚Tim ! geben Stein‘ einüben, und ebenfalls ‚Tom ! geben weißen Stein‘, ‚Tom ! geben grauen Stein‘.³⁶ Gibt Tom bei ‚Tom ! geben Stein‘ ein Brett, dann muss er durch ‚Tom !* geben Brett‘ und ‚Tom ! geben Stein‘ (und unterstützt durch nichtsprachliche Hilfestellung) korrigiert werden, bis er ‚Tom ! geben Stein‘ befolgen kann. Es ist selbsterklärend, wie in einer solchen Situation spezifischere Aufforderungen wie ‚Tom ! geben Stein‘ (lies etwa: ‚Tom bitte geben *diesen* Stein‘) und auch ein „Leerprädikator“ (ebd., 27) ‚o‘ (lies etwa: ‚Ding‘) durch ‚Tom ! geben io‘ beizubringen ist.

Die mittels Aufforderungen vollzogene Prädikatoreneinführung entgeht der von Wittgenstein formulierten Kritik an Konzeptionen, die das Erlernen von Sprechen als ein ‚geistiges Anheften von Namenstäfelchen‘ an Dinge begreifen, wie Augustinus dies etwa an einer Stelle tut (Wittgenstein 1980, §1). Wittgenstein illustriert das Problem dieser Konzeptionen anhand der Einführung des Ausdrucks ‚zwei‘ – es ließe sich aber auch analog für einen Ausdruck wie ‚Stein‘ formulieren:

„Die Definition der Zahl Zwei ‚Das heißt zwei‘ – wobei man auf zwei Nüsse zeigt – ist vollkommen exakt. – Aber wie kann man denn die Zwei so definieren? Der, dem man die Definition gibt, weiß ja dann nicht, *was* man mit ‚zwei‘ benennen will; er wird annehmen, daß du *diese* Gruppe von Nüssen ‚zwei‘ nennst! – Er *kann* dies annehmen; [...] Er könnte ja auch, umgekehrt, wenn ich dieser Gruppe von Nüssen einen Namen beilegen will,

³⁵ Siehe für diese Schreibweise Hartmann 1990, 23.

³⁶ Vgl. ebd., 25ff. ‚weiß‘ und ‚grau‘ sind in diesem Fall Dingprädikatoren modifizierende Apprädikatoren.

ihn als Zahlnamen mißverstehen. [...] Das heißt die hinweisende Definition kann in *jedem* Fall so und anders gedeutet werden“ (Wittgenstein 1980, §28).

Das hinweisende Lehren von Wörtern, die wir Dingen zuschreiben, ist Wittgenstein (und der hier vertretenen Ansicht) zufolge nicht der Anfang des Sprechenlernens, sondern selbst bereits ein *bestimmter* Gebrauch von Sprache, ein bestimmtes Sprachhandlungsschema. Die Frage danach, wie etwas heißt, sowie das anschließende Benennen bilden selbst ein Sprachspiel: „Das heißt eigentlich: wir werden erzogen, abgerichtet dazu, zu fragen: ‚Wie heißt das?‘ – worauf dann das Benennen erfolgt“ (ebd., §27). Dazu müssen wir aber bereits, wie Wittgenstein sagt, wissen, „an welchen *Platz* der Sprache, der Grammatik, wir das Wort setzen [müssen]“ (ebd., §29), was gelehrt wird. Um es in der hier gebrauchten Terminologie auszudrücken: Es muss erst einmal das explizite Zuschreiben von Prädikatoren an Dinge gelehrt werden, um das hinweisende Erklären von Ausdrücken als eigenes Sprachhandlungsschema lehren zu können. Die Fähigkeit des Zuschreibens von Prädikatoren wird neben dem Erklären von Ausdrücken noch weitere Sprachhandlungsschemata (wie das Behaupten) möglich machen.

Hartmann schlägt vor, Zuschreiben durch die Erlaubnis zu lehren, nach der Befolgung etwa von ‚Tom ! abschleifen Stein‘ ‚Tom π abschleifen Stein‘ (lies die **Tatkopula** ‚π‘ etwa als ‚tat‘ oder ‚tut‘)³⁷ sagen zu dürfen (Hartmann 1990, 37 f.). Wenn es für die folgenden Arbeitsschritte wichtig ist, dass Tom den Stein abgeschliffen hat, und wenn es die komplexer und daher unübersichtlicher werdende Situation auf der Baustelle dem Baumeister ferner nicht mehr gestattet, bei allen Arbeiten der Lehrlinge zuzusehen, kann ‚Tom π abschleifen Stein‘ als Behauptung genutzt werden. Wenn Tim mit seiner Behauptung ‚Tom π abschleifen Stein‘ erfolgreich ist, macht sich der Baumeister etwa auf, um den abgeschliffenen Stein einzubauen. Falls – und davon wird im Folgenden ausgegangen – neben dem Behaupten noch weitere Sprachhandlungsschemata wie das Vermuten, Bestreiten, Zustimmung, Fingieren, etc. gelehrt werden, sollten diese durch vorangestellte „Performatoren“³⁸ (in der Normalsprache etwa ‚Ich behaupte, dass ...‘, ‚Ich fingiere, dass ...‘) angezeigt werden. Sätze, die mit Kopula gebildet werden und von ihren Performatoren befreit wurden, heißen **Aussagen** (ebd., 39). Ein Beispiel für eine Aussage ist also ‚Tom π abschleifen Stein‘.

Durch Aufforderungen lassen sich ebenfalls Partikeln lehren, die Hartmann als „protologische Partikel[n]“ (ebd., 61) bezeichnet, da sie die Einführung logischer Partikeln ermöglichen

³⁷ Auf eine Modifikation von Kopulae durch Zeitindikatoren verzichte ich hier. Siehe dazu Hartmann 1990, 134ff.

³⁸ Hartmann 1990, 39; im Original hervorgehoben durch Kapitalchen.

(welche dann nur noch auf Aussagen anwendbar sind). So lässt sich Tom sicherlich einfach beibringen, dass er bei einer Aufforderung ‚Tom ! holen Stein & Tom ! abschleifen Stein‘ *beide* Aufforderungen befolgen soll („&“ ist hier das protologische ‚und‘). Der protologische Subjunktiv ‚|‘ (lies etwa: ‚wenn‘) lässt sich durch bedingte Aufforderungen lehren. Um das etwa mit der Aufforderung ‚Tom ! abschleifen ιStein | Tim π zurechtshauen ιStein‘ zu erreichen, ist Tom so lange zur Unterlassung des Abschleifens aufzufordern, bis Tim den Stein zurechtgehauen hat (vgl. ebd., 61f.).

Natürlich kann nicht nur die Zuschreibung von Handlungsprädikato­ren wie ‚abschleifen‘ an Akteure gelehrt werden, es sind auch andere Aussagen möglich. Hartmann schlägt vor, die Zuschreibung von Geschehnisprädikato­ren wie ‚rollen‘ auf folgende Weise *ergativ* einzuführen: Bei Toms Befolgung von ‚Tom ! rollen ιStein‘ darf nicht nur ‚Tom π rollen ιStein‘ sondern auch ‚ιStein ∟ rollen‘ (lies etwa: ‚dieser Stein ist am/war am rollen‘) geäußert werden (vgl. ebd., 41ff.). Es ist wichtig, dass diese neue sprachliche Anzeigefunktion – nämlich das durch die **Geschehniskopula** ‚∟‘ angezeigte Zuschreiben von (Geschehnis-)Prädikato­ren an *Dinge* – ergativ eingeübt wird, da auf diese Weise die Lehrsituation an Aufforderungen geknüpft und der Lehrerfolg unmittelbar praktisch kontrollierbar bleibt. Ist die Zuschreibung mittels ‚∟‘ einmal eingeübt, kann sie natürlich auch unabhängig von konkreten Handlungsvollzügen eingesetzt werden und schließlich zur *Einführung* auch solcher Prädikato­ren gebraucht werden, die keinen direkten Bezug zum Handeln haben, wie in ‚Sonne ∟ scheinen‘. Der Erfolg solcher exemplarischen Einführungen (das wiederholte Zuschreiben und Absprechen des Prädikators ‚scheinen‘ in passenden Situationen) kann durch bedingte Aufforderungen (mittels protologischem Subjunktiv) kontrolliert werden, wie etwa durch die Aufforderung, die Bretter zum Trocknen auszulegen, wenn die Sonne scheint.

Die **Zustandskopula** ‚ε‘ kann zur Explikation der bislang allein implizit vorgenommenen Zuschreibung von Prädikato­ren an Dinge gelehrt werden (vgl. ebd., 43ff.). Tom kennt etwa bereits den Unterschied zwischen weißen und grauen Steinen, da er ‚Tom ! geben weißen Stein‘ und ‚Tom ! geben grauen Stein‘ erfolgreich befolgen kann. Es kann nun ‚ιo ε Stein‘, ‚ιo ε weißes o‘ etc. exemplarisch gelehrt und durch bedingte Aufforderungen kontrolliert werden. Tom kann etwa mit dem Auftrag ins Steinlager geschickt werden, einen Stein zurechtzuhauen, wenn (sofern) dieser Stein weiß ist. Ist die Verwendung der Zustandskopula gelernt, kann sie auch zur Einführung neuer Prädikato­ren genutzt werden (deren Erfolg durch Aufforderungen sichergestellt werden kann).

Die bisherige Skizze eines möglichen Beginns des Orthosprachenprogramms illustriert, wie auf der Grundlage nichtsprachlicher Handlungskontexte Sprachhandeln als eine Art des An-

zeigens zum Zweck der Handlungsorganisation eingeführt werden kann. Die Ausdrücke ‚Auffordern‘ und ‚Behaupten‘ – die im Gegensatz zu Ausdrücken wie ‚Stein‘ und ‚abschleifen‘ für meine Arbeit relevant sind – habe ich in meiner Skizze verwendet, obgleich sie auf der Baustelle selbst noch gar keine Rolle spielten, denn hier wird nur aufgefordert und behauptet. ‚Auffordern‘ und ‚Behaupten‘ werden als Ausdrücke erst im Sprechen über das Sprechen relevant, dann beispielsweise, wenn die Akteure nicht mehr nur gemeinsames Handeln sprachlich organisieren, sondern *über* das Organisieren gemeinsamen Handelns (also *über* Behauptungen und Aufforderungen) sprechen.³⁹ Ich möchte nun einen genaueren Blick auf drei miteinander zusammenhängende Sprachhandlungsschemata – das des Behauptens, das des Rechtfertigens und das des Lehrens von Wortbedeutungen – werfen, für die dann bei der Rede *über* diese Schemata bzw. ihre Aktualisierungen die entsprechenden Ausdrücke eingeführt werden können.

Unter dem Lehren von Wortbedeutungen ist das Kopula-gestützte Einführen neuer Prädikato- ren zu verstehen. Das *Lehren* etwa der Bedeutung des Ausdrucks ‚weiß‘ durch ‚Stein ε weißer Stein‘ ist kein Behaupten: Sagt ein *kompetenter* Sprecher dies nämlich zu einem anderen kompetenten Sprecher angesichts eines weißen Steins, wird er denselben in Ratlosigkeit zurücklassen. Das Lehren von Bedeutungen setzt also die Unkenntnis auf Seiten des Handlungspartners voraus (über diese Unkenntnis ist Täuschung natürlich nicht ausgeschlossen). Dagegen basiert das Behaupten gerade auf der Kenntnis der verwendeten Ausdrücke. Bei einer behauptenden Zuschreibung ist die Zuschreibungssituation in der Regel nicht unmittelbar gegeben: Wenn es für den nächsten Handlungsschritt auf der Baustelle wichtig ist, dass ein bestimmter noch verfügbarer Stein weiß ist, wird das Weißsein des Steins nur dann *behauptet*, wenn derselbe nicht allen sichtbar ist. Ist er das nämlich, wird überhaupt nichts gesagt, oder vielleicht erleichtert bekundet: ‚Und *dieser* Stein *ist* weiß!‘ oder ‚Was für ein Glück, dass *dieser* Stein weiß ist!‘ Mit diesen Aussagen wird nichts behauptet. Die erstgenannte ist ein sehr illustratives Beispiel für die Tatsache, dass das, was mit der Verwendung von Sprache getan wird, nicht an der sprachlichen ‚Oberfläche‘ der geäußerten Sätze ablesbar sein muss (dieselbe Aussage könnte nämlich in einem anderen Kontext sehr wohl behauptet werden).

Behauptungen können (in der Orthosprache durch Modifikation der Kopula mittels ‚*‘) bestritten werden, was die Uneindeutigkeit möglichst zweckmäßigen Forthandelns zur Folge hat. Um den so entstehenden Dissens zu lösen, wird in Form einer Rechtfertigungshandlung, die man **praktisches Begründen** oder **praktisches Rechtfertigen** nennen könnte, eine der

³⁹ Dasselbe gilt auch für das in 1.1.1 eingeführte handlungstheoretische Vokabular und die zu Beginn von 1.1.2 eingeführten sprachhandlungstheoretischen Ausdrücke.

Lehrsituation analoge Zuschreibungssituation hergestellt (man geht etwa zu dem Stein), und der infrage stehende Prädikator wird wie bei einem probeweise vollzogenen Lehren der Bedeutung zugeschrieben. Abweichende Zuschreibungen erfordern die (praktisch wie auch immer zu erreichende) Herstellung von Einigkeit in der Verwendung der relevanten Prädikatoren. Die erfolgreiche Rechtfertigung einer Behauptung kann dann auch in anderen Situationen dadurch angezeigt (sprachlich fixiert) werden, dass der Behauptung **Geltung** (bzw. ‚gilt‘) oder **Rechtfertigung** (bzw. ‚gerechtfertigt‘) zugeschrieben wird.

Vom praktischen Begründen lässt sich sprachliches Begründen als Begründen mittels des Verweises auf andere Aussagen (und nicht mittels des Verweises auf die Dinge selbst) unterscheiden. Eine Bedingung für sprachliches Begründen ist das Vorliegen expliziter Normierungen der (bislang nur praktisch gelernten) Verwendungsweisen von Prädikatoren. Die Normierung geschieht durch (semantische) „Prädikatorenregeln“,⁴⁰ die angesichts des komplexer werdenden Vokabulars den Übergang von der Zuschreibung bestimmter Prädikatoren zur Zuschreibung anderer Prädikatoren regulieren: Durch den Regelpfeil ‚=>‘ kann das einseitige und durch ‚<=>‘ das wechselseitige Übergehen von einer Prädikation zu einer anderen erlaubt werden, wie in

$10 \in \text{Säule} \Rightarrow 10 \in \text{Stein}$.

Durch ‚<=>‘ verbundene Prädikatoren P_1 und P_2 :

$10 \in P_1 \Leftrightarrow 10 \in P_2$

sind als **synonym** zu bezeichnen. ‚Synonym‘ ist ein Beispiel für einen Relator (einen mehrstelligen Prädikator). Formuliert man eine solche beidseitige Übergangsregel allgemein für n-stellige Prädikatoren, erhält man

$$\left. \begin{array}{l} x_1, \dots, x_n \in P_1 \\ x_1, \dots, x_n \in P_2 \\ \dots \\ x_1, \dots, x_n \in P_{m-1} \\ x_1, \dots, x_n \in P_m \end{array} \right\} \Leftrightarrow x_1, \dots, x_n \in P$$

⁴⁰ Hartmann 1990, 53; im Original hervorgehoben durch Kapitälchen.

als Schema für die **Ersetzungsdefinition**, wobei x_1, \dots, x_n Variablen für logische Aussagensubjekte sind, und P, P_1, \dots, P_m anonym Prädikatoren vertreten. Wenn ein solches Definitionsschema auf der Baustelle *formuliert* wird, muss die praktische Funktion von Variablen – analog dem Leerprädikator ‚o‘ – natürlich erst einmal gelehrt werden.

Definitionen ermöglichen einerseits die Regulierung des Gebrauchs bereits bekannter Prädikatoren sowie die Einführung *neuer* Prädikatoren P (ebd., 57f.). Dabei lässt sich die (definitionsgestützte) sprachlich vollzogene Lehre der Bedeutung eines Prädikators im Gegensatz zur oben vorgestellten ‚praktischen‘ Lehre als **Erklären der Bedeutung** des Prädikators bezeichnen.⁴¹ Andererseits ermöglichen Definitionen das im gegenwärtigen Kontext besonders interessante **sprachliche Begründen** oder **Rechtfertigen** der Geltung einer Aussage A , welches immer relativ zur Geltung mindestens einer anderen Aussage B erfolgt. Das praktische Begründen einer Aussage A ist eine zu wesentlichen Teilen nicht-sprachliche Prozedur, die im Erfolgsfall das Äußern der Aussage A gestattet (s.o.). Das sprachliche Begründen einer Aussage A relativ zu einer Aussage B ist hingegen eine rein sprachliche Prozedur, mit der bezweckt wird, die Erlaubnis zu demonstrieren, vom Äußern von B zum Äußern von A übergehen zu dürfen. Man kann den Anspruch, A sprachlich relativ zu B begründen zu können durch ‚ $B \rightarrow A$ ‘ anzeigen, und umgekehrt zu ‚ $B \rightarrow A$ ‘ übergehen, wenn man eine solche Rechtfertigung vollzogen hat. Das sprachliche Begründen von A durch B erfolgt durch den Nachweis, dass Aussage B Aussage A analytisch impliziert (‚ $B \rightarrow A$ ‘): Durch Anwendung passender Prädikatenregeln (etwa Definitionen) und/oder der Gebrauchsregeln von logischen Partikeln (s.u.) lässt sich von B zu A übergehen (Voraussetzung für die zweite Option ist natürlich, dass die (übrigen) logischen Partikeln eingeführt sind).⁴²

Wenn man den logischen Subjunktoren ‚ \rightarrow ‘ in dieser Weise versteht, zeigt seine Verwendung den Anspruch an, von B zu A übergehen zu dürfen, auch wenn B zum Zeitpunkt der Rechtfertigung gar nicht geäußert werden darf. Er zeigt also den Anspruch an, A unter der Annahme B (also ausgehend von der fingierten Situation, dass B gilt) rechtfertigen zu können. Diese „mi-

⁴¹ Im Falle des praktischen Lehrens scheint mir die Bezeichnung als Erklären unangemessen. Erklärungen können mehr oder weniger gut sein, und auch die sprachliche Fixierung eines Prädikators kann nach verschiedenen Gesichtspunkten mangelhaft, also mehr oder weniger gut sein. Auch lassen sich Erklärungen üblicherweise durch den Empfänger ‚produktiv abrechnen‘, dann nämlich, wenn er einen Teil des infrage stehenden Wissens bereits besaß und den fehlenden Teil nun erhalten hat (vgl. hierzu 4.2.2), und auch dies ist beim definitionsgestützten Erklären möglich. Diese und ähnliche Merkmale von Erklärungen bzw. Erklärungssprachspielen begründen jene terminologische Entscheidung.

⁴² Die Einführung aller protologischer Partikeln in *Aufforderungskontexten*, der Übergang von der Verwendung dieser Partikeln auf Aussagen (und nicht auf Aufforderungen), die explizite Fixierung ihrer Gebrauchsregeln mittels Regelpfeil (wie etwa $B \& A \Rightarrow B$; $B \& A \Rightarrow A$) sowie schließlich die ebenfalls mittels Regelpfeil vollzogene Einführung der *nur* auf Aussagen anwendbaren logischen Partikeln durch die protologischen Partikeln sind in Hartmann 1990, 61-74 zu finden. Hier findet sich insbesondere auch eine Einführung der Partikel ‚ \rightarrow ‘ durch den protologischen Subjunktoren ‚|‘, auf die ich hier zwecks Vereinfachung verzichte.

minimallogische Subjunktoreinführung“ (ebd., 186) ist durch unsere lebensweltlichen (außerwissenschaftlichen) Ansprüche an die Rechtfertigung von Konditionalaussagen motiviert. Hartmann illustriert dies mit dem Beispiel, dass wir eine Aussage wie „Wenn die Milch kocht, läuft sie auf keinen Fall über“ (ebd., 68) auch dann für ungerechtfertigt halten, wenn die Milch noch nicht kocht. Es hindert aber nichts daran, auch einen Subjunktoren \supset einzuführen, demzufolge man bei $B \supset A$ A nur rechtfertigen muss, wenn B gesagt werden darf (siehe auch ebd., 67f.). Die minimallogische Subjunktoreinführung ist insbesondere für das Verständnis von Dispositionsausdrücken bedeutsam (vgl. 3.1.3). Um die Charakterisierung der Sprachpraxis des sprachlichen Rechtfertigens (oder Argumentierens) abzuschließen, sei darauf hingewiesen, dass sie sich durch Kalkülisierung schematisieren (normieren) lässt (vgl. Hartmann 1990, 74-126).

Ich möchte nun noch auf die für meine Arbeit wichtige Frage eingehen, wie man mit dem hier skizzierten Sprachverständnis zur Rede über abstrakte Gegenstände (Abstrakta) gelangt, also zur Rede etwa über Sachverhalte und Begriffe. Man kann die Ausdrücke für solche Gegenstände (Abstraktoren) schließlich nicht durch exemplarisches Vorzeigen lehren. Gleichzeitig sollte man sich allerdings auch fragen, warum solche Ausdrücke überhaupt benötigt werden. Das Abstraktionsverfahren, welches ursprünglich auf G. Frege zurückgeht,⁴³ erlaubt es, beide Fragen zu beantworten.

Das Abstraktionsverfahren basiert auf Äquivalenzrelationen, wobei ein Äquivalenzrelator R ein reflexiver, symmetrischer und transitiver Relator ist, mit

$R \text{ reflexiv} \Leftrightarrow x, y \in R \rightarrow x, x \in R$

$R \text{ symmetrisch} \Leftrightarrow x, y \in R \rightarrow y, x \in R$

$R \text{ transitiv} \Leftrightarrow (x, y \in R \ \& \ y, z \in R) \rightarrow x, z \in R.$

Beispiele sind ‚synonym‘, ‚gleichlang‘ oder ‚analytisch äquivalent‘.⁴⁴ Die Kernidee des Abstraktionsverfahrens besteht darin, dass der Bezug auf abstrakte Gegenstände als ein Bezug auf konkrete Gegenstände aufgefasst werden kann, der invariant bezüglich einer Äquivalenzrelation ist. Der Anspruch dieser Invarianz lässt sich als Anspruch formulieren, dass die Geltung der Aussage $a_1 \in P$, durch welche Bezugnahme auf den Gegenstand a_1 erfolgt, nicht variiert, wenn die Bezugnahme anstatt auf a_1 auf a_2 vorgenommen wird, sofern a_1 und a_2 in der jeweils relevanten Äquivalenzrelation stehen. So könnten wir uns beispielsweise auf einen Ausdruck

⁴³ Siehe Hartmann 1990, 147. Meine Präsentation des Verfahrens folgt ebd., 147 ff.

⁴⁴ Zwei Aussagen A und B sind genau dann analytisch äquivalent, wenn gilt: $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow A$.

beziehen (etwas über einen Ausdruck aussagen) und dabei den Anspruch anzeigen, dass die Geltung der Aussage nicht variiert, wenn dieser Ausdruck durch einen synonymen Ausdruck ersetzt wird. Sind die Ausdrücke ‚Enzym‘ und ‚katalytisch wirksames Biomolekül‘ synonym, wäre ein solcher Invarianzanspruch bei der Aussage

1-1)⁴⁵ (Der Ausdruck) ‚Enzym‘ ist nicht allein auf Proteine anwendbar

angemessen, denn auch RNA-Moleküle können katalytisch wirksame Biomoleküle sein. Wenn wir jedoch sagen

1-2) (Der Ausdruck) ‚Enzym‘ hat fünf Buchstaben

beanspruchen wir diese Invarianz nicht. Es ist also wünschenswert, diesen Invarianzanspruch irgendwie anzuzeigen, etwa indem man im Falle des Anspruchs der Invarianz gegenüber der Äquivalenzrelation Synonymität nicht über einen Ausdruck sondern über einen **Begriff** spricht:⁴⁶

1-3) Der Begriff des Enzyms (bzw. der Begriff ‚Enzym‘) ist nicht allein auf Proteine anwendbar.

Kamlah und Lorenzen haben das Abstraktionsverfahren folgendermaßen treffend zusammengefasst, und seine philosophischen Konsequenzen betont:

„Diese Abstraktion erzeugt somit nicht einen [abstrakten, JK] Gegenstand, der unabhängig („abgesondert“) neben dem Terminus [dem normierten Ausdruck, JK] stünde – so daß man sich über seine ‚Seinsweise‘ den Kopf zerbrechen müßte –, sondern wir *vollziehen* diese Abstraktion, indem wir über einen Terminus Aussagen machen, die *invariant* sind bezüglich Synonymität“.⁴⁷

Von einem Begriff P werde ich (in Übereinstimmung mit Kamlah und Lorenzen) nur sprechen, wenn die Verwendung des betreffenden Ausdrucks P eindeutig über eine Festlegung

⁴⁵ Um die Referenz auf bestimmte Sätze zu erleichtern, stelle ich sie durch ‚x-y)‘ heraus, wobei x die jeweilige Kapitelnummer und y eine fortlaufende Nummer der so herausgestellten Sätze in Kapitel x ist.

⁴⁶ Vgl. Hartmann 1990, 149.

⁴⁷ Kamlah & Lorenzen 1992, 86f.; Hervorhebungen im Original durch Sperrdruck.

(etwa über eine Ersetzungsdefinition) normiert wurde.⁴⁸ Ist dies nicht der Fall, werde ich anstatt vom Begriff von P vom **Verständnis** (bzw. von *einem* Verständnis) von P sprechen. Bei dem Vortragen eines Vorschlags für die Verwendung eines Ausdrucks (etwa ‚erklären‘) auf der Grundlage einer Analyse einschlägiger Sprachspiele geht es also darum, ein Verständnis des Ausdrucks anzugeben und durch seine angemessene Normierung den Bezug auf einen *Begriff* (hier: den Begriff des Erklärens) zu ermöglichen. Um der philosophisch gängigen Ausdrucksweise entgegenzukommen, in der der Unterschied zwischen normierten Ausdrücken und Begriffen oft nicht explizit getroffen wird, werde ich die Normierung von Ausdrücken oft auch als Begriffsbestimmung bezeichnen.

Wir können uns mit dem Anspruch der Invarianz bezüglich Synonymität nicht nur *auf* Ausdrücke beziehen – wir können einen Prädikator P einem Gegenstand (bzw. mehreren Gegenständen) auch mit dem Anspruch auf Invarianz bezüglich Synonymität *zusprechen*. Das lässt sich dadurch anzeigen, dass von dem Gegenstand (den Gegenständen) ausgesagt wird, er habe (sie haben) die **Eigenschaft, P zu sein**, die Eigenschaft der P-heit oder des P-seins (Kamlah und Lorenzen, 1992, 92). Beispielsweise hat Tom die Eigenschaft, Lehrling zu sein, die Eigenschaft des Lehrlingseins.

Über einen **Sachverhalt** A sprechen soll im Folgenden heißen, über die Aussage A Aussagen zu machen, die invariant hinsichtlich mit A analytisch äquivalenten Aussagen sind (Hartmann 1990, 153), wobei eine **Tatsache** durch eine (personeninvariant) vollständig begründbare Aussage ausgedrückt wird.⁴⁹ Dies entspricht unserer gewohnten Rede von Sachverhalten, der zufolge wir ein und denselben Sachverhalt, beispielsweise den Sachverhalt, dass *diese* Tasse leer ist, durch verschiedene Aussagen wie ‚*Diese* Tasse ist leer‘, ‚*This cup is empty*‘, ‚*Dieses* Trinkgefäß mit Henkel ist leer‘ ausdrücken. Da ich die (gegebenenfalls indizierten) Zeichen ‚A‘, ‚B‘ und ‚C‘ zur anonymen Bezeichnung von Aussagen verwende, werde ich im Einzelfall also immer angeben, ob ich etwa von der Aussage A oder von dem Sachverhalt A spreche.

Sachverhalte, die durch Aussagen ausgedrückt werden, welche gemäß der Unterscheidung der Kopulae mit ‚ε‘ gebildet werden können, werde ich mit Hartmann **Zustände** nennen (ebd., 45). **Ereignisse** sind Sachverhalte, die durch Aussagen ausgedrückt werden, die mit ‚ι‘ oder ‚π‘ gebildet werden können. Durch einen passenden Ereignisprädikator kann das Eintreten

⁴⁸ Begriffe können also als Bedeutungen normierter Ausdrücke angesehen werden (vgl. Kamlah & Lorenzen 1992, 86f.).

⁴⁹ Siehe hierzu die beiden oben skizzierten Arten des Begründens. Über Zeitpunkte allquantifizierte Aussagen, wie sie etwa zum Formulieren kausaler Gesetze gebraucht werden (vgl. Kap. 3), können nicht – zumindest nicht ohne weiteres – vollständig begründet (verifiziert) werden, da sie sich auch auf künftige Zeitpunkte beziehen. Deshalb spricht man von ihrer mehr oder minder guten Bewährtheit (*bislang* trafen sie etwa immer zu).

eines Zustands immer als Ereignis reformuliert werden. Es wird in meiner Arbeit oft erforderlich sein, auszusagen, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Sachverhalt *eines bestimmten Typs* vorliegt (bzw. einige Sachverhalte je bestimmten Typs). Die Rede über Typen von Sachverhalten (genauer bestimmbar als Rede über Zustands- oder Ereignistypen) kann man als Rede über Aussagenformen⁵⁰ begreifen (die den Anspruch macht, invariant für analytisch äquivalente Aussagenformen zu gelten). Auf der Baustelle liegt beispielsweise nicht nur jetzt gerade der Sachverhalt vor, dass Tom Steine holt. Jeden Tag liegen viele Sachverhalte des Typs ‚*x* holt Steine‘ vor.

Wenn in meiner Arbeit von Sachverhalten die Rede ist, so sind in der Regel **partikuläre Sachverhalte** gemeint, worunter ich Sachverhalte verstehe, die durch Aussagen ausgedrückt werden, in denen einem (mithilfe eines Eigennamens oder einer Kennzeichnung individuierter) Einzelding zugesprochen wird, in einem gewissen Zustand zu sein oder in ein gewisses Ereignis involviert zu sein (bspw. ‚Der Rhein schwillt an‘). Der entsprechende Sachverhaltstyp (Zustands- oder Ereignistyp) ist also an dem genannten Einzelding instanziiert. In einem etwas weiteren Begriff des partikulären Sachverhalts wird ein solcher auch von Aussagen ausgedrückt, in denen Dingen einer durch Bezugnahme auf ein Einzelding eingegrenzten Menge etwas zugesprochen wird (bspw. ‚Alle Flüsse *Mitteleuropas* schwellen an‘). Neben partikulären Sachverhalten ließen sich **generelle Sachverhalte** unterscheiden, die durch Aussagen ausgedrückt werden, in denen allen Dingen eines Bereichs, der nicht durch Bezugnahme auf ein Einzelding individuiert wird, etwas zugeschrieben wird (bspw. ‚Alle Menschen sind sterblich‘).

Oft werde ich mich aus Einfachheitsgründen folgender Darstellungsweise bedienen: $t \in S$ (bzw. $t \in S_1$, $t \in S_2$, usf.) bedeute, dass zu einem Zeitpunkt t (und ggf. im Rahmen des betrachteten Kontextes) eine Situation vom Typ S (bzw. vom Typ S_1 , vom Typ S_2 , usf.) vorliegt bzw. instanziiert ist. Dies bedeute die Instanziiierung eines oder mehrerer Sachverhaltstypen, die entsprechend zeitlicher und kontextueller Bestimmung als Sachverhalte spezifiziert werden können. ‚ S ‘ (bzw. ‚ S_1 ‘, ‚ S_2 ‘, usf.) kann also für einen Komplex aus Sachverhaltstypen (Zustandstypen, Ereignistypen) stehen, der als (komplexe) Situation instanziiert wird, ebenso aber auch für einen einzelnen Sachverhaltstyp (Zustandstyp, Ereignistyp), der als ein bestimmter Zustand oder als ein bestimmtes Ereignis instanziiert wird.

⁵⁰ ‚ $A(x)$ ‘ steht für eine Aussagenform, d.h. für eine Aussage A , in der ein Prädikator, ein Eigenname oder ein kennzeichnender Ausdruck durch die Variable x ersetzt wurde, wie in der Aussagenform ‚ x holt den Stein‘, die aus der Aussage ‚Tom holt den Stein‘ gebildet werden kann.

1.1.3 Die Prädikatoren ‚normativ‘ und ‚deskriptiv‘

In 1.1.3 möchte ich die Prädikatoren ‚normativ‘ und ‚deskriptiv‘ einführen. Diese besitzen in meiner Arbeit eine zweifache Funktion: Erstens stützt eine Übereinkunft über ihre Bedeutung die folgende methodologische Betrachtung von Reflexionen auf Wissenschaft in 1.2. Denn innerhalb der Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis gibt es herkömmlich die zentrale Unterscheidung zwischen normativen und deskriptiven Reflexionen. Zweitens kann im Zuge der Einführung des Ausdrucks ‚normativ‘ der Begriff der Norm eingeführt werden, der es erlaubt, Praxen als Normensysteme zu begreifen, und somit ihren Begriff noch etwas zu schärfen. Analog erlaubt die Bestimmung des Ausdrucks ‚deskriptiv‘ die Einführung des Begriffs der Beschreibung (als einer bestimmten Sprachpraxis), der im Verlauf der Arbeit eine besondere Rolle spielt, da die Mechanisten das Ziel von Physiologie im Erstellen von Beschreibungen sehen.

Ich möchte die beiden Prädikatoren als Prädikatoren zweiter Stufe verstehen, als solche also, die (einfachen oder komplexen) Sätzen oder Aussagen zuzuschreiben sind. Gemäß unserem philosophischen Vorverständnis pflegen wir mit normativen Sätzen Bewertungen vorzunehmen, Aufforderungen (oder Befehle) zu erlassen oder Erlaubnisse zu erteilen.⁵¹ Deskriptive sprachliche Konstruktionen sind den in 1.1.2 vorgestellten mit Kopula gebildeten Aussagen äquivalent. Ich möchte nun auf der Grundlage dieser Vorverständnisse eine genauere Explikation dieser Termini geben, die sich in den pragmatistischen Ausgangspunkt meiner Arbeit einfügt: Was für eine praktische Unterscheidung wird mit diesen Ausdrücken sprachlich fixiert? Ich beginne mit der Untersuchung des Ausdrucks ‚normativ‘.

Im Rahmen meiner Arbeit lässt sich die eben angesprochene dreifache Klassifizierung, die wir mit dem Ausdruck ‚normativ‘ vorzunehmen pflegen, reduzieren; genau genommen lassen sich hier Bewertungen und Erlaubnisse auf Aufforderungen reduzieren.⁵² Denn Bewertungen haben in wissenschaftlichen Kontexten in der Regel die Funktion, implizite Aufforderungen ausdrücken: Durch die Bewertung beispielsweise einer Erklärung als unbefriedigend wird an wissenschaftlich Relevantem nichts weiter ausgedrückt, als Vorsicht in ihrer Akzeptanz walten zu lassen, die Erklärung gemäß den akzeptierten Standards (die sich selbst als Aufforderungen ausdrücken lassen) zu verbessern, die Vervollständigung alternativer Erklärungen nicht zu vernachlässigen, usf. Erlaubnisse lassen sich meinem Ermessen nach nicht nur hinsichtlich der hier relevanten praktischen Funktion auf Aufforderungen reduzieren – vielmehr

⁵¹ Siehe etwa Schurz 2014, 96 und 106.

⁵² Diese Reduktion ist eine Vereinfachung, die im Kontext meiner Arbeit aber keine Probleme erzeugt.

scheinen Erlaubnisse begrifflich von Aufforderungen abzuhängen: Indem einem Handlungs-
subjekt die Erlaubnis zur Aktualisierung eines Handlungsschemas gegeben wird, werden alle
weiteren (potenziellen) Teilnehmer des Handlungskontexts dazu aufgefordert, jenes Hand-
lungssubjekt nicht von dem infrage stehenden Handeln abzuhalten.

Innerhalb der nunmehr allein relevanten Klasse der Aufforderungen möchte ich eine dreifache
Unterscheidung vornehmen. Erstens⁵³ kann jemand mittels einer *partikulären* Aufforderung
zur Aktualisierung (oder zur Unterlassung der Aktualisierung) eines Handlungsschemas H
aufgefordert werden (in Anlehnung an 1.1.2 schreibe ich dafür ‚!H‘). Wenn es weniger um die
Aufforderung zu einer bestimmten Handlung als um die Aufforderung zur Herstellung eines
Sachverhalts eines bestimmten Typs S geht (gleichgültig, wie die Instanziierung von S genau
vorgenommen wird), kann anstelle jener nicht-finalen Version auch die finale Formulierung
‚!S‘ bzw. ‚!(t ∈ S)‘ (lies: ‚Mach, dass (zu t) ein Sachverhalt S besteht!‘) genutzt werden.

Zweitens lässt sich dazu auffordern, einen bestimmten Zweck zu verfolgen, wobei solche Auf-
forderungen auch ‚probeweise‘ (als Vorschläge) vorgetragen werden können.⁵⁴ Es ist ein
Grundsatz der Aufklärung, dass Gemeinschaften durch das Vorschlagen gemeinsamer Zweck-
setzungen und durch die argumentative Stützung und Entkräftung solcher Vorschläge über
ihre gemeinsamen Zwecke *beraten*.⁵⁵ Das ist nicht alternativlos – man könnte das gemeinsa-
me Verfolgen von Zwecken auch durch Gewalt erzwingen oder durch das Los entscheiden.

Die dritte Art der Aufforderung, die ich hervorheben möchte, ist die Norm. Unter Normen
verstehen wir normalsprachlich Aufforderungen zu Handlungen oder zur Unterlassung von
Handlungen, die *allgemein* formuliert sind. Eine Norm kann also als kontext-invariante Auf-
forderung verstanden werden, sodass eine partikuläre Aufforderung die Anwendung einer
Norm sein kann (aber nicht sein muss). Die Aufforderung ‚Peter, schlage nicht Tom!‘ könnte
eine Anwendung der Norm ‚Du sollst deine Mitmenschen nicht schlagen!‘ sein. Solche unbe-
dingt formulierten ethischen Normen sind im Folgenden nicht von Interesse. Hier interessie-
ren nur bedingte Normen, solche also, die – gegeben eine Ausgangssituation (vom Typ) S_{Start}
und eine bezweckte Situation (vom Typ) S_{Zweck} – durch das Vorschreiben eines Handlungs-
schemas H korrektes Verfahren zur Herbeiführung von S_{Zweck} in S_{Start} vorschreiben. Es sei
 S_{Ergebnis} der Situationstyp, der durch Aktualisierung von H in einer Situation S_{Start} instanziiert
wird. Unter dem der Vereinfachung dienenden Verzicht auf eine explizite Quantifizierung
über Zeitpunkte lassen sich bedingte Normen dann in nicht-finaler Formulierung als ‚!H |

⁵³ Siehe Janich 2005, 148 für die Unterscheidung der ersten beiden Arten von Aufforderungen.

⁵⁴ Siehe hierzu etwa Schwemmer 1971, 59 f.

⁵⁵ Siehe Schwemmer 1971 für einen Begriff dieser Beratungspraxis.

$S_{\text{Start}} \& (S_{\text{Zweck}})$ ‘ und in finaler Formulierung als $!S_{\text{Ergebnis}} | S_{\text{Start}} \& (S_{\text{Zweck}})$ ‘ schreiben.⁵⁶ Bedingte Normen erlauben eine Unterscheidung in analytische und synthetische Normen: Bei *analytischen* Normen ist die Instanziierung von S_{Zweck} eine analytische Handlungskonsequenz von Handlungen H (d.h. $t \in S_{\text{Ergebnis}} \rightarrow t \in S_{\text{Zweck}}$), bei *synthetischen* Normen ist S_{Zweck} eine empirische Konsequenz von Handlungen H (d.h. jene Implikationsbeziehung gilt nicht, S_{Zweck} tritt aber regelmäßig ohne weiteres Zutun nach dem Eintreten von S_{Ergebnis} ein).⁵⁷ Generell gilt, dass der Zweck im Bedingungsteil nicht explizit genannt werden muss, wenn er als unstrittig angenommen werden kann (etwa auf der Verpackungsbeilage von Fugensilikon).

Das Aufstellen einer Norm ist selbst eine Handlung, die erfolglos oder erfolgreich sein kann. Auf Grundlage einer Einschätzung über die Zielgruppe der Norm und den (eventuell mehrere Zweckoptionen beinhaltenden) Kontext der Normanwendung kann sie unterschiedlich genau ausformuliert und entweder mit oder ohne Zweckbedingung angegeben werden. Erfolgreich ist die Formulierung einer Norm, wenn sie sich als gerechtfertigt herausstellt, wenn also der in der Norm in Aussicht gestellte Zweck (regelmäßig) durch die Normanwendung erreicht wird. Während die Rechtfertigung analytischer Normen durch Demonstration von $t \in S_{\text{Ergebnis}} \rightarrow t \in S_{\text{Zweck}}$ erreicht wird (vorbereitend müssen also alle Ausdrücke in dieser Aussage expliziert werden), muss zur Begründung synthetischer Normen (experimentelle) Erfahrung gemacht werden (vgl. Kap. 3). Das in einer gerechtfertigten Norm vorgeschriebene Handlungsschema H lässt sich auf der Grundlage des in 1.1.1 eingeführten Begriffs des Mittels als Mittel zur Erreichung von Zweck S_{Zweck} ansehen. Abschließend zur Einführung des Begriffs der Norm sind die drei besprochenen Arten normativer Sätze nochmals in Tab. 1 zusammengefasst.

Der Begriff der Norm gestattet eine Schärfung des Begriffs der Praxis, der in 1.1.1 als Begriff komplexer Handlungsschemata bestimmt wurde, die Mittel zu einem Zweck sind und prinzipiell von mehreren Akteuren gemeinsam aktualisiert werden können. Dort wurde gesagt, dass Praxen durch die ‚Schematisierung‘ der vermittelnden Handlungsschemata entstehen, womit eine Normierung des komplexen Handlungsvollzugs gemeint ist. Viele Praxen erlernen wir (besonders als Kinder) dadurch, dass wir kompetenten Akteuren beim Vollzug der Praxis zusehen und von diesen dann zum Vollziehen einzelner Schritte aufgefordert (und bei Fehlern korrigiert) werden. Eine Praxis kann sprachlich aber auch als *Normensystem* fixiert werden – im einfachsten Fall ist ein solches System eine Normensequenz N_1, N_2, \dots, N_n , die die sukzessiv zu vollziehenden Handlungsschritte vorschreibt. In komplizierteren Praxen können verschiedene Normensequenzen die Bereitstellung der Ausgangssituation einer folgenden Norm

⁵⁶ Die Klammern um S_{Zweck} ‘ im Bedingungsteil sollen anzeigen, dass S_{Zweck} zum Zeitpunkt des Vorliegens von S_{Start} noch nicht vorliegt.

⁵⁷ Siehe für diese Unterscheidung von analytischen und synthetischen Normen Hartmann 1993, 51.

anleiten (die Normensequenzen konvergieren) oder das separate Fortfahren im Anschluss an das Befolgen einer bestimmten Norm vorschreiben (die Normensequenzen divergieren).⁵⁸

Tab. 1: Drei Arten normativer Sätze (Symbolerklärungen im Text)

Art des normativen Satzes	Weitere Unterscheidung	Beispiel
Partikuläre Aufforderung, einen bestimmten Zweck zu verfolgen	Kann probeweise als Vorschlag vorgetragen werden.	Wir sollten die Insektenpopulationen hierzulande schützen!
Partikuläre Aufforderung, etwas Bestimmtes zu tun	-	Peter, nimm das Fahrrad (anstelle des Autos)!
Norm: Generelle Aufforderung, in einer Situation S_{Start} zum Zweck S_{Zweck} eine bestimmte Handlung zu vollziehen. (Finale Formulierung: $!S_{\text{Ergebnis}} \mid S_{\text{Start}} \ \& \ (S_{\text{Zweck}})$)	Analytische Norm: $t \in S_{\text{Ergebnis}} \rightarrow t \in S_{\text{Zweck}}$ Synthetische Norm: $\sim(t \in S_{\text{Ergebnis}} \rightarrow t \in S_{\text{Zweck}})$ ⁵⁹	Ist die Fläche rau und du verfolgst den Zweck, dass sie glatt ist, schleife sie ab! Wenn das Fleisch zubereitet ist und genießbar sein soll, stelle es für 30 min. bei 200 °C in den Ofen!

Die Explikation einer Praxis durch ein Normensystem macht diese nicht zwingend zu etwas vollkommen Reglementiertem, da ein und dieselbe Norm oft auf unterschiedliche Weise befolgt werden kann. Prinzipiell besteht aber immer die Möglichkeit, zu einer Norm N des die Praxis P explizierenden Normensystems ein explikatives „Subnormensystem“ (Hartmann 1993, 52) anzugeben, das den Vollzug des Schritts regelt, zu dem N auffordert (N könnte zum Vollzug einer Teilpraxis von P , P_1 , auffordern; in diesem Falle ist das Subnormensystem dann das P_1 explizierende Normensystem). Theoretisch ließe sich durch eine immer spezifischere Explikation auch der Normen von Subnormensystemen ein Normensystem zur Praxis P angeben, das den Vollzug von P allein mit Prädikatoren für Basishandlungsschemata regelt, deren korrekter Vollzug nicht mehr durch Subnormensysteme erklärt, sondern nur noch demonstriert werden kann (vgl. 1.1.1). Dies ist in der Regel aber nicht nur unnötig, vielmehr ermöglicht ein angemessen gering spezifiziertes Normensystem oft den Vollzug einzelner Schritte (also die Aktualisierung einzelner Handlungsschemata) mit unterschiedlichen (vielleicht sogar neu erfundenen) *Verfahren*, etwa das Mischen einer Flüssigkeit mit verschiedenen Mischverfahren. Die Möglichkeit zu solcher Variabilität kann durchaus von Vorteil sein. Die Angemessen-

⁵⁸ Abweichend von Hartmann 1993, 51f. behandle ich hier der Einfachheit halber Normensequenzen ebenfalls als (und zwar als die am wenigsten komplexen) Normensysteme.

⁵⁹ ‚ \sim ‘ verwende ich als logischen Negator.

heit besteht dann in einem Explikationsgrad, der mit all denjenigen Verfahren zur Befolgung einzelner Normen verträglich ist, die das Gelingen der Gesamtpraxis nicht beeinträchtigen.

Abb. 1 zeigt schematisch das aus den Normen N_1 , N_2 und N_3 bestehende Subnormensystem zu einer Norm N , welche – gegeben die Ausgangssituation S_{Start} und den Zweck S_{Zweck} – zum

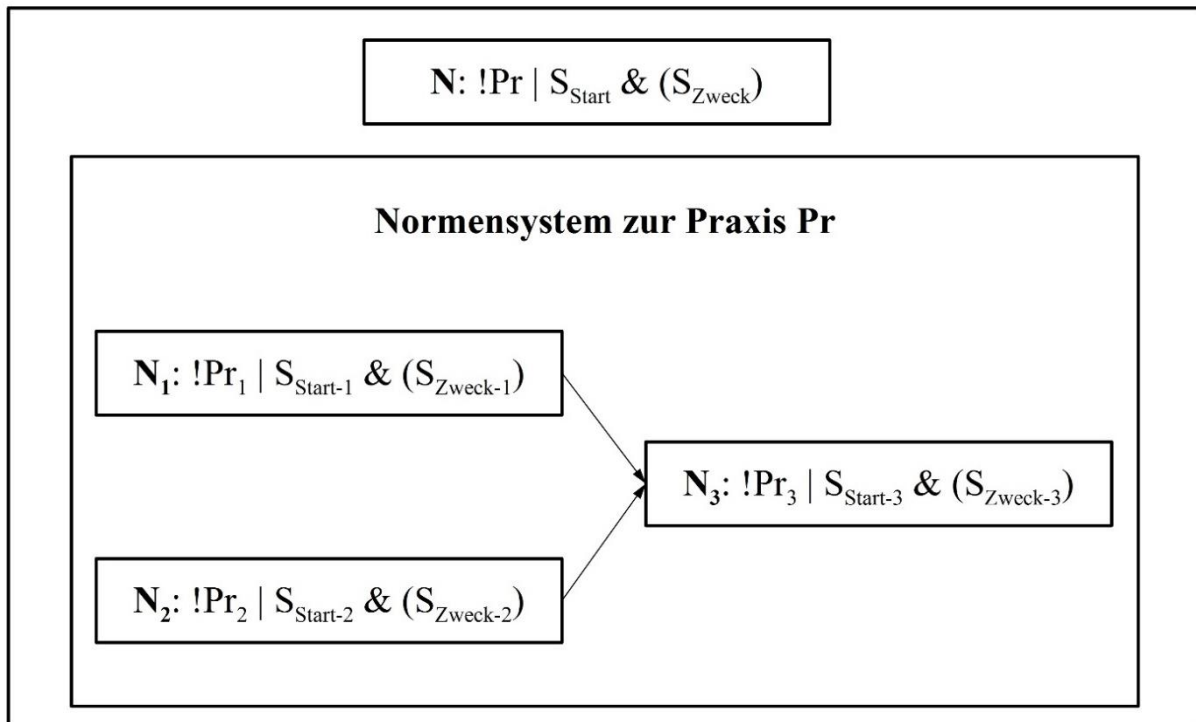


Abb. 1: Schema eines Normensystems zu einer Praxis Pr. Erklärungen im Text

Vollzug der Praxis Pr erfordert (das Subnormensystem kann also als das Pr explizierende Normensystem aufgefasst werden). N_1 und N_2 sind zunächst getrennt zu befolgen, um die Startsituation für die Befolgung von N_3 , $S_{\text{Start-3}}$, herzustellen. Ihre je eigenen Startsituationen $S_{\text{Start-1}}$ und $S_{\text{Start-2}}$ müssen die relevanten Aspekte der Situation S_{Start} umfassen. Es gilt also: $(t \in S_{\text{Start-1}} \ \& \ t \in S_{\text{Start-2}}) \rightarrow t \in S_{\text{Start}}$. Ferner muss $t \in S_{\text{Zweck}}$ analytisches Implikat von $t \in S_{\text{Zweck-3}}$ bzw. von der Konjunktion der in ihren Zeitangaben passend modifizierten Zweckangaben aller drei Teilpraxen sein. Ebenso muss gelten: $(t \in S_{\text{Zweck-1}} \ \& \ t \in S_{\text{Zweck-2}}) \rightarrow t \in S_{\text{Start-3}}$, aber nicht bereits etwa $t \in S_{\text{Zweck-2}} \rightarrow t \in S_{\text{Start-3}}$, denn dann wäre N_1 entbehrlich.

Wenn man gemäß 1.1.2 unter der Explikation eines Ausdrucks, der eine Praxis bezeichnet, eine klare Übereinkunft in Bezug darauf versteht, was bei der Aktualisierung dieser Praxis gemacht wird, können Normensysteme dazu verwendet werden, um die Begriffe von Praxen zu explizieren. Faktisch werden solche Explikationen oft nicht im Modus der Aufforderung

sondern in einem berichtenden Modus gegeben (,Erst macht man..., dann...'). Der auffordernde Modus des Normensystems hat aber mindestens zwei Vorteile. Erstens vereinfacht ein Normensystem die Lehre insbesondere sehr komplexer Praxen. Zweitens bietet die Darstellung einer Praxis als Normensystem eine wesentlich fruchtbarere Grundlage zur Verbesserung dieser Praxis, da sie eine diszipliniertere Reflexion auf die Praxis erfordert: Zunächst einmal verlangt die Aufstellung eines Normensystems die klare Ausformulierung des Zwecks, zu dem die Praxis Mittel sein soll. Eine entsprechend genaue Kenntnis des Zwecks ist auch bei Praxen, die wir ständig vollziehen, überhaupt keine Selbstverständlichkeit. So schreiben wir uns alle etwa zu, regelmäßig die Praxis des Erklärens (bzw. Praxen des Erklärens) zu vollziehen, und doch sind die Zwecke, zu denen verschiedene Formen des Erklärens Mittel sind, nicht so offensichtlich wie etwa der Zweck des Backens. Allgemeine Berichte darüber, was beim Erklären getan wird, schließen diese Praxis sicherlich als Mittel zu manchen Zwecken aus; sie müssen aber kein explizites Bekenntnis zu dem Zweck enthalten, zu dem Erklären Mittel ist. Was für die Zweckangabe der gesamten Praxis gilt, gilt ebenso für die Zweckangaben der einzelnen vermittelnden Handlungsschemata (vgl. Abb. 1). Wird für eine bislang noch nicht durch ein Normensystem explizierte Praxis unter Maßgabe einer Zweckangabe S_{Zweck} ein Normensystem konstruiert, können etliche, potenziell zur Verbesserung der Praxis führende Fragen aufgeworfen werden: Ist $t \in S_{\text{Zweck}}$ wirklich ein analytisches Implikat der Aussagen, die das Vorliegen der durch die Teilpraxen bezweckten Situationen aussagen?⁶⁰ Sollten bzw. könnten Aspekte der Startsituation oder einzelne vermittelnde Handlungsschemata modifiziert, vielleicht sogar ersetzt oder aber völlig unberücksichtigt gelassen werden?

In der Einleitung führte ich die Steigerung der Lehr- und Lernbarkeit sowie die Verbesserung von Wissenschaftspraxis als wissenschafts-immanente Zwecke an, zu denen begrifflich explizierende Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis Mittel sind. Diese Zwecke lassen sich also besonders effektiv durch die Konstruktion von Normensystemen zu den wissenschaftlichen Teilpraxen (und damit zur wissenschaftlichen Praxis selbst) erreichen. Eine solche Normierung der Wissenschaftspraxis betrifft natürlich nicht den Genese-Zusammenhang von wissenschaftlichen Erkenntnissen – in dieser Hinsicht sowie in Bezug auf die kreativen Anteile der Theorien- und Modellbildung (vgl. 3.2.2 und 5.2.2) bleibt Wissenschaft eine erfinderische Tätigkeit. Um einem wie auch immer vorgefundenen Kandidaten für eine wissenschaftliche Erkenntnis aber tatsächlich den Status einer wissenschaftlichen Erkenntnis zu verleihen, müssen bestimmte normierte Praxen erfolgreich vollzogen werden (wie etwa die erfolgreiche

⁶⁰ Vorausgesetzt, das Normensystem endet nicht mit divergierenden Normensequenzen; in diesem Fall lässt sich der Praxis zuschreiben, Mittel zu mehreren Zwecken zu sein, sodass sich entsprechend viele Varianten der im Text formulierten Frage stellen.

Durchführung bestimmter Experimente), die deshalb auch die eigentlichen wissenschaftlichen Teilpraxen bilden.

Ich schließe damit die Explikation des Prädikators ‚normativ‘ ab, und gehe zur Klärung des Prädikators ‚deskriptiv‘ über. In einem weiten Sinn (i.w.S.) wird der Prädikator ‚deskriptiv‘ verwendet, um die Klasse der mit Kopula gebildeten Aussagen von den normativen Sätzen abzugrenzen: Zu Beginn von 1.1.3 merkte ich bereits an, dass in der Wissenschaftstheorie üblicherweise zwischen deskriptiver und normativer Wissenschaftstheorie unterschieden wird, und diese Benennung spiegelt durchaus die Eigenschaften von zentralen Sätzen in wissenschaftstheoretischen Projekten der jeweiligen Art wider (vgl. 1.2). In deskriptiver Wissenschaftstheorie – so werde ich in 1.2 zeigen – geht es allerdings keineswegs darum, fiktive Erzählungen oder Hypothesen über Wissenschaft zu formulieren – sowohl Hypothesen als auch Fiktionen werden aber durch Aussagen ausgedrückt. Vielmehr geht es um *Beschreibungen* von Wissenschaft bzw. wissenschaftlicher Praxis, weshalb es sinnvoll ist, eine Klasse im engen Sinne (i.e.S.) deskriptiver Aussagen als diejenigen Aussagen abzugrenzen, die durch die Praxis hervorgebracht werden, welche wir üblicherweise ‚Beschreiben‘ nennen.⁶¹ Den Begriff des Beschreibens möchte ich nun bestimmen.

Was tun wir, wenn wir beschreiben, in was für Sprachspielen (Handlungskontexten) spielen Beschreibungen eine Rolle? Zur Beschreibung eines Autounfalls oder eines Täters können wir etwa durch einen Polizisten aufgefordert werden, ein Freund kann uns zur Beschreibung einer von uns besuchten Ausstellung auffordern und eine Geschichtsprofessorin einen Prüfling zur Beschreibung der Lechfeld-Schlacht. Meiner Ansicht nach lässt sich folgendes Verständnis der Beschreibungspraxis geben:

Der Zweck einer Beschreibung liegt in der Vermittlung von Wissen über konkrete Gegenstände, d.h. der Beschreibende erzeugt eine Menge von Aussagen, in denen diesen Gegenständen etwas zugeschrieben wird, wobei vorausgesetzt wird, dass diese Aussagen gelten. Es wird also vorausgesetzt, dass der Beschreibende entweder unmittelbare Evidenz des Beschriebenen konsultierte (durch Zuschauen oder Nachsehen) oder mittelbare Evidenz (d.h. eine andere Beschreibung, die sich selbst – letztlich – auf unmittelbare Evidenz gründet), wobei die Prädikationen, die er an diese Evidenz vornimmt, von kompetenten Sprechern als unstrittig ange-

⁶¹ Strenggenommen müsste diese Unterscheidung zwischen i.w.S. und i.e.S. deskriptiven Aussagen als Unterscheidung zwischen *Äußerungen*, nicht zwischen *Aussagen* getroffen werden, da ein und dieselbe Aussage im einen Fall in einer Beschreibung geäußert werden kann, in einem anderen Fall etwa als Konklusion eines Schlusses (womit sie Ergebnis einer vom Beschreiben verschiedenen Praxis ist). Im Folgenden ist die Unterscheidung von weitem und engem Sinn deskriptiver Aussagen aber an Stellen relevant, an denen Autoren deskriptive Aussagen offensichtlich als i.e.S. deskriptiv verstehen, obgleich sie dies in *keinem* Äußerungskontext sein können. Daher ist es für meine Zwecke hinreichend, die Unterscheidung zwischen Aussagen, nicht zwischen Äußerungen zu treffen.

sehen werden. Ferner basiert jede Beschreibung auf Relevanzkriterien, die oft durch den Handlungskontext klar sind (in der Ausstellungsbeschreibung interessiert meist nicht die Farbe des Fußbodens) und die in Grenzfällen verschwinden können (jede Information zum Aussehen des Täters ist relevant).

Ich denke, dass die Voraussetzung von Relevanzkriterien in meiner Charakterisierung allgemeine Zustimmung erfahren dürfte. Die davor genannten Merkmale möchte ich noch rechtfertigen. Dass wir bei Beschreibungen immer davon ausgehen, dass die darin vorgenommenen Prädikationen auch gelten, unterscheidet die Aktualisierung des Beschreibens vom Aktualisieren des Behauptens. Man kann dies an den Gelingenbedingungen erkennen, die wir gewöhnlich dem Behaupten sowie dem Beschreiben unterstellen: Erweist sich eine Behauptung als falsch, sehen wir das Behaupten der Aussage nachträglich *nicht* als misslungen an. Erweisen sich die Aussagen einer *Beschreibung* als falsch, sagen wir allerdings, das Beschreiben sei misslungen (‘du hast inkorrekt beschrieben’, aber nicht: ‘du hast inkorrekt behauptet’). Mögen wir auch gelegentlich von *falschen* Beschreibungen sprechen, sollte man dies also als eine ungenaue normalsprachliche Redeweise einstufen. Denn wenn man das nicht tut, gibt es keinen Unterschied mehr zwischen Beschreibungen und Fiktionen, und diesen Unterschied machen wir lebensweltlich sehr wohl (‘du sollst dir nichts *ausdenken*, du sollst *beschreiben was du gesehen hast*’).

In der Charakterisierung des Beschreibungsverständnisses behauptete ich darüber hinaus, dass die Prädikationen in Beschreibungen von kompetenten Sprechern als unstrittig angesehen werden. Damit meine ich, dass man zum Anfertigen einer Beschreibung keine weiteren Wissensbestände benötigt, etwa um bestimmte Aussagen logisch zu *erschließen*. Denn dann wären die betreffenden Aussagen Behauptungen, die auch falsch sein können, da es sich beim Erschließen um sprachliches Rechtfertigen handelt (siehe 1.1.2), was stets misslingen kann. Auch dieses Merkmal des Beschreibens zeigt sich in Fällen misslingenden Beschreibens. Wenn wir in der Unfallbeschreibung aussagen, der Fahrer des Unfallwagens habe nach dem Aufprall noch schnell fliehen wollen, sei dann aber – aufgrund seines Autoschadens – stehen geblieben, werden wir dazu aufgefordert, keine *Schlüsse* (auf die Zwecke des Fahrers) anzustellen, sondern *nur zu beschreiben* (was wir gesehen haben). Ähnlich wird der Prüfling von der Geschichtsprofessorin aufgefordert, keine *Interpretationen* über einzelne Elemente der Lechfeld-Schlacht anzustellen, sondern zunächst einmal *nur zu beschreiben*. Im Fall von Beschreibungen, die auf unmittelbaren Evidenzen gründen, kann man diese Einschränkungen auch so ausdrücken: Die in Beschreibungen vorgenommenen Zuschreibungen müssen sich rein praktisch rechtfertigen lassen (siehe dazu 1.1.2). Kann die unmittelbare Evidenz erneut

konsultiert werden, kommen kompetente Sprecher, die die Relevanzkriterien kennen, beim Beschreiben also zu einem Ergebnis, dem alle zustimmen, ohne dass argumentiert (geschlossen) werden musste. Auf der Grundlage dieser Analyse lässt sich ein Begriff der Beschreibungspraxis in Form eines Normensystems geben:

N₁: Wenn du über keine Evidenz der zu beschreibenden Gegenstände verfügst, konsultiere eine solche Evidenz (etwa durch Herstellen der Situation, in der die Gegenstände vorliegen)!

N₂: Wenn du die Relevanzkriterien für die Beschreibung nicht kennst, evaluiere sie (z.B. durch Nachfragen)!

N₃: Wenn du über eine Evidenz der zu beschreibenden Gegenstände verfügst und die Relevanzkriterien für die Beschreibung kennst, dann erzeuge eine (bzw. *die*) Menge relevanter, geltender Aussagen über die Gegenstände, wobei die Geltung dieser Aussagen praktisch begründbar sein muss!

Bislang ging ich nur auf Beschreibungen ein, die sich auf ganz bestimmte Gegenstände beziehen. Neben solchen *partikulären* Beschreibungen lassen sich aber auch *allgemeine* oder *generelle* Beschreibungen erzeugen, Beschreibungen etwa nicht der Gestalt einer bestimmten Blüte oder des Hergangs einer bestimmten Nil-Überschwemmung an einem bestimmten Ort, sondern der Gestalt von Blüten einer gewissen Pflanzenart oder des gewöhnlichen Hergangs von Nil-Überschwemmungen an jenem Ort. Offensichtlich gilt auch hier die Restriktion auf Relevanzkriterien. In Bezug auf die übrigen Merkmale sind aber Differenzen zu partikulären Beschreibungen festzustellen: Allgemeine Beschreibungen handeln nicht von Einzelgegenständen, sondern – so scheint es – von allen Gegenständen einer gewissen Klasse (allen Gegenständen, die unter einen bestimmten Begriff fallen). Dennoch unterscheiden wir eine allgemeine Beschreibung des Hergangs von Nil-Überschwemmungen an einem bestimmten Ort von solchen generellen Aussagen über Nil-Überschwemmungen an diesem Ort, die sich auch als falsch erweisen können, indem nämlich am bezeichneten Ort eine Nil-Überschwemmung eintritt, die nicht zu diesen generellen Aussagen passt. Allgemeine *Beschreibungen* sind also keine (stets falsifizierbaren) *Hypothesen* über *alle* (und somit auch über künftige) Nil-Überschwemmungen. Vielmehr scheinen allgemeine *Beschreibungen* – explizit oder implizit – auf einer Evidenz zu gründen, die aus einer Vielzahl partikulärer Beschreibungen besteht, oder aber selbst aus allgemeinen Beschreibungen, die letztlich in partikulären Beschreibungen gründen. Allgemeine Beschreibungen haben also wie auch partikuläre Beschreibungen einen

‚berichtenden‘ Charakter. Eine allgemeine Beschreibung kann somit *formal* als generalisierte Version einer partikulären Beschreibung aufgefasst werden, deren Evidenz in einer (prinzipiell spezifizierbaren) Menge partikulärer Beschreibungen besteht und deren Geltung entsprechend begrenzt ist.

1.2 Methodologie: Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis

In Abschnitt 1.1 skizzierte ich ein Verständnis von Sprache, demzufolge Sprechen Anzeigen um willen praktischer Konsequenzen in Handlungskontexten ist, welches in Form von gewissen Handlungskontexttypen – den Sprachspielen – erlernt wird. Zweitens stellte ich den Begriff der Praxis vor und verwies auf die Möglichkeit, Praxen durch die genaue Bestimmung ihres Begriffs zu verbessern, was besonders effektiv durch die Formulierung eines Normensystems geschieht. Eine begrifflich explizite Darstellung einer Praxis beruht auf einer Betrachtung der für die Aktualisierung der Praxis einschlägigen Sprachspiele, die den Anspruch verfolgt, den manchmal nicht ganz offensichtlichen Zweck, zu dem die Praxis Mittel ist, sowie die Schritte zur Erreichung dieses Zwecks in eindeutiger Terminologie zu formulieren. Um wissenschaftliche (Teil-)Praxen ging es bis zu diesem Punkt aber noch nicht.

In Abschnitt 1.2 möchte ich die Gedanken aus Abschnitt 1.1 für methodologische Reflexionen auf wissenschaftliche (Teil-)Praxen fruchtbar machen: Wie (also mit welchen Methoden) sollte man auf Wissenschaftspraxis reflektieren, wenn der in 1.1 vorgestellte theoretische Hintergrund akzeptiert wird? In der Wissenschaftstheorie wurden solche methodologischen Erörterungen natürlich schon angestellt, und ein grundlegender Streitpunkt besteht darin, ob die Reflexionen auf Wissenschaft eher beschreibend sein sollen (im strengen Sinne bestehen die Reflexionen dann in Beschreibungen von Wissenschaftspraxis und ihren Ergebnissen) oder aber normativ, beispielsweise in dem Sinne, dass Verbesserungen vorgeschlagen werden. Vor dem Hintergrund der in der Einleitung genannten Motivationen von Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis scheinen beide Formen der Reflexion interessant. Normative Reflexionen bedienen trivialerweise die wissenschafts-immanente Motivation. Deskriptive Reflexionen liefern ein Verständnis faktischer Praxis, was eine Voraussetzung dafür ist, aus der Tatsache des erfolgreichen Vollzugs dieser Praxis und aus ihren Ergebnissen Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ zu ziehen (wissenschafts-transzendente Motivation). Ferner bieten sie offenkundig Ansatzstellen für konkrete normative Verbesserungsvorschläge. Auf den ersten Blick bietet sich ein getrennter Vollzug der deskriptiven und der normativen Reflexionen an: Deskriptive Reflexionen informieren darüber, was faktische wissenschaftli-

che Praxis ausmacht, sie enthüllen also die in der faktisch betriebenen Wissenschaft (beim Vollziehen ihrer jeweiligen Teilpraxen) befolgten Normen. Normative Reflexionen können darauf aufbauend kritische Verbesserungsvorschläge bereitstellen. So schreibt etwa P. Janich:

„Für diese Aufgaben [der Wissenschaftstheorie, JK] werden einerseits analytisch-deskriptive Bemühungen um die historisch-faktisch verfolgten oder realisierten Normen erforderlich sein, um diese zu explizieren und kritischer Prüfung zugänglich zu machen. Andererseits werden, bei vorkommenden Mängeln wissenschaftlicher Ergebnisse, normative Wissenschaftstheorien als Normen setzende und begründende Anstrengungen unverzichtbar sein“ (Janich 2005, 162).

M. Kaiser dokumentiert ein ähnliches Ziel für die jüngste angelsächsische Wissenschaftsphilosophie:

„[At least] some philosophers [...] sustain their normative aspirations. These philosophers use the results of their descriptive analyses to offer normative advice about how science should be done and about how certain concepts should be understood“ (Kaiser 2019, 37).

In Unterabschnitt 1.2.1 möchte ich eine Vorstellung davon geben, was unter deskriptiven Reflexionen auf Wissenschaft verstanden werden könnte, in 1.2.2 werde ich mich den normativen Reflexionen zuwenden. Gemäß der soeben skizzierten Vorstellung des getrennten Vollzugs beider Reflexionsformen werde ich das deskriptive Projekt in 1.2.1 vollkommen unabhängig von jeglichen normativen Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis erörtern. Dabei wird sich zeigen, dass dergestalt isoliert vollzogene deskriptive Reflexionen gar keine eindeutige Vorstellung von dem Zweck geben können, zu dem wissenschaftliche Praxis Mittel sein soll – eine solche Vorstellung setzen die normativen Reflexionen aber voraus (wie 1.2.2 zeigen wird). Aus diesem Grund unterbreite ich in der zweiten Hälfte von 1.2.2 einen Alternativvorschlag zu dem Programm des getrennten Reflektierens. Weil in diesem Alternativprogramm die deskriptiven und normativen Reflexionen enger miteinander verbunden sind, bezeichne ich es als normativ-deskriptives Reflexionsprogramm.

1.2.1 Deskriptive Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis

In seinem ‚Unified Approach‘, in dem G. Schurz große Teile der Wissenschaftstheorie des 20. und 21. Jahrhunderts bespricht, charakterisiert der Autor das deskriptiv ausgerichtete wissenschaftstheoretische Reflektieren (die ‚descriptive view‘) folgendermaßen:

„According to the *descriptive* view, [...] it is the task of philosophy of science to say what science de facto is, and how it proceeds“ (Schurz 2014, 16).

Deskriptive Reflexion auf Wissenschaft zielt also auf Wissen über Verfahren in der Wissenschaft, auf eine Kenntnis dessen, was in der Wissenschaft ‚gemacht wird‘. Da sich die Bestimmung der Zwecke, zu denen eine Praxis Mittel ist, aus der Kenntnis der einzelnen Schritte (Teilpraxen) dieser Praxis sowie deren spezifischer Anordnung ergibt, können solche Beschreibungen auch eine Vorstellung von den Zwecken verschaffen, zu denen faktische wissenschaftliche Praxis Mittel ist – eventuell ließe sich das Konjunkt ‚what science de facto is‘ in diesem Sinne verstehen.

Kaiser greift in ihrer Charakterisierung von Beschreibungen wissenschaftlicher Praxis sogar explizit auf die Ausdrucksweise zurück, dass *Normen* beschrieben werden: „[D]escriptions of norms“ seien „factual claims about which norms actually influence scientific inquiry“ (Kaiser 2019, 53). Neben sozialen Normen (die für meine Arbeit irrelevant sind) nennt Kaiser auch epistemische Normen, die zum Beispiel die Güte von Erklärungen betreffen (vgl. ebd., 53f.). Um die Veranschlagung solcher Güte-Kriterien zuschreiben zu können, müssen wir natürlich wissen, was eine Erklärung (oder – im Fall der Gütenormen anderer wissenschaftlicher Teilpraxen – was ein Experiment, eine Theorie, ein Modell, usf.) ist. Im Rahmen meiner Arbeit sind gerade diese *grundlegenden* Normen interessant, die Auskunft darüber geben, wie die einzelnen wissenschaftlichen Teilpraxen überhaupt zu vollziehen sind. Aus diesen Normen gehen dann auch die wichtigsten Güte-Kriterien für die jeweiligen Teilpraxen hervor.

Was bedeutet es, Normen zu *beschreiben*, also deskriptiv über Normen zu sprechen? Janich zufolge liegt „[e]in deskriptiver Normenbegriff [...] vor, wenn regulative Normen faktische Geltung erreicht haben“ (Janich 2005, 148). Sich deskriptiv auf Normen zu beziehen – diese Formulierung scheint mir angemessener als ‚deskriptiver Normenbegriff‘ – bedeutet also nicht das Rechtfertigen von Normen, es heißt vielmehr „*beschreibend* von dem zu sprechen, wonach sich andere Menschen richten“, und zwar aus einer „Beobachterperspektive“ (ebd.). Da es sich bei den Beschreibungen zweifelsfrei um *allgemeine* Beschreibungen handeln soll (vgl. 1.1.3), können die soeben angeführten Charakterisierungen wie in Box 1 zusammengefasst werden.

Ich möchte nun eine entscheidende Voraussetzung von Beschreibungen im Sinne von Box 1 offenlegen, die auch für das normativ-deskriptive Reflexionsprogramm (siehe 1.2.2) bedeutsam sein wird. Die Darstellung von deskriptiven Reflexionen suggeriert, dass man sich voraussetzungslos an die Beschreibung von Evidenzen wissenschaftlicher Praxis machen könne,

Box 1: Deskriptive Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis

1) Erstelle viele partikuläre Beschreibungen wissenschaftlicher Verfahren!

Unmittelbare Evidenzen sind die Laborarbeit und die wissenschaftliche Diskussion, mittelbare Evidenzen Laborjournale, Primär- und Sekundärliteratur.

2) Benutze die partikulären Beschreibungen zur Erzeugung allgemeiner Beschreibungen (nach 1.1.3)!

Die Reflexionen sollen ein Mittel dazu sein, die in der betrachteten Wissenschaftspraxis faktisch verfolgten Normen/Normensysteme (und somit die Begriffe der entsprechenden Teilpraxen und anderer Handlungsschemata) zu entdecken. Damit belehren sie auch über die Zwecke, zu denen wissenschaftliche Praxis Mittel ist.

um die darin verfolgten Normen zu entdecken, wobei im Rahmen meines Projekts besonders die grundlegenden Normen wissenschaftlicher Teilpraxen interessant wären, diejenigen Normen also, die festlegen, was überhaupt beispielsweise Erklären oder Experimentieren ist. Mithilfe von Beschreibungen Normen zu entdecken ist aber aus begrifflichen Gründen unmöglich, da das Ergebnis der Aktualisierung einer Beschreibungspraxis stets aus *Aussagen* besteht, Normen aber keine Aussagen sind (vgl. 1.1.2 und 1.1.3). In einer Aussage kann allein die Zuschreibung an einen Akteur vorgenommen werden, in seinem Tun gewissen Normen *gerecht zu sein*, indem ihm zugeschrieben wird, eine gewisse Praxis zu aktualisieren. Um einen Handlungsprädikator zuzuschreiben, müssen wir allerdings wissen, wie er zu verwenden ist, wir müssen die Normen, deren Befolgung wir einem Akteur zuschreiben, indem wir ihm zuschreiben, eine bestimmte Praxis zu aktualisieren, also kennen. Anders formuliert: Um die Aktualisierung eines Handlungsschemas Pr zuzuschreiben, müssen wir bereits wissen, was es heißt, Pr zu aktualisieren, was es also heißt, Pr zu tun. Wittgenstein hat dies treffend für die Handlungsschemata illustriert, die das Sprachspiel des Aufforderns (bzw. Befehlens) und Befolgens ausmachen:

„Denke, du kämst als Forscher in ein unbekanntes Land mit einer dir gänzlich fremden Sprache. Unter welchen Umständen würdest du sagen, daß die Leute dort Befehle geben, Befehle verstehen, befolgen, sich gegen Befehle auflehnen, usw.? Die gemeinsame menschliche Handlungsweise ist das Bezugssystem, mittels dessen wir uns eine fremde Sprache deuten“ (Wittgenstein 1980, § 206).

Es muss also (etwa aus der eigenen Kultur) bekannt sein, was es heißt, Befehle zu geben, zu verstehen, zu befolgen, etc., um anderen zuschreiben zu können, dies zu tun. Wir können uns die gleiche Situation für den Fall des Erklärungssprachspiels (der Erklärungspraxis) vorstellen: Es gäbe keinen Grund, gewisse Handlungen als Aktualisierungen dieser Praxis zu identifizieren, wenn sie nichts mit unserem Verständnis dessen gemein haben, was es heißt, eine Erklärung zu geben. Angenommen, wir könnten bei den Bewohnern jenes Landes tatsächlich keine entsprechenden Handlungen identifizieren: Selbst wenn jene Menschen dann durch einen historischen Zufall das Wort ‚erklären‘ oder ‚Erklärung‘ benutzen (allerdings in einer ganz anderen Weise als wir), würden wir sagen, dass unsere Sprachen zwar ein Wort (ein Schema der Laut- oder Figurenproduktion) teilen, dass aber nur wir eine Praxis des Erklärens kennen.

Um angesichts mittelbarer oder unmittelbarer Evidenzen zu den Vollzügen wissenschaftlicher Praxis zuzuschreiben, dass hier erklärt oder experimentiert wird, dort modelliert oder begründet, müssen wir also immer schon wissen, was mit ‚erklären‘, ‚modellieren‘, etc. gemeint ist. Diese stets getätigte Voraussetzung der Kenntnis der Handlungsschemata, deren Aktualisierung zugeschrieben wird, spiegelt sich auch in dem folgenden Zitat von Kaiser wider, in dem es um die Anfertigung einer Beschreibung von wissenschaftlichem Verfahren (eines deskriptiven ‚philosophical account‘ solcher Verfahren) geht:

„Unlike what the word ‚describes‘ suggests, philosophical accounts cannot be pure descriptions or one-to-one mappings of scientific practice. A philosophical account that is coherent and provides clarity and understanding cannot simply be read off scientific practice. Rather, it must result from a critical reconstruction of relevant empirical information from scientific practice“ (Kaiser 2019, 46).

Eine solche Rekonstruktion bestehe unter anderem in folgenden Tätigkeiten (Kaiser nennt sie Tätigkeiten des Interpretierens der empirischen Evidenz):

„Philosophers must explicate background assumptions that scientists implicitly presuppose in their experimentation and reasoning, they must establish connections between seemingly unrelated claims and concepts, they must abstract from philosophically irrelevant details, and they must draw philosophical inferences from empirical information“ (ebd., 47).

Diese Passage zielt nicht auf eine Darstellung von Voraussetzungen des Beschreibens (i.S.v. 1.1.3) von wissenschaftlicher Praxis ab, da von Rekonstruktion, Interpretation und vom Anstellen von Schlüssen gesprochen wird, von Tätigkeiten also, die keine Beschreibungen sind.

Dennoch lässt sich mein Gedanke an dieser Passage sehr gut illustrieren: Gerade weil wir die beschreibenden Zuschreibungen an vorliegende Evidenzen aus dem Bereich der wissenschaftlichen Praxis stets auf der Grundlage uns bekannter Praxen vornehmen, können wir überhaupt die Ergänzungen und Interpretationen, von denen die Autorin spricht, anstellen. Denn diese werden immer durch die Prämisse gerechtfertigt, dass man es im vorliegenden Fall schließlich mit der Aktualisierung eines ganz bestimmten Handlungsschemas (einer bestimmten Teilpraxis) zu tun hat, die aus diesen und jenen Schritten besteht, sodass man diese und jene offenkundig implizit gelassene Ergänzung vornehmen und diesen und jenen Aspekt als irrelevant erklären darf. Würden wir nicht über die Begriffe der in der Wissenschaft vollzogenen Teilpraxen verfügen, wären solche Ergänzungen vollkommen unmotiviert. Wir müssen bereits über die Begriffe (und damit die grundlegenden Normen) des (Herum-)Experimentierens, Begründens, Erklärens, Modellierens, etc. verfügen, um Beschreibungen entsprechender komplexer Handlungsvollzüge von Wissenschaftlern geben zu können.⁶²

Diese negative Implikation des deskriptiven Reflexionsprojekts lässt sich aber auch positiv formulieren – denn es steht außer Frage, dass wir beim Vorliegen von Evidenzen aus dem wissenschaftlichen Bereich zuschreiben können, dass etwa erklärt, experimentiert oder begründet wird. Die Ausdrücke, mit denen wir den Vollzug solcher Handlungen zuschreiben, entlehnen wir – zwangsläufig, so die kritische Diskussion der vorangehenden Passage – aus nicht-wissenschaftlichen, also lebensweltlichen Kontexten.⁶³ Denn jeder hat unabhängig von allem wissenschaftlichen Wissen ein Verständnis davon, was es heißt, etwas zu erklären, etwas zu begründen oder mit etwas herumzuexperimentieren. Und genau auf solchen Verständnissen baut auch die Ausbildung von Wissenschaftlern auf. In einer wissenschaftlichen Vorlesung stellt die Dozentin die Ergebnisse von Experimenten dar, verweist auf die Begründung einer Theorie oder auf eine Erklärung, ohne zuvor (geheime) Informationen darüber gegeben zu haben, in welchem ganz besonderen Sinne ‚experimentieren‘, ‚erklären‘, etc. im *wissenschaftlichen* Kontext gebraucht wird.

Weil gelingendes Beschreiben von der geteilten Verwendung und somit von der Klarheit der verwendeten Ausdrücke abhängt, ist es hilfreich, beim beschreibenden Bezug auf wissenschaftliche Praxis nicht mit Handlungsprädikatoren zu arbeiten, zu denen nur ungefähre Verständnisse vorliegen, sondern mit normierten Ausdrücken. Dass die Normierung – vor dem Hintergrund meines in 1.1 skizzierten philosophischen Ausgangspunkts – am besten auf der

⁶² Begriffe anstelle von bloßen Verständnissen sind zumindest zur bestmöglichen Erfüllung der Beschreibungsaufgabe erforderlich.

⁶³ Lebensweltliche Kontexte verstehe ich als nicht-wissenschaftliche (Rede-)Kontexte. Ein lebensweltlicher Kontext kann natürlich Artefakte beinhalten, die es ohne das Treiben von Wissenschaft nicht geben würde.

Grundlage der Analyse einschlägiger Sprachspiele geschieht, habe ich in 1.1.2 demonstriert. Die Begriffe der jeweiligen *wissenschaftlichen* Teilpraxen (etwa der Begriff des *wissenschaftlichen* Experimentierens) können sich durchaus durch Zusatzbestimmungen zu den durch die Normierung gewonnenen Praxisbegriffen auszeichnen, die die grundlegenden Begriffsmerkmale aber nicht modifizieren (sonst gäbe es keinen Anlass mehr, von wissenschaftlichem *Experimentieren* zu sprechen).

Auch wenn man den auf die Analyse von Sprachspielen gestützten Ansatz zur Bestimmung lebensweltlicher Begriffe nicht teilt, wird sich somit das Erfordernis, die Begriffe wissenschaftlicher Teilpraxen überhaupt ausgehend von den entsprechenden lebensweltlichen Praxisbegriffen zu bestimmen, allgemein nachvollziehen lassen. Wissenschaftstheoretische Diskussionen, die auf die Bestimmung von Begriffen wissenschaftlicher Teilpraxen (oder ihrer Erzeugnisse) zielen und eine lebensweltliche ‚Fundierung‘ dieser Begriffe nicht zum expliziten Programmpunkt machen, müssen gezwungenermaßen mit potenziell nicht ganz klaren Verständnissen der entsprechenden lebensweltlichen Teilpraxen arbeiten. Ein Beispiel für eine solche implizite Veranschlagung lebensweltlicher Verständnisse von Praxen (bzw. ihrer Erzeugnisse) lässt sich etwa in der historisch einflussreichen Kritik an dem durch die Logischen Empiristen vorgeschlagenen DN/IS-Begriff wissenschaftlicher Erklärungen erblicken. Angeregt durch diesen Begriffsvorschlag, „a barrage of criticism began and a lively controversy ensued“ (Salmon 1992, 348). Nicht von ungefähr, so meine Ansicht, „[m]uch of the criticism was brought into sharp focus by means of counterexamples“ (ebd.). Denn die einzig sinnvolle Kritik an einem bestimmten Begriff der Erklärung liegt in dem Hinweis, dass der Ausdruck ‚Erklärung‘ eigentlich in einer anderen Weise verwendet wird, als es durch diesen Begriff vorgesehen ist. Um dies zu zeigen, konstruiert man ein Beispiel, das unter den zur Disposition stehenden Erklärungsbegriff fällt, das man aber eigentlich – und hierbei präsupponiert man ein alternatives (nämlich lebensweltliches) Erklärungsverständnis – nicht als Beispiel für eine Erklärung ansehen möchte.⁶⁴ Die faktisch am DN/IS-Begriff der Erklärung geübte Kritik besitzt genau diese Form. Salmon hat die verschiedenen Kategorien von Gegenbeispielen zusammengestellt, und der kritische Impuls am Ende jedes Gegenbeispiels lautet immer ähnlich: „Yet, hardly anyone would admit that the latter deduction qualifies as an explanation“, „[n]evertheless, few people would be willing to concede that [...] is explained by [...]“, „[n]evertheless, we do not want to say that [...] explains [...]“ (Salmon 1989, 46f.). Dass hierbei ein lebensweltliches Verständnis von ‚explanation‘ oder ‚explain‘ veranschlagt wird, wird

⁶⁴ Alternativ kann demonstriert werden, dass dem lebensweltlichen Erklärungsverständnis genügende Beispiele nicht unter den zur Disposition stehenden Erklärungsbegriff fallen.

von Salmon und vielen anderen Autoren nicht explizit gemacht. Deshalb wird auch nicht der naheliegende Schritt vollzogen, erst einmal die lebensweltlichen Verständnisse dieser Ausdrücke zu analysieren und begrifflich zu fassen, um darauf aufbauend dann mit irgendeiner Methode (zum Beispiel der Ergänzung von Zusatzbestimmungen, s.u.) den Begriff bzw. die Begriffe wissenschaftlichen Erklärens zu bestimmen.

Abschließend lässt sich festhalten: Auf der Grundlage einer Bestimmung lebensweltlicher Praxisbegriffe (oder allgemein: Handlungsbegriffe) lassen sich generelle Beschreibungen von wissenschaftlicher Praxis geben. Verfügt man über solche Beschreibungen, lassen sich Zwecke benennen, zu denen diese Praxis Mittel ist. Bei diesen handelt es sich nämlich um die Ergebnisse und die analytischen oder empirischen Konsequenzen der beschriebenen Handlungen bzw. ihrer spezifischen Verbindung (vgl. dazu Abb. 1 in 1.1.3). Die Ergebnisse und analytischen Konsequenzen können gerade deshalb bestimmt werden, weil man die Beschreibung mit normierten Ausdrücken für Praxen bzw. Handlungsschemata vornimmt; denn diese ermöglichen aufgrund ihrer Eindeutigkeit die erforderliche Demonstration der analytischen Implikationsverhältnisse (siehe 1.1.1).⁶⁵

Meiner Ansicht nach besitzt ein so verstandenes deskriptives Reflexionsprojekt zwei Schwachstellen. Erstens kann es aus begrifflichen Gründen nicht zur eindeutigen Bestimmung eines Zwecks führen, zu dem wissenschaftliche Praxis Mittel ist, da jede – vor allem jede komplexere – Praxis als Mittel zu verschiedenen Zwecken angesehen werden kann: Experimentieren, so werde ich in Kap. 3 argumentieren, kann als Mittel zur Erzeugung von Manipulationswissen, ebenfalls aber als Mittel zur Erzeugung von Vorhersagewissen gelten. Man kann Experimentieren aber auch schlicht als ein Mittel dazu ansehen, gewisse von allein nur selten auftretende Ereignisfolgen der Beschreibung zugänglich zu machen. Normative Reflexionen, die Verbesserungen für wissenschaftliches Verfahren vorschlagen, werden allerdings stets eine eindeutige Zweckangabe voraussetzen, denn nur wenn eine eindeutige Zweckbestimmung vorliegt, können (bessere) Mittel zu *diesem Zweck* erwogen werden.

Wenn *wir* uns beschreibend auf Wissenschaft beziehen, schließen wir offenkundig von vornherein gewisse begrifflich mögliche Zweckbestimmungen aus (da jede Praxis als Mittel zu all ihren analytischen Konsequenzen angesehen werden kann, lassen sich in vielen Fällen sehr abstruse Zweckvorschläge konstruieren). Dies tun wir, weil wir vernünftigerweise Wissenschaft nicht als etwas ansehen, was von Außerirdischen gemacht wird, sondern als einen Teil unserer Kultur, was nach dem Begriff von Kultur in 1.1.1 auch nur den Tatsachen entspricht.

⁶⁵ Auch die Auszeichnung empirischer Konsequenzen, welche der Erfahrung bedarf, wird durch die Beschreibung mit normierten Ausdrücken gestützt, da diese eine eindeutige Formulierung der Erfahrungsurteile ermöglichen.

Aus diesem Grund machen wir immer gewisse normative Annahmen in Bezug auf den Zweck: *Natürlich* wollen wir Manipulations- und Vorhersagewissen gewinnen, und nicht nur *bloße* Beschreibungen von Ereignisfolgen am Untersuchungsgegenstand, die keinen Bezug auf den experimentellen Kontext nehmen (und daher keine Experimentalbeschreibungen sind). Will man das deskriptive und das normative Projekt aber konsequent trennen (wie es von einigen Autoren suggeriert wird), darf eine solche Voraussetzung hier strenggenommen nicht gemacht werden. Das Programm, das die Trennung von normativen und deskriptiven Reflexionen vorschreibt, ist aus diesem Grund als inadäquat zu bezeichnen.

Zweitens habe ich bereits darauf hingewiesen, dass sich die Begriffe wissenschaftlicher Praxen gegenüber ihren lebensweltlichen Analoga natürlich durch Zusatzbestimmungen auszeichnen können. Bei der Entwicklung des normativ-deskriptiven Reflexionsprogramms in 1.2.2 werde ich zeigen, dass sich solche Zusatzbestimmungen aus einer gegebenen eindeutigen Zweckvorstellung herleiten lassen: Angenommen, die Zweckvorstellung für die infrage stehende wissenschaftliche Praxis umfasst die Akkumulation von möglichst generellem Manipulations- und Vorhersagewissen über Gegenstände eines bestimmten Bereichs. Es sei ferner bereits gezeigt worden, dass Experimentieren ein Mittel ist, sicheres Manipulations- und Vorhersagewissen zu erzeugen. Manipulations- und Vorhersagewissen ist als solches aber nicht zwingend sehr generell, es kann prinzipiell auch für sehr kleine Klassen von Gegenständen oder sogar für bestimmte Einzeldinge bewährt werden. Prinzipiell kann der hohe Generalitätsgrad des erzeugten Wissens durch irgendeine zusätzliche Praxis gewährleistet werden, oder durch Zusatzbestimmungen der Experimentalpraxis. In Kap. 3 werde ich argumentieren, dass die Ergänzung des Begriffs der Experimentalpraxis um den Begriff der experimentellen Relevanzprüfung (bei der es sich im Kern um eine systematische Variation der Startbedingungen von Experimenten handelt, die die Spezifizierung generellerer experimentell begründeter Aussagen ermöglicht) den Begriff einer Experimentalpraxis liefert, die ein Mittel dazu ist, sehr generelles Manipulations- und Vorhersagewissen zu erzeugen. Folglich ist dies der Begriff einer potenziellen *wissenschaftlichen* Experimentalpraxis. Im normativ-deskriptiven Vorgehen lassen sich auf diese Weise aus der eindeutigen Zweckvorstellung die spezifisch *wissenschaftlichen* Versionen von einzelnen Praxisbegriffen herleiten. In einem zweiten Schritt kann dann ihre deskriptive Adäquatheit geprüft werden (‘Fallen die im wissenschaftlichen Kontext vollzogenen Experimentalhandlungen wirklich unter diesen Begriff wissenschaftlicher Experimentalpraxis?’). Bei einem solchen Vorgehen tritt man also mit einer konkreten Vorstellung der Zusatzbestimmungen an die Evidenzen aus dem Bereich faktischer wissenschaftlicher Praxis heran (um ihre deskriptive Adäquatheit zu prüfen), was mir erfolgs-

versprechender erscheint, als die Zusatzbestimmungen ‚induktiv‘ aus den wissenschaftlichen Evidenzen zu ermitteln.

1.2.2 Normative Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis

Normative Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis dienen zweifelsfrei dem wissenschafts-immanenten Zweck. Generell werden in der Literatur zwei Formen solcher Reflexion auf Wissenschaftspraxis bestimmt. Einerseits handelt es sich um Reflexionen auf Teile wissenschaftlicher Praxis (Teilpraxen oder andere Handlungsschemata), die hinsichtlich ihrer Güte evaluiert bzw. zu denen Verbesserungsvorschläge unterbreitet werden. Kaiser 2019 gibt einen Überblick über die Charakterisierungen normativer Reflexionsprojekte in der jüngeren angelsächsischen Wissenschaftsphilosophie, die genau dieses Verständnis zugrunde legt:

„What does it mean for a philosophical theory to contain normative claims about a feature or element of science? In general, normative claims can be evaluative statements and express the fact that something has or lacks a certain value, that something is good or bad, correct or incorrect. Normative claims can also be prescriptive and offer advice about what ought or ought not to be the case“ (Kaiser 2019, 41).

Normative Reflexionen dieser Art dienen eindeutig der Verbesserung wissenschaftlicher Praxis, es geht in der Konsequenz schließlich um normative Sätze i.S.v. Aufforderungen oder Vorschlägen, die vorschreiben, auf eine bestimmte und nicht auf eine andere Weise zu verfahren (vgl. 1.1.3). Andererseits werden normative Reflexionsprogramme auf den Zweck oder das Ziel wissenschaftlicher Praxis bezogen. Schurz' Definition des normativen wissenschaftstheoretischen Projekts (‚normative view‘) lautet folgendermaßen:

„According to the normative view, it is the goal of philosophy of science to say what science *should* be, and how it should be pursued“ (Schurz 2014, 16).

Diese Charakterisierung meint mit dem Konjunkt ‚what science *should* be‘ offenkundig auch normative Reflexionen auf den Zweck der Wissenschaft, darauf also, was durch das Treiben von Wissenschaft erreicht werden soll. Andernfalls wäre das eindeutig auf die Mittel zur Erreichung dieses Zwecks bezogene Konjunkt ‚how it should be pursued‘ in dieser Form nicht verständlich.

Die zwei Auffassungen über das Ziel der Physik (bzw. über die Erzeugnisse, die die Physik hervorbringt/hervorbringen soll), welche P. Duhem zufolge von Theoretikern vertreten werden, besitzen wie Schurz' Charakterisierung eine eindeutig normative Stoßrichtung:

„Eine physikalische Theorie, haben gewisse Denker geantwortet, hat die *Erklärung* einer Gruppe experimentell festgestellter Gesetze zum Ziel.

Andere Denker sagten: Eine physikalische Theorie ist ein abstraktes System, welches eine Gruppe experimenteller Gesetze *zusammenzufassen* und *logisch zu klassifizieren* hat, ohne jedoch den Anspruch zu erheben, diese Gesetze zu erklären“.⁶⁶

Offensichtlich werden hier zwei unterschiedliche normative Einstellungen darüber vorgetragen, was eine physikalische Theorie zu leisten *habe*. Box 2 führt die beiden Möglichkeiten normativer Reflexion nochmals auf.

Box 2: Normative Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis

- 1) ‚Wissenschaftliche Praxis soll auf folgenden Zweck/folgendes Ziel ausgerichtet sein: ...!‘, ‚Die Erzeugnisse von Wissenschaft (etwa Theorien) sollen ...!‘
- 2) In der Wissenschaft sollte folgendermaßen verfahren werden: ...!

Zweck der normativen Reflexionen ist das Unterbreiten von Verbesserungsvorschlägen für die wissenschaftliche Praxis.

Diese Charakterisierung möchte ich nun in der von mir vertretenen Terminologie reformulieren. Beide Arten normativer Reflexionen bestehen in normativen Sätzen nach Tab. 1 (vgl. 1.1.3): Bei normativen Reflexionen auf den Zweck oder das Ziel der Wissenschaft handelt es sich um Aufforderungen dazu, einen gewissen Zweck zu verfolgen, bei normativen Verbesserungsvorschlägen für wissenschaftliches Vorgehen handelt es sich um Aufforderungen zu bestimmten Handlungen (zu einem bestimmten Vorgehen). Weil dabei keine Einzelpersonen adressiert werden, sind die normativen Sätze letzterer Art als Normen zu begreifen.

Wenn es sich um gerechtfertigte Normen handeln soll (was ich voraussetze), setzen normative Reflexionen der zweiten Art die Formulierung eines Zwecks voraus. Ist ein Zweck gegeben,

⁶⁶ P. Duhem: *Ziel und Struktur der Physikalischen Theorien*, Meiner Verlag, 1978, S. 3, zitiert nach Hüttemann 1997, 63. Für eine kurze Darstellung von Duhems Ansicht über das Ziel der Wissenschaft siehe Hüttemann 1997, 62-69.

sind diese Reflexionen unproblematisch: In Bezug auf Mittel-Zweck-Reflexionen kann es keinen stabilen Dissens geben. Sie betreffen stets die Beziehung zwischen einem in einer Situation S_{start} aktualisierbaren Handlungsschema und dessen Ergebnis oder Konsequenzen (also den durch die Aktualisierung personeninvariant erreichbaren Zweck). Wenn das Handlungsschema bekannt ist (und das ist eine Bedingung dafür, es als Mittel diskutieren zu können), so sind es auch sein Ergebnis und seine analytischen Konsequenzen. Seine empirischen Konsequenzen hingegen widerfahren uns – über sie belehrt die Erfahrung. Wenn also alle Reflektierenden in der von ihnen verwendeten Sprache übereinstimmen (denn das erfordert vor allem die Benennung von Handlungsergebnis und analytischen Konsequenzen), können einzelne Mittel-Zweck-Reflexionen immer zu einem Abschluss kommen, sofern eine eindeutige Vorstellung von einem Zweck vorliegt.

Eines der in 1.2.1 aufgeworfenen Probleme bestand nun genau darin, dass die strikt von allen normativen Voraussetzungen in Bezug auf wissenschaftliche Praxis getrennt vollzogene Beschreibung dieser Praxis keine eindeutige Zweckvorstellung liefern wird. Dieses Problem lässt sich nicht anders als dadurch beheben, dass wir irgendeine normative Vorstellung von einem Zweck in Anschlag bringen: Um Mittel-Zweck-Reflexionen auf wissenschaftliches Vorgehen anstellen zu können, müssen wir einen eindeutigen Zweck spezifizieren, zu dem diese Praxis Mittel sein *soll*. Eine solche normative Zweckbestimmung ist nichts anderes als eine normative Reflexion auf Zwecke (vgl. (1) in Box 2).

Auf Grundlage dieser Einsicht in die Bedingung der Möglichkeit normativer Reflexionen sollten diese nicht mehr von vorhergehenden deskriptiven Reflexionen abhängig gemacht werden. Natürlich ließen sich zur Wissenschaft zunächst wie zu einem ethnologischen Gegenstand allgemeine Beschreibungen anfertigen, aus denen hervorgehen wird, dass die so beschriebene Praxis offensichtlich Mittel zu verschiedenen Zwecken ist. Dann wäre die Perspektive zu wechseln – wir hätten aus der Rolle des Ethnologen hinauszutreten und uns daran zu erinnern, dass wir es ja mit einem Gegenstand aus der eigenen Kultur zu tun haben. Auf dieser Grundlage könnten wir dann normativ urteilen, indem wir sagten, Wissenschaft solle Mittel zu einem ganz bestimmten der zur Disposition stehenden Zwecke sein. Anschließende Mittel-Zweck-Reflexionen würden dann dazu dienen, Vorschläge für die bessere Erreichbarkeit dieses Zwecks zu unterbreiten. Neben der Tatsache, dass ein solches Reflexionsprojekt bereits auf den ersten Blick unnötig umständlich wirkt, beinhaltet es auch ein systematisches Problem: Es gibt nämlich keinen Grund dafür, warum wir uns bei der normativen Angabe eines Zwecks für die Wissenschaft auf diejenigen Optionen beschränken sollten, zu denen die beschriebenen Handlungsvollzüge, die wir zusammenfassend als die untersuchte wissen-

schaftliche Praxis bezeichnen, zufällig bereits Mittel sind. Es könnte schließlich einen anderen, interessanteren Zweck geben, von dem wir eventuell sogar bereits abschätzen können, dass er schon durch eine leichte Modifikation der beschriebenen Praxis erreichbar gemacht werden kann. Natürlich würden wir in einem solchen Fall eine entsprechende Veränderung von wissenschaftlicher Praxis sofort vorschlagen, indem wir in Form von Mittel-Zweck-Reflexionen zeigen, dass durch eine entsprechende Modifikation, etwa durch Ergänzung bestimmter zusätzlicher – lebensweltlicher – Teilpraxen und/oder bestimmter Zusatzbestimmungen an diejenigen Teilpraxen, die bereits unter dem Titel der wissenschaftlichen Praxis vollzogen werden, der Begriff einer Praxis konstruiert werden kann, die ein gutes Mittel zu jenem Zweck darstellt. Die vorgängigen Beschreibungen spielen für die Formulierung der normativen Reflexionen dann offensichtlich nur noch eine Rolle im Genese-Zusammenhang: Denn der Begriff der Praxis, die letztlich als Mittel zu jenem vorgeschlagenen (,interessanteren‘) Zweck angeführt wird, muss letztlich durch Mittel-Zweck-Reflexionen gerechtfertigt werden. Die beschriebene faktische wissenschaftliche Praxis mag die Bestimmung dieses Begriffs inspirieren, für seine Rechtfertigung ist sie jedoch gleichgültig. Das gleiche gilt für den vorgeschlagenen Zweck. Ob das Anstellen allgemeiner Beschreibungen faktischer wissenschaftlicher Praxis seine Formulierung inspirierte oder der Genese-Zusammenhang ein anderer war, ist für die Beratung über seine Annehmbarkeit irrelevant.

Der deskriptive Bezug auf faktische wissenschaftliche Praxis ist diesen Überlegungen zufolge für das Erreichen des wissenschafts-immanenten Zwecks nur insofern unentbehrlich, als er die Identifizierung der Unterschiede der faktischen und der neu vorgeschlagenen Praxis ermöglicht (denn die Kenntnis dieser Unterschiede ist zur praktischen Verbesserung der bislang betriebenen Praxis nötig). Hierzu müssen aber keine generellen Beschreibungen angestellt werden, wie sie die Prozedur in Box 1 (vgl. 1.2.1) vorsieht. Es ist ausreichend, die Frage zu klären, ob bzw. inwiefern die faktische wissenschaftliche Praxis mit dem Begriff der vorgeschlagenen Praxis beschrieben werden kann, oder, um es adäquater auszudrücken: Es muss die Frage geklärt werden, ob die ,Unternehmungen‘, auf die wir uns bisher mit dem Ausdruck für diese wissenschaftliche Praxis bezogen, unter den Begriff der neu konstruierten Praxis fallen. Ist diese Frage zu verneinen, so ist der Grund dafür von besonderem Interesse (denn dieser informiert über die Unterschiede). Die Aufgabe der Beschreibung wird hier also zufriedenstellend durch einen solchen Nachweis deskriptiver Adäquatheit bzw. Inadäquatheit des neu vorgeschlagenen Praxisbegriffs erfüllt.

Bei der Formulierung des Zwecks, zu dem die untersuchte wissenschaftliche Praxis Mittel sein soll, kann also ein Zweck gewählt werden, der einerseits als allgemein erstrebenswert

eingeschätzt wird und der andererseits offenkundig zur faktisch betriebenen Praxis ‚passt‘. Dass man sich beim Einlösen der letztgenannten Forderung auf einen bloßen Eindruck stützt (der – und diese Umstände betreffen allein den Genese-Zusammenhang – natürlich zweckmäßigerweise durch eine genauere Kenntnis der Praxis aus Beschreibungen oder aus dem eigenen Vollzug dieser Praxis inspiriert ist), ist irrelevant: Solange der vorgeschlagene Zweck als erstrebenswert eingeschätzt wird und die Konstruktion einer Praxis ermöglicht, die der faktischen wissenschaftlichen Praxis hinreichend ähnlich ist, sodass sich die Prüfung deskriptiver Adäquatheit lohnt, ist der wissenschafts-immanenten Motivation der normativen Reflexionen vollauf Genüge getan.

Diese veränderte Form deskriptiven Reflektierens lässt sich meinem Ermessen nach auch zur Einlösung des wissenschafts-transzendenten Zwecks fruchtbar machen. Weil wissenschaftliche Praxen ein Teil unserer Kultur sind, der sich historisch im Gang der Kulturgeschichte entwickelt hat, ist davon auszugehen, dass sie als Mittel zu Zwecken angesehen werden können, für deren Wert sich zumindest argumentieren lässt. Es ist also zu erwarten, dass sich der Begriff der Praxis, die zu einem solchen argumentativ begründbaren, offenkundig ‚passenden‘ Zweck konstruiert wird, als deskriptiv adäquat erweisen wird. Ist das der Fall, verfügt man einerseits (und anstelle von Verbesserungsvorschlägen) über die Gewissheit, dass die faktisch betriebene Praxis vor dem Hintergrund des vorgestellten, in seiner Verfolgung begründbaren Zwecks gerechtfertigt ist. Ferner verfügt man über einen Begriff der faktisch betriebenen wissenschaftlichen Praxis, also über genau das, was die wissenschafts-transzendente Motivation fordert.⁶⁷

Diese Methode der Bestimmung des Begriffs einer wissenschaftlichen Praxis hat einen weiten, oben bereits angesprochenen Vorteil vor derjenigen Art der Begriffsbestimmung, die das

⁶⁷ Die Voraussetzung, die faktische Wissenschaftspraxis werde sich als Mittel zu einem Zweck rekonstruieren lassen, der sich als gemeinschaftlich erstrebenswert begründen lässt, ist dennoch keine Bedingung für die Anwendung der hier entworfenen Methode. Diese kann sogar zu genuin wissenschaftskritischen Überlegungen dienen, in denen gezeigt wird, dass sich faktische wissenschaftliche Praxis als Mittel zu einem Zweck rekonstruieren lässt, der – vielleicht entgegen seinem ersten Anschein – bei genauerer, ethisch anders fundierter Betrachtung abgelehnt wird. Hier entfällt dann die wissenschafts-immanente Motivation der Reflexion, und die wissenschafts-transzendente Motivation ist eher im Bereich der Kulturkritik anzusiedeln. Am Ergebnis der Rekonstruktion wird eine solche abweichende Motivation aber nichts ändern. Die manche Autoren interessierenden Folgerungen, die sich auf der Grundlage eines deskriptiv adäquaten Begriffs wissenschaftlicher Praxis ziehen lassen, werden dadurch nicht obsolet. Ob eine gewisse Praxis faktisch erfolgreich betrieben wird oder nicht, ist unabhängig von der Frage, ob wir es für gut erachten, diese Praxis zu treiben. Vertreter einer solchen kritischen Ausrichtung könnten anschließend auch zur Konstruktion einer alternativen wissenschaftlichen Praxis übergehen, die Mittel zu einem von ihnen für erstrebenswert erachteten Zweck ist. In dieser Unternehmung könnte die Konzeptualisierung der faktischen Wissenschaftspraxis teils zur Abgrenzung dienen, teils zur Bereicherung mit begrifflichen Einsichten. Ferner könnten Erkenntnisse der faktischen Wissenschaft selbst für die Konstruktion der alternativen Wissenschaft bedeutsam sein, wobei zentral ist, dass diese Erkenntnisse durch die Konzeptualisierung der faktischen Wissenschaft begrifflich klar vorliegen.

ursprünglich in 1.2.1 vorgestellte deskriptive Reflexionsprojekt vorsieht: Aus der eindeutigen Zweckvorstellung, die die Konstruktion des Praxisbegriffs anleitet, lassen sich konkrete Vorschläge für die (wissenschaftlichen) Zusatzbestimmungen der Teilpraxen herleiten. Diese sind also nicht erst auf der Grundlage von beschreibender ‚Induktion‘ zu formulieren. Box 3 listet die Schritte dieses ‚normativ-deskriptiven‘ Reflexionsprojekts noch einmal auf.

Box 3: Normativ-deskriptive Reflexionen auf eine wissenschaftliche Praxis Pr

1) Gehe von einem begründeten Zweck S_{Zweck} aus! (*Erklärung im Text*)

S_{Zweck} wird etwa als erstrebenswert eingeschätzt und scheint zur faktischen Pr zu passen.

2) Konstruiere mit Begriffen lebensweltlicher Teilpraxen (ggf. ergänzt um Zusatzbestimmungen, die aus S_{Zweck} folgen) den Begriff einer Praxis Pr' , die Mittel zu S_{Zweck} ist (idealerweise ist ein Normensystem darzustellen)!

3) Weise die deskriptive Adäquatheit des Begriffs von Pr' nach, indem du zeigst, dass der Vollzug der faktischen Pr unter den Begriff Pr' fällt (dass der Prädikator Pr' also auf die faktischen Vollzüge von Pr angewendet werden kann)!

Die Reflexionen liefern einen Begriff (eine Konzeptualisierung) der faktisch vollzogenen Praxis Pr. Bei entsprechend gewähltem S_{Zweck} sind sie Mittel dazu, Gewissheit über die Rechtfertigung der faktisch vollzogenen Pr zu verschaffen bzw. konkrete Verbesserungsvorschläge für diese bereitzustellen.

Wenn sich der Begriff der Praxis Pr' als deskriptiv adäquat in Bezug auf die üblicherweise mit dem Prädikator Pr bezeichneten wissenschaftlichen Unternehmungen erweist, lässt sich die konstruierte Praxis Pr' als rekonstruierte Fassung von Pr bezeichnen. Wie bereits in Box 3 bezeichne ich die Bestimmung des Begriffs einer Praxis (gleich, ob diese Praxis faktisch vollzogen wird oder nicht) auch als Konzeptualisierung dieser Praxis.

Ich möchte abschließend noch darauf aufmerksam machen, dass es für die Konstruktion der Praxis in Schritt (2) von Box 3 einerlei ist, ob zuerst die Begriffe von lebensweltlichen Praxen (oder anderen Handlungsschemata) bestimmt und diese dann (ggf. modifiziert) als Glieder in die zu konstruierende Praxis eingefügt werden, oder ob auf lebensweltlicher Grundlage einzelne Handlungsschemata als Mittel zu dem in (1) angegebenen Zweck erwogen werden, von denen dann in einem zweiten Schritt ‚bemerkt wird‘, dass sie gemeinsam ja eine bekannte

Praxis bilden. In Kap. 4 und Kap. 5 werde ich mit den Begriffen des Erklärens und der Modellanwendung auf die erstgenannte Art verfahren. In Kap. 3 werde ich eine Begründung dafür anführen, dass der für die physiologische Praxis vorgestellte Zweck hinsichtlich seines Kernmerkmals durch Handlungen erreicht werden kann, die wir alle als Experimentieren wiedererkennen werden.

Im Rest von 1.2.2 möchte ich aufzeigen, dass die hier entworfene Reflexionsmethode Ähnlichkeiten zu einer Methode aufweist, die Kaiser zufolge auch den methodischen Hintergrund von Autoren des sogenannten ‚practice turn‘ in der neueren angelsächsischen Wissenschaftsphilosophie bildet, zu deren Vertretern auch die Mechanisten zu rechnen sind (Kaiser 2019, 45). Konkretere methodische Übereinstimmungen der Mechanisten mit der hier vertretenen Reflexionsmethode werde ich in 2.1 herausstellen. Bei der nun interessierenden Methode handelt sich um das von L. Laudan unter dem Titel des ‚methodologischen Naturalismus‘ begründete Gegenprojekt zu T. Kuhns „*historical turn*“ (Laudan 1987, 19). Als naturalistisch wird es bezeichnet, da es die Arbeit des Wissenschaftsphilosophen begrifflich an die des (Natur-)Wissenschaftlers annähert, oder zumindest in Analogie zu dieser setzt.

Laudan zufolge lehnten die in der Tradition Kuhns stehenden Wissenschaftstheoretiker methodische Entwürfe für wissenschaftliche Vorgehen ab, die nicht zu den faktisch vollzogenen Verfahren der für sie exemplarischen Wissenschaftsgrößen („the Newtons, Einsteins, and Darwins of the world“ (ebd., 20)) passten. Für Laudan, der Wissenschaft als Praxis, also als Mittel zu einem Zweck zu schätzen weiß, ist dies unverständlich, da sich die Zwecke, zu denen vergangene Wissenschaftspraxis betrieben wurde, zumindest teilweise von den Zwecken unterscheiden würden, zu denen heutige Wissenschaft als Mittel vorgestellt werde, zu denen heutige Wissenschaft Mittel sein *solle*. Versteht man die Wissenschaftler der Vergangenheit als rationale Akteure, wird vergangene wissenschaftliche Praxis also eine andere Gestalt besessen haben, als sie heutige Wissenschaft besitzen sollte (ebd., 21ff.). Warum sollten wir uns also den vergangenen Größen einfach verschreiben und sie nicht vielmehr zum Zwecke des Fortschritts unserer heutigen Wissenschaft benutzen (ebd., 28)? Man könnte, so Laudans Vorschlag, doch allgemeine Aufforderungen (also Normen) formulieren, die ein Vorgehen zur Erreichung des Zwecks vorschreiben, zu dem heutige wissenschaftliche Praxis (oder eine ihrer Teilpraxen) als Mittel angesehen wird (bzw. angesehen werden *sollte*). Die Güte solcher Normen, die ein bestimmtes wissenschaftliches Verfahren, also die Verwendung bestimmter wissenschaftlicher Methoden vorschreiben, ließe sich dann – ganz analog wie in den Naturwissenschaften – durch einen ‚Test‘ an passenden historischen wissenschaftlichen Evidenzen prüfen:

„Once they [means-end-relations, JK] are cast as conditional declaratives [norms, JK] of the appropriate sort, it becomes possible to test them against the historical record in the same way that any other hypothesis about the past can be tested against the record“ (ebd., 27).

Lässt sich anhand der Geschichte der Wissenschaft auf diese Weise zeigen, dass ein bestimmtes Vorgehen ein gutes Mittel zu dem angenommenen Zweck darstellt, besitzen wir nach Laudan eine Rechtfertigung dafür, auch in heutiger Wissenschaft auf diese Weise zu verfahren. Der für mich interessante Punkt dieser Überlegungen besteht darin, dass ihnen zufolge zunächst der Begriff eines normierten Vorgehens (also einer Praxis) entworfen wird, mit dem – *vermutlich* (so Laudans Einschränkung) – ein bestimmter, als erstrebenswert anerkannter Zweck zu erreichen ist. Die deskriptive Angemessenheit dieses Begriffs (bei Laudan: die Eignung der Praxis als Mittel zur Erreichung des vorgestellten Zwecks) wird dann in einem zweiten Schritt geprüft.

Die Überzeugungskraft von Laudans spezifischem Gesamtprojekt möchte ich hier nicht diskutieren.⁶⁸ Vielmehr möchte ich eine Einschätzung Kaisers zur methodischen Ausrichtung der erwähnten Autoren des ‚practice turn‘ (zu denen sie auch die Mechanisten rechnet) zitieren, welche eindeutig Laudans Projekt als Hintergrund erkennen lässt. In größerer Übereinstimmung zu meiner in Box 3 dargestellten Methode geht es diesen Autoren nicht um einen ‚Test‘ sondern um den Nachweis empirischer (deskriptiver) Adäquatheit der von ihnen erzeugten ‚Theorien‘ (Konzeptualisierungen) wissenschaftlicher Praxis in Bezug auf die faktisch betriebene Praxis:⁶⁹

„In my view, the methodology of PSP [philosophy of science in practice, JK] is similar to scientific methodology in at least one minor respect: in both fields, the theory or account that is developed must be empirically [or descriptively, JK] adequate, that is, it must capture and find evidential support in the available empirical data“ (Kaiser 2019, 45).

Schurz, dessen Charakterisierung des deskriptiven Reflexionsprojekts in 1.2.1 dazu diente, den vorläufigen, naheliegenden Begriff der Beschreibung von Wissenschaft einzuführen, hat letztlich auch eher einen Nachweis deskriptiver Adäquatheit seiner eigenen (normativen) Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis vor Augen, als eine Tätigkeit des Erstellens allgemeiner

⁶⁸ Laudans Ansatz geht offensichtlich davon aus, dass es synthetische Normen sind, die die wissenschaftlichen (Teil-)Praxen anleiten, denn es sind die synthetischen Normen, die unter Hinzuziehung von Erfahrung zu rechtfertigen sind (vgl. 1.1.3). Diese Ansicht ist zweifelhaft, denn offensichtlich bedürfen wir keiner Erfahrung, um zu rechtfertigen, dass beispielsweise Experimentieren ein angemessenes Mittel zur Erzeugung von Manipulationswissen ist oder dass eine bestimmte Form des bildlichen Modellierens ein Mittel dazu ist, komplexe Zusammenhänge übersichtlich darzustellen (vgl. hierzu die Ausführungen in Kap. 3 und Kap. 5).

⁶⁹ Vgl. hierzu auch meine Besprechung von Cravers Methodologie in 2.1.

Beschreibungen. Denn repräsentative Beispiele aus der Wissenschaft bezeichnet er als „*descriptive corrective*“ seiner (normativen) Reflexionen (Schurz 2014, 19).

1.3 Rekonstruktionsskizze für die Kapitel 3-5

Ich habe in 1.2 die Möglichkeit von Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis im Allgemeinen erwogen. Nun möchte ich diese auf die konkrete Problemstellung meiner Arbeit beziehen. In meiner Arbeit beabsichtige ich, einerseits einen konstruktiven Beitrag zu Reflexionen auf physiologische Praxis zu liefern, andererseits eine bereits bestehende Konzeptualisierung dieser Praxis – die Mechanistische Konzeptualisierung – zu kritisieren. Dabei lautet mein zentraler Kritikpunkt, dass dieser Konzeptualisierung zufolge im Vollzug physiologischer Praxis zwei Formen experimentellen Wissens erzeugt werden – Wissen über die Ursachen gewisser organischer Ereignisse und Wissen über die ‚konstitutive Grundlage‘ organischer Ereignisse, wobei die Darstellung dieses Wissens in sog. Ätiologischen bzw. Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen erfolgt. Die Mechanisten scheinen ferner an einigen Stellen den Schluss zu ziehen, dass es neben Kausalrelationen zusätzlich noch besagte Konstitutionsrelationen als Abhängigkeitsrelationen zwischen dem Verhalten von Lebewesen und Ereignissen in Gewebeansammlungen, zwischen Ereignissen in Geweben und Ereignissen in Zellansammlungen, usf. geben müsse.

Gemäß der vorangegangenen Darstellung gestaltet sich mein methodisches Vorgehen in dieser Arbeit wie folgt: Ich werde von einem Zweck ausgehen, der mir in Bezug auf faktische Unternehmungen, die wir ‚physiologische Praxis‘ nennen, angemessen erscheint. Dann skizziere ich den Begriff einer Praxis, die ein gutes Mittel zu diesem Zweck darstellt. In dieser Konzeptualisierung wird es nur eine Form experimenteller Praxis und keine zwei grundlegend verschiedenen Formen physiologischer Erklärung geben. Die Gegenstände (Ereignisse), die bei den Mechanisten durch Konstitution verbunden sind, sind in meiner Konzeptualisierung Modelle (bei denen es sich um nützliche Fiktionen handelt) und keine konkreten Gegenstände. Meiner alternativen Konzeptualisierung zufolge gibt es daher auch keinen Anlass zu der Annahme einer eigentümlichen Konstitutionsrelation zwischen Ereignissen im Sinne der Mechanisten.

In 1.3 möchte ich einerseits den Zweck vorschlagen, zu dem ich physiologische Praxis als Mittel rekonstruiere. Dann möchte ich eine Skizze für die Schritte meiner Rekonstruktion in den Kap. 3-5 geben, auf welche ich im Lauf der Arbeit immer wieder verweisen werde. Drittens möchte ich noch eine Rechtfertigung dafür geben, dass ich der Mechanistischen Konzep-

tualisierung kein Unrecht tue, indem ich sie auf der Grundlage der hier entworfenen Methode kritisiere.

Ich werde in Kap. 3-5 physiologische Praxis als Mittel zu folgendem Zweck rekonstruieren: Physiologische Praxis sei Mittel dazu, effizientes Manipulations- und Vorhersagewissen zu akkumulieren, das die grundlegenden Lebenserscheinungen von Lebewesen betrifft und damit zur Stützung etwa der Heil- und Kultivierungspraxis genutzt werden kann. Der Fokus der Rekonstruktion liegt dabei auf derart grundlegenden Merkmalen der Physiologie, dass für sie ein normalsprachliches (bzw. ‚bildungssprachliches‘) Verständnis von ‚Lebenserscheinungen‘ ausreichend ist: Es geht darum, wie überhaupt und im allgemeinsten Sinne die Ereignisse an Teilen von Lebewesen mit Ereignissen an den Lebewesen (mit dem Verhalten der Lebewesen) in Beziehung zu setzen sind, und was für eine Rolle dabei Begriffe wie ‚Ursache‘, ‚Erklärung‘ und ‚Modell‘ spielen. Der Ausdruck ‚Effizienz‘ in der Zweckbestimmung soll einerseits bedeuten, dass das so akkumulierte Wissen möglichst gut anwendbar und lehrbar ist. Dies wird – so lässt sich bereits an dieser Stelle feststellen – zweifelsfrei durch eine möglichst hohe Generalität des Wissens gewährleistet, sowie durch irgendeine Form der zweckmäßigen Organisation der dieses Wissen ausdrückenden Aussagen (etwa in Form von Aussagensystemen). Denn für die Anwendung und Lehre eines Wissensbestands macht es offensichtlich einen Unterschied, ob derselbe als Liste mit sehr spezifischen Manipulations- und Vorhersagevorschriften vorliegt, die die Länge eines Telefonbuchs hat, oder aber als eine überschaubare Sammlung von sehr allgemeinen Aussagen, die eventuell noch irgendwie systematisiert sind und effektiv dazu genutzt werden können, die gleichen Manipulationen vorzunehmen und die gleichen Vorhersagen zu treffen.

Die Zweckangabe ist so formuliert, dass der Zweck fortwährend immer besser realisiert wird (‚akkumulieren‘). Ich will ‚Effizienz‘ auch auf diesen Aspekt beziehen: Eine wissenschaftliche Praxis, die so gestaltet ist, dass ihre Aktualisierung Anregungen zur Akkumulation weiterer relevanter Wissensbestände über den jeweiligen Gegenstandsbereich gibt, ist einer Praxis vorzuziehen, die das nicht tut, nach deren Aktualisierung die Forscher sich also immer von Neuem fragen müssen, was man denn als nächstes untersuchen oder wie man die Erforschung des nächsten Untersuchungsgegenstands genau angehen soll. Effizient ist eine Praxis in diesem Sinne, wenn sie in der Wissensakkumulation möglichst ‚produktiv‘ ist.

Nun möchte ich eine kurze Rekonstruktionsskizze geben, die das Vorgehen meiner eigenen Rekonstruktion in Kap. 3-5 zusammenfasst. In Kap. 3 rekonstruiere ich die Grundlagen der physiologischen Praxis, die allerdings so allgemein sind, dass sie auch für andere wissenschaftliche Praxen Geltung beanspruchen können. Über Manipulations- und Vorhersagewis-

sen verfügen wir – so werde ich argumentieren –, wenn wir über Ursache-Wirkungs-Wissen verfügen. Ursache-Wirkungs-Wissen lässt sich durch die Aktualisierung von Handlungen erzeugen, die wir zusammenfassend als ‚Experimentieren‘ bezeichnen können (auf der Grundlage unseres lebensweltlichen Verständnisses vom Experimentieren als einer Form der Wissensermittlung) (3.1).

Die bloße Akkumulation eines Bestands von Ursache-Wirkungs-Wissen ist aber noch nicht effizient in Bezug auf die Anwendung und Lehre dieses Wissensbestands (derselbe ist nicht zwingend sehr generell und zweckmäßig organisiert); außerdem ist die bloße Akkumulation solchen Wissens nicht produktiv im obigen Sinne. *Wissenschaftliches* (physiologisches) Experimentieren muss also entweder weiteren Restriktionen unterliegen, die seine Ergebnisse diesen Effizienz-Ansprüchen gerecht machen, oder es muss um weitere Praxen ergänzt werden, die dies leisten. Effizienz in Bezug auf Anwendung und Lehre kann – so meine Argumentation – teilweise durch Zusatzbestimmungen (Restriktionen) des Experimentierens gewährleistet werden, die folglich *wissenschaftliches* Experimentieren von nicht-wissenschaftlichem Experimentieren unterscheiden (3.2). Diese Zusatzbestimmungen sichern zumindest eine hohe Generalität wissenschaftlichen (physiologischen) Wissens. Ich werde in 3.2 demonstrieren, wie manch andere Wissenschaft darüber hinaus durch die Formulierung von Theorien die Möglichkeit besitzt, ihren jeweiligen Wissensbestand zweckmäßig (in Form von Aussagensystemen) zu organisieren, die den Wissensbeständen zusätzlich Produktivität verleihen. Dies ist aber – so wird sich zeigen – in der Physiologie nicht möglich.

Nach der Rekonstruktion dieser Grundlagen physiologischer Praxis in Kap. 3 sind noch zwei Aufgaben zu bewältigen: Erstens ist ein Vorschlag zu liefern, durch welche Zusatzpraxen die Produktivität sowie eine zweckmäßigere Organisation physiologischer Wissensbestände erreicht werden kann. Zweitens ist es wünschenswert, die Rolle des wissenschaftlichen Erklärens in der rekonstruierten physiologischen Praxis zu lokalisieren. Denn meine Konzeptualisierung soll schließlich eine Alternative zur Mechanistischen Konzeptualisierung darstellen, und in der letzteren ist der Begriff des wissenschaftlichen Erklärens zentral. Ich bin zu dem Ergebnis gelangt, dass sich die Bewältigung beider Aufgaben im Rahmen meiner Konzeptualisierung überschneidet, dass es aber sinnvoller ist, zuerst den Begriff des wissenschaftlichen Erklärens anzugehen.

Um die Frage zu beantworten, inwiefern von wissenschaftlichem (physiologischem) Erklären gesprochen werden kann – wobei ‚wissenschaftlich‘ bzw. ‚physiologisch‘ hier im Sinne der in Kap. 3 rekonstruierten Grundlagen zu verstehen ist – gebe ich in 4.1 zunächst eine Übersicht über lebensweltliche Erklärungsverständnisse und expliziere entsprechende Erklärungs begrif-

fe (die teilweise aufeinander reduzierbar sind). In 4.2 identifiziere ich dann diejenigen drei Erklärungs-begriffe – es handelt sich jeweils um Begriffe von Erklärungen, die etwas mit der Angabe von Ursache-Wirkungs-Wissen zu tun haben – die als *wissenschaftliche* (physiologische) Erklärungs-begriffe infrage kommen, sofern sie gewissen Restriktionen genügen, die sich leicht bestimmen lassen.

In Kap. 5 werde ich mich einer weiteren Praxis zuwenden – der Praxis wissenschaftlichen Modellierens –, die die verbliebenen Effizienzansprüche physiologischer Wissensbestände einlöst. Hierzu werde ich in 5.1 zwei lebensweltliche (handwerkliche) Verständnisse des Modellierens unterscheiden und begrifflich explizieren. In 5.2 werde ich auf der Grundlage dieser beiden Begriffe vier Formen wissenschaftlichen Modellierens unterscheiden, die in der Physiologie zur Anwendung kommen und zu einer zweckmäßigeren Organisation ihrer Wissensbestände sowie zu deren Produktivität beitragen. Während die Kap. 3 und 4 so allgemein gefasst sind, dass sie auch auf andere Wissenschaften zutreffen, bezieht sich Kap. 5 wesentlich spezifischer auf die Physiologie.

Ich beanspruche deskriptive Adäquatheit für die Ergebnisse meiner Rekonstruktion. Teilweise ist es unnötig, diese gesondert darzulegen (wie etwa im Fall des Experimentierens). An einigen Stellen werde ich sie aber auch explizit diskutieren. Insgesamt liefern die Kap. 3-5 zumindest die grundlegenden Bestimmungen des Begriffs einer physiologischen Praxis, die als Mittel zu dem oben genannten Zweck angesehen werden kann. Man könnte zweifelsfrei noch viele Präzisierungen vornehmen, die spezifischere Merkmale der Physiologie betreffen. Die von mir entworfene sehr grundlegende Konzeptualisierung ermöglicht jedoch die Zurückweisung der Mechanistischen Konzeptualisierung in den von mir als mangelhaft befundenen Punkten. Diejenigen Elemente faktischer Physiologie, die die Mechanisten mithilfe ihres Begriffs der Konstitution rekonstruieren, rekonstruiere ich in meinem Ansatz mit dem Begriff des Modells. Genauer schlage ich vor, von wirklichen Gegenständen wie Lebewesen oder aus Lebewesen durch Präparation gewinnbaren Geweben einerseits und von Modellen von diesen Gegenständen andererseits zu sprechen, wobei die Entscheidung, welche Option wir im Einzelfall bevorzugen, uns überlassen ist. Da eine der Kausalität analoge Abhängigkeitsrelation zwischen Gegenständen nur Gegenstände betreffen sollte, die auch unabhängig von uns als verschiedene Gegenstände existieren, kommt die Annahme einer ‚realen‘ Konstitutionsrelation im Rahmen meiner Konzeptualisierung nicht in Betracht. Meine Konzeptualisierung wird mit *einem* Begriff physiologischer Experimentalpraxis auskommen, welche einzig der Bewährung von Kausalwissen dient. Ferner beinhaltet sie eine alternative Konzeptualisierung derjenigen Gegenstände, die die Mechanisten als KME begreifen (und ebenfalls derjenigen, die sie

als ÄME bezeichnen), wobei mein alternativer Begriff auf einer Verbindung der von mir in Kap. 4 rekonstruierten Erklärungs- und der in Kap. 5 rekonstruierten Modell-Begriffe beruhen wird. Ich werde diese Unterschiede zwischen meiner eigenen und der Mechanistischen Konzeptualisierung am Ende der Arbeit, in 5.3, gesammelt herausstellen.

Abschließend möchte ich hier noch die Frage aufwerfen, ob meine Kritik an der Mechanistischen Konzeptualisierung ‚nur‘ als eine externe Kritik zu werten ist, die allein durch die in Kap. 1 entworfene, sehr spezifische Form des Reflektierens auf wissenschaftliche Praxis formuliert werden kann. Erstens denke ich, dass eine Kritik – auch wenn sie extern, also unter Verwendung anderer Methoden begründet ist – ernst zu nehmen ist, sofern jene Methoden gut begründet sind (und ich halte die hier in Kap. 1 vorgestellten Methoden natürlich für gut begründet). Zweitens ist meine Kritik gar nicht nur extern. Ich verwies bereits auf die Überschneidungen meiner Reflexionsmethode mit dem methodologischen Naturalismus, der den methodischen Hintergrund der Mechanisten bildet. Darüber hinaus werde ich zu Beginn von Kap. 2 Cravers eigene methodologische Erörterungen vorstellen, in denen dieser Autor zu einem ganz ähnlichen Ergebnis kommt wie ich in diesem Kapitel, mit dem einzigen Unterschied, dass die von ihm erörterte Reflexionsmethode meiner Ansicht nach in einer entscheidenden Hinsicht unterbestimmt bleibt. Genau in diesem methodischen Defizit lässt sich, so argumentiere ich, die Wurzel der von mir kritisierten Elemente der Mechanistischen Konzeptualisierung ausmachen.

Kapitel 2: Die ‚Mechanistische‘ Konzeptualisierung der Physiologie

In Kap. 2 möchte ich die Mechanistische Konzeptualisierung physiologischer Praxis skizzieren, wie sie insbesondere von Craver in seinem Werk *Explaining the Brain* (2007) entwickelt wurde. In der Einleitung merkte ich bereits an, dass Craver seine Konzeptualisierung dem Wortlaut nach zwar auf die Neurophysiologie beschränkt, dass sie sich aber auf die gesamte Physiologie übertragen lässt und Craver sowie andere Mechanisten dies in ihren Beispielen auch explizit tun. Ich beginne in 2.1 mit einer Darstellung von Cravers eigenen methodologischen Reflexionen. Ihr Ergebnis – eine bestimmte Methode des Reflektierens auf wissenschaftliche Praxis – wird in guter Übereinstimmung zu meiner eigenen Methode (vgl. 1.2.2) stehen, allerdings eine entscheidende Unterbestimmtheit aufweisen. In 2.2 werde ich die im Rahmen meiner Arbeit interessanten Grundzüge der Mechanistischen Konzeptualisierung etwas genauer vorstellen. In 2.3 formuliere ich zwei Kritikpunkte an der Mechanistischen Konzeptualisierung, die ich bereits in der Einleitung benannt habe. Erstens, so werde ich in 2.3 argumentieren, ist die deskriptive Adäquatheit des Begriffs einer eigentümlichen physiologischen Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen fragwürdig. Meine zweite Kritik betrifft das grundlegende Merkmal des Begriffs (sowohl Ätiologischer als auch Konstitutiver) Mechanistischer Erklärungen: Die Konzeptualisierung der aus Lehrwerken allseits bekannten Darstellung von Mechanismen als *Beschreibungen*. Wie ich bereits in der Einleitung anmerkte, sehe ich in diesem Schritt der Konzeptualisierung den potenziellen Ursprung dafür, überhaupt den (meines Ermessens überflüssigen) Begriff der Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen einzuführen und das Bestehen einer Relation der Konstitution zu fordern, die durch eigentümliche Experimente zu identifizieren ist.

2.1 C. Cravers methodologische Reflexionen

Um argumentativ Methoden für ein Unternehmen zu bestimmen, muss man den Zweck dieses Unternehmens kennen, denn von diesem hängt ab, wie im Einzelnen verfahren werden sollte. In der Einleitung schlug ich zwei Zwecke (Motivationen) vor, die durch Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis erreichbar gemacht werden können – einen wissenschafts-immanenten und einen wissenschafts-transzendenten Zweck. Craver beginnt sein Hauptwerk mit einem ähnlichen Vorschlag. Reflexionen, die dem wissenschafts-immanenten Zweck dienen, nennt er Philosophie der Neurowissenschaften (‚philosophy of neuroscience‘), Reflexionen, die dem wissenschafts-transzendenten Zweck dienen, Neurophilosophie (‚neurophilosophy‘):

„There are neurophilosophers, and there are philosophers of neuroscience. Neurophilosophers use findings from neuroscience to address traditional philosophical puzzles about the mind [and thus, about a part of the world, JK]. Philosophers of neuroscience study neuroscience to address philosophical puzzles about the nature of science“ (Craver 2007, vii).

Craver sieht sein eigenes Werk primär als einen Beitrag zur Philosophie der Neurowissenschaften an – die Annahme einer eigentümlichen ‚realen‘ Konstitutionsrelation zwischen Ereignissen, die in seinen Ausführungen anklingt, fiel dagegen eher in den Bereich der Neurophilosophie. Der Autor stimmt der von mir vertretenen Ansicht zu, dass philosophische Folgerungen aus der Tatsache erfolgreicher wissenschaftlicher Praxis (oder ihren Ergebnissen) auf einer vorigen Analyse (Konzeptualisierung) dieser Praxis beruhen sollten:

„[A]s neurophilosophers [in the course of scientific progress, JK] learn more about neuroscience and seek to apply neuroscientific explanations to philosophical problems, they also need to learn to reflect critically on the standards for evaluating the explanations that they adopt. Here the philosopher of neuroscience can help“ (ebd., viii).

Meine Parallelisierung von Cravers Begriff der Philosophie der Neurowissenschaften und den von mir vorgestellten wissenschafts-immanent motivierten Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis ist nur gerechtfertigt, wenn es in der Philosophie der Neurowissenschaften ebenfalls darum geht, einen Begriff neurowissenschaftlicher (physiologischer) Praxis vorzulegen, der – normativ – gutes physiologisches Verfahren definiert (und von dessen einzelnen Elementen sich dann prinzipiell deskriptive Adäquatheit aussagen lässt). Dieser Aspekt findet sich in folgendem Zitat:

„One goal of this book is to convince neuroscientists and neurophilosophers that the philosophy of science can contribute meaningfully to how they think about the goals of their work and about the strategies for reaching those goals“ (Craver 2007, xi).

Die Passage besitzt normativen Gehalt, denn einen Beitrag dazu zu leisten, ‚how one thinks about something‘, meint offensichtlich einen Beitrag dazu zu leisten, ‚how one *should* think about something‘. Es geht in Cravers Projekt also um die Begründung normativer Sätze, die einerseits den durch die Neurowissenschaft (Physiologie) erreichbar zu machenden Zweck, andererseits die Mittel zur Erreichung dieses Zwecks betreffen. Ohne, dass er diesen Schritt expliziert, bestimmt Craver einen Zweck, zu dem neurophysiologische Praxis Mittel sein soll: Sie soll der Erzeugung von Manipulations- und Vorhersagewissen dienen, das therapeutisch

eingesetzt werden kann. Der Besitz von Wissen dieser Art sei ein Implikat des Besitzes sogenannter Mechanistischer Erklärungen:

„When one possesses explanations of this sort [mechanistic explanations, JK], one is in a position to make predictions about how the system [concerned in the explanation, JK] will behave under a variety of conditions. Furthermore when one possesses explanations of this sort, one knows how to intervene into the mechanism in order to produce regular changes in the phenomenon“ (ebd., 160).

„[I]n neuroscience, and other sciences as well, explanations are not developed for the explainer’s intellectual satisfaction[...]. Explanations in neuroscience are frequently developed with an eye to possibilities for manipulating the brain. The widespread goal of finding mechanistic explanations in neuroscience is a consequence of the fact that the discovery mechanisms (sic) provides scientists with new tools to diagnose diseases, to correct bodily malfunctions, to design pharmaceutic interventions, to revise psychiatric treatments, and to engineer strains of organisms“ (ebd., ix f.).

Das weitere normative Anliegen von Reflexionen auf Neurophysiologie zielt also auf die Rechtfertigung von Normen korrekten Mechanistischen Erklärens. Die folgenden Zitate spiegeln diese Ansichten wider:

„[W]hat is required of an adequate explanation in neuroscience? Debates frequently arise among neuroscientists and philosophers about whether a proposed explanation for a given phenomenon is, in fact, the correct explanation“ (ebd, xi).

„This book can be read as an instrumental guide to discovering and evaluating mechanistic explanations“ (ebd.).

Cravers Zweckvorstellung unterscheidet sich also von der meinigen (vgl. 1.3) nur in Bezug auf meine Effizienz-Forderungen, die ich allerdings als unstrittig erachte. Ferner stellte ich im Gegensatz zu Craver physiologisches Wissen nicht nur als Stütze für die Heilpraxis sondern ebenfalls als Stütze für die Kultivierungspraxis vor, ein Unterschied, der sich aus meinem expliziten Bezug auf die *gesamte* physiologische Praxis ergibt, und der für den Vergleich der Mechanistischen Konzeptualisierung mit meinem Alternativvorschlag keine Bedeutung haben wird. Die Zweckvorstellungen von Craver und mir stimmen also in den relevanten Hinsichten überein.

Cravers Ankündigung, einen ‚instrumental guide‘ für die ihm zufolge zentrale physiologische Tätigkeit – das Erstellen Mechanistischer Erklärungen – zu liefern, zeigt bereits das normative Anliegen des Autors an. Dieses wird von ihm sogar explizit als das Anstellen von Mittel-

Zweck-Reflexion und somit als das Begründen von Normen für das Erstellen von Mechanistischen Erklärungen ausbuchstabiert:

„One way to justify the norms that I discuss [norms of explanation in physiology, JK] is by assessing the extent to which those norms produce explanations that are potentially useful for intervention and control [and predictions, JK]“ (Craver 2007, x f.).

Die normative Komponente seines Projekts steht somit in gutem Einklang zu den Ergebnissen meiner eigenen methodologischen Überlegungen. Dass Craver den ersten Schritt – die Vorstellung eines Zwecks der untersuchten wissenschaftlichen Praxis – direkt vollzieht, ohne ihn zuvor in allgemeiner Form zu motivieren, tut dieser Übereinstimmung keinen Abbruch.

Cravers Projekt besitzt ebenfalls eine deskriptive Komponente, sein Projekt ist „both descriptive and normative“ (ebd., vii). Tatsächlich steht auch seine programmatische Bestimmung des deskriptiven Anteils in guter Übereinstimmung mit meinem eigenen Ergebnis aus 1.2.1 und 1.2.2. Er erteilt eine explizite Absage an deskriptive Reflexionen im Sinne von voraussetzungslosen Beschreibungen von Evidenzen aus dem Bereich der Wissenschaftspraxis zum Zweck der (eindeutigen) Entdeckung ihrer Normen:

„One cannot simply read off the norms of explanation in neuroscience from a description of what neuroscientists actually do when they form and evaluate explanations“ (ebd., viii).

Seine Begründung für diese Absage unterscheidet sich freilich von meiner in 1.2.1 gegebenen epistemologischen Begründung (die darauf hinauslief, dass die Normen wissenschaftlicher Erklärung aus dem lebensweltlichen Erklärungsbegriff – gegebenenfalls ergänzt um zweckbezogene Zusatzbestimmungen – gewonnen werden müssen). Craver lokalisiert das Problem in einem Sein-Sollen-Fehlschluss:

„Neuroscientists sometimes make mistakes. They sometimes disagree about whether a proposed explanation is adequate and even what it would take to show that it is adequate“ (ebd.).

Offensichtlich verortet Craver diese Gefahr auf einer tieferliegenden Ebene, als es zunächst den Anschein hat: Über das richtige und falsche Verfahren beim Erstellen von Erklärungen entscheiden nicht die faktisch von einer wissenschaftlichen Gemeinschaft geteilten Meinungen, sondern die (normative) Reflexion darauf, wie eine (gute) Erklärung gestaltet sein *müsse*. Dies wird deutlich an einem Kommentar des Autors zum sog. Fundamentalen Erklärungsan-

satz, der – entgegen dem von Craver selbst vertretenen ‚multilevel‘-Ansatz – (gute) physiologische Erklärungen stets auf nur *einer* Ebene (einem ‚level‘) wissenschaftlicher Untersuchung lokalisiert, wie etwa auf der Ebene der Zell- oder Molekularbiologie:

„[H]istorical trends indicate nothing about whether explanations *ought* to be multilevel. Even if all neuroscientists were to embrace the techniques and explanations of molecular biology or to formulate explanations exclusively in terms of patterns of action potentials [...] it could turn out in retrospect that they are wrong“ (ebd., 15, Hervorhebung im Original).

Auch Craver lehnt es also ab, dass die Bestimmung der Normen des (guten) Erklärens schlicht in einer Beschreibung dessen bestehen könne, was Wissenschaftler als (gute) Erklärung bezeichnen, selbst wenn sich alle Wissenschaftler einig sind. Die folgende Passage, die die deskriptive Komponente seines Projekts motiviert, scheint dem zunächst zu widersprechen:

„What role, then, can descriptions of explanations play in the search for norms of explanation? First, even if scientists often disagree about particular explanations, there are nonetheless clear-cut and uncontroversial examples of successful and failed explanations. Almost everyone (among scientists and philosophers) can agree that [...]“ (ebd., ix).

Es folgen einige Lehrbuchbeispiele für Mechanistische Erklärungen. In diesem Zitat wirft Craver die Frage auf, was für eine Rolle Beschreibungen (deskriptive Reflexionen auf wissenschaftliche Praxis) in der Philosophie der Neurowissenschaft spielen sollen. Anschließend wird ein Konsens über nicht kontroverse Fälle wissenschaftlicher Erklärung festgestellt. Nichts deutet bis zu diesem Punkt darauf hin, dass die Rolle der Beschreibung nun darin bestehen soll, aus den nicht kontroversen wissenschaftlichen Erklärungen die Normen guter Erklärung zu *extrahieren*. Dieser Eindruck bestätigt sich, da der Autor – nach der Aufzählung jener nicht kontroversen Erklärungsbeispiele – erklärt:

„Philosophical analyses of explanation should deliver the correct verdicts on these clear and uncontroversial examples unless there is compelling reason to suspect that the judgments of science are wrong“ (ebd.).

Es ist die philosophische *Analyse*, nicht die Beschreibung, die die Normen korrekten Erklärens liefert. Die philosophische Analyse ist aber das Gesamtprojekt, welches auch die bereits herausgestellte normative Komponente umfasst. Der Nebensatz (‚unless ...‘) erwägt nämlich explizit, dass sich auch die als nicht kontrovers geltenden Fälle als defizitär herausstellen können. Der Begriff der Erklärung wird Craver zufolge also nicht aus Beschreibungen un-

kontroverser Erklärungsbeispiele aus der Wissenschaft extrahiert. Vielmehr scheint die Rolle der beschreibenden Komponente seines Projekts darin zu liegen, den Bezug der vorzutragenden philosophischen Reflexionen zur faktischen wissenschaftlichen Praxis zu sichern (also deskriptive Adäquatheit zu gewährleisten):

„The descriptive goal helps to keep the philosophical discussion targeted on issues relevant to the neuroscientist’s building the explanations“ (ebd., viii).

Dabei kann sich – im Sinne des obigen Zitats von Craver – durchaus herausstellen, dass alle faktisch formulierten wissenschaftlichen Erklärungen Defizite aufweisen.

Cravers methodische Vorgaben für sein Reflexionsprojekt stimmen insgesamt also recht gut mit den von mir begründeten Methoden überein. Unbestimmt bleibt in seinen methodologischen Erörterungen allerdings, wie genau die Normen richtigen Erklärens zu ermitteln sind. Er stellt lediglich in Aussicht, dass sie sich von einer „systematic and widespread view about what explanations are“ (ebd., vii) ableiten ließen. Vielleicht zielt dieses Zitat auf bereits angestellte wissenschaftstheoretische Reflexionen auf die Praxis des Erklärens ab. Ohne Methoden, die ein korrektes Vorgehen solcher Reflexionen definieren, sind jene überlieferten Ansätze allerdings selbst kein möglicher Gegenstand kritischer Betrachtung. Oder das Zitat zielt auf unser lebensweltliches Erklärungsverständnis. In diesem Fall erwüchse Craver allerdings ein Problem aus der Tatsache, dass er keine Überlegungen dazu anstellt, wie ein solches lebensweltliches Erklärungsverständnis zu spezifizieren ist. Es bliebe ihm daher nichts anderes übrig, als es den faktischen Verwendungen von Ausdrücken wie *explain* und *explanation* zu entlehnen. Meiner Ansicht nach zeigt sich in dieser grundlegenden Unterbestimmtheit (die in meinem Ansatz durch die ‚Fundierung‘ wissenschaftlicher Praxen in lebensweltlichen Praxen gegeben ist, welche ihrerseits durch eine Evaluation einschlägiger Sprachspiele expliziert werden) genau die Schwachstelle des Mechanistischen Ansatzes.

2.2 Grundzüge der Mechanistischen Konzeptualisierung

In 2.2.1 werde ich den Begriff der Ätiologischen Mechanistischen Erklärung (ÄME) und den Begriff der Konstitutiven Mechanistischen Erklärung (KME) einführen, wobei der Begriff der KME noch etwas vage bleiben muss. In 2.2.2-2.2.4 werde ich zentrale Merkmale der beiden Erklärungsbegriffe genauer betrachten und damit ein umfänglicheres Bild der Mechanistischen Konzeptualisierung zeichnen. In 2.2.2 geht es um den in beiden Erklärungsbegriffen

auftauchenden Begriff des Mechanismus und den Begriff der Beschreibung von Mechanismen. In 2.2.3 gehe ich genauer auf den in beiden Erklärungsbegriffen enthaltenen Begriff der Kausalrelation ein, den die Mechanisten wesentlich dem Manipulationistischen Kausalitätsverständnis J. Woodwards entlehnen. Die Ausführungen zur Kausalität erweitern die Mechanistische Konzeptualisierung physiologischer Praxis, da sie mit der Konzeptualisierung einer Experimentalpraxis einhergehen, die zur Entdeckung von kausalen Zusammenhängen taugt. In 2.2.4 werde ich den Begriff der Konstitutionsrelation erläutern, der nur für die Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen relevant ist. Auch diese Ausführungen beinhalten eine Erweiterung der Mechanistischen Konzeptualisierung, eine Erweiterung um den Begriff einer weiteren Experimentalpraxis, die spezifisch zur Entdeckung von Konstitutionszusammenhängen dient. Wie bereits in der Einleitung angedeutet, wird sich kein vollends verständliches und konsistentes Bild des Mechanistischen Ansatzes zeichnen lassen.

2.2.1 Ätiologische und Konstitutive Mechanistische Erklärungen

Den Mechanisten zufolge erklären Physiologen ein Phänomen (*explanandum*) durch das Anführen einer allgemeinen Beschreibung des Mechanismus (des *explanans*), der das Phänomen – in einem noch zu spezifizierenden Sinn – hervorbringt:

„In many fields of science what is taken to be a satisfactory explanation requires providing a description of a mechanism“ (Machamer *et al.*, 2000, 1),

wobei „[mechanisms] are sought to explain how a phenomenon comes about“ (ebd., 2). Dies bedeute, „to explain how it [the phenomenon, JK] was produced“ (ebd., 3). In den folgenden Zitaten wird die Eigenschaft der *Allgemeinheit* solcher Beschreibungen deutlich:

„Scientists [...] are typically interested in types of mechanisms, not all the details needed to describe a specific instance of the mechanism“ (ebd., 15).

„Mechanism schemata are abstract [general, J.K.] descriptions of mechanisms that can be instantiated to yield descriptions of particular mechanisms“ (Craver und Darden 2001, 120).

Diese Charakterisierungen, die aus einflussreichen frühen Aufsätzen der Debatte stammen, nimmt Craver auch in sein Hauptwerk auf: „[E]xplanations in neuroscience describe mechanisms“ (Craver 2007, vii), wobei es sich bei diesen Beschreibungen um „neuroscientific gene-

ralizations“ (ebd., 63) handele. Wie Machamer *et al.* 2000 umschreibt er die Relation des Hervorbringens zwischen Mechanismus und Phänomen mit verschiedenen Ausdrücken: Mechanismen zeigen („exhibit“) (z.B. Craver 2007, 5) oder produzieren („produce“) (z.B. ebd., 33 f.) das Phänomen.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, finden sich derartige Formulierungen bereits bei anderen Autoren, wie etwa bei W. Wimsatt: „At least in biology, most scientists see their work as explaining types of phenomena by discovering mechanisms [...]“.⁷⁰ Als weiterer wichtiger Initiator wurde in der Einleitung W. Salmon angesprochen. Auf diesen geht insbesondere die von den Mechanisten übernommene Unterscheidung zwischen ÄME und KME zurück (Salmon 1984, 239ff.). Es ist Cravers Verdienst, diese Unterscheidung in zeitgenössischen Diskussionen zur Wissenschaftstheorie der Physiologie rehabilitiert und – zu einem gewissen Grade – spezifiziert zu haben. Während die Relation des Hervorbringens im Falle der ÄME eine Kausalrelation ist, handelt es sich im Falle der KME um eine – noch zu spezifizierende – Relation der Konstitution. Die folgenden Beispiele mögen einen intuitiven Eindruck des Unterschieds vermitteln. Cravers Standardbeispiel für ÄME ist die Erklärung der Neurotransmitterfreisetzung an einer chemischen Synapse. Er beschränkt seine Darstellung auf einen Teil der Erklärung, nämlich den Einstrom von Ca^{2+} in das präsynaptische Endköpfchen:

„[C]onsider the crucial role of Ca^{2+} in the mechanism of neurotransmitter release. This is an example of etiological explanation, in which an effect is explained by its causes. An action potential arrives at the cell's axon terminal, raising the membrane voltage sufficiently to open Ca^{2+} -specific ion channels. The resulting influx of Ca^{2+} initiates a cascade of intracellular reactions that terminates in the creation of a pore between a transmitter-containing vesicle and the membrane. The *explanandum* (the thing to be explained) is the release of one or more quanta of neurotransmitters into the synaptic cleft. The *explanans* (the thing that does the explaining) is the mechanism linking the influx of Ca^{2+} into the axon terminal. Ca^{2+} influx is only part of the explanation[...]“ (Craver 2007, 22).

Dieser intuitiven Einführung zufolge handelt es sich bei Mechanismen um Folgen von Ereignissen, zwischen denen bestimmte Kausalbeziehungen vorliegen. Weil das *explanandum*-Ereignis selbst ein Teil des Mechanismus ist (ein Teil, der durch die vorigen Ereignisse verursacht wird), ist die explanatorische Relation hier die Relation der Verursachung:

⁷⁰ W. Wimsatt: „Complexity and Organization“, in: K. F. Schaffner, R. S. Cohen (Hg.): *PSA 1972, Proceedings of the Philosophy of Science Association*, Dordrecht Reidel, 1972, S. 67–86, 67; zitiert nach Craver und Darden 2002, 2.

„Etiological explanations are, of course, thoroughly causal; they explain a given fact by showing how it came to be as a result of antecedent events[...]“ (Salmon 1984, 269).

Die Mechanisten teilen diese Sichtweise: ÄME „explain an event by describing its antecedent causes“ (Craver 2007, 107). Dabei handelt es sich jedoch nie um eine einzelne Ursache, wie Craver 2007, 21 durch Zitation der folgenden Passage von Salmon zu verstehen gibt:

„An etiological explanation is an exhibition of the causal connections between the explanandum and prior occurrences; [...] such an explanation fits the explanandum into an external pattern of causal relationships“ (Salmon 1984, 270).

Vermutlich gründet die Fokussierung der Mechanisten auf die Beschreibung ganzer Mechanismen (anstatt einzelner Ursachen) einerseits in der üblichen Komplexität von Geschehnissen in Lebewesen (um die es zumindest den meisten Mechanisten in erster Linie geht) und andererseits in der Tatsache, dass ÄME immer *allgemeine* Beschreibungen sind, die also alle *üblichen*, für das *explanandum*-Ereignis potenziell kausal relevanten Faktoren berücksichtigen müssen.

Der Begriff der KME ist wesentlich schwerer verständlich. Grund dafür ist die Unklarheit des Begriffs der Konstitution. Bevor ich Cravers Beispiele für KME anführe, möchte ich Salmons Andeutungen in Bezug auf diesen Begriff zitieren, da Craver explizit zu verstehen gibt, ihn von Salmon zu übernehmen (Craver 2007, 108). Salmon führt KME wie folgt ein:

„A constitutive explanation is thoroughly causal, but it does not explain particular facts or general regularities in terms of causal antecedents. The explanation shows, instead, that the fact to be explained is constituted by underlying causal mechanisms“ (Salmon 1984, 270).

Ein Verständnis des zentralen Ausdrucks in dieser Passage – des Relators ‚underlying‘ – hängt von der begrifflichen Bestimmung des *explanandum*-Phänomens ab, denn bei diesem handelt es sich um eines der zwei Relata. Tatsächlich weist eine Passage bei Salmon

, in welcher der Autor das zeitliche Verhältnis von Mechanismus und Phänomen bei ÄME und KME vergleicht, darauf hin, dass es sich auch bei einem KME-Phänomen um ein *Ereignis* handelt. Wenn ein Ereignis *E* als Ellipse in einem vierdimensionalen Raumzeitdiagramm dargestellt wird, lassen sich eine ÄME und eine KME von *E* nämlich folgendermaßen unterscheiden:

„If we want to show why *E* occurred, we fill in the causally relevant processes and interactions that occupy the past light cone of *E*; it exhibits *E* as embedded in its causal nexus. If we want to show why *E* manifests certain characteristics, we place inside the volume occupied by *E* the internal causal mechanisms that account for *E*'s nature. This is the constitutive aspect of our explanation; it lays bare the causal structure of *E*“ (ebd., 275).

Diesem Vergleich ist ferner die Bestimmung zu entnehmen, dass ein KME-Mechanismus simultan zum KME-Phänomen auftritt. Des Weiteren wird die Konstitutionsrelation dahingehend spezifiziert, dass der Mechanismus die interne kausale Struktur des *explanandum*-Ereignisses darstellt.

Leider ist das Phänomen in Salmons Standardbeispiel für eine KME aber kein Ereignis sondern die Tatsache des Vorliegens einer Korrelation zwischen Ereignissen, der Korrelation nämlich

„between the amount of time required for clothes hung out on a line to dry and the distance required to get an airplane off of the ground at a nearby airport“ (ebd., 268).

Die KME expliziere die „underlying causal mechanisms“ (ebd., 269) in molekularer Terminologie, indem sie den kausalen Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Verdampfung der Flüssigkeit aus der Wäsche und auf das Abheben des Flugzeugs beschreibt (ebd., 269).

Craver folgt Salmon darin, die Konstitutionsrelation mit dem Ausdruck ‚underlying‘ zu spezifizieren: Eine KME „explain[s] a phenomenon by describing its underlying mechanism“ (Craver 2007, 108). Darüber hinaus spiegeln seine Beispiele die Bestimmung der Gleichzeitigkeit von Mechanismus und Phänomen wider, sowie die bislang intuitiv verstandene Eigenschaft des Mechanismus, die ‚interne kausale Struktur‘ des Phänomens zu sein. Die meisten von Cravers Beispielen legen ferner eine Interpretation des Phänomens als eines Ereignisses nahe. Beim ersten Beispiel handelt es sich um die Erklärung des Aktionspotentials, wobei Craver sich wieder auf einen Aspekt beschränkt – die Veränderungen des elektrischen Potentials über der Axon-Membran:

„[They] are explained by the temporally coordinated opening and closing of transmembrane channels. Action potentials are generated in the axon hillock, a region at the interface of the cell body and the axon, the ‚sending‘ end of a neuron. The hillock is rich in Na^+ channels, and depolarizing the cell body opens these voltage sensitive Na^+ channels. The resulting increase in membrane conductance [...] allows Na^+ ions to diffuse from the Na^+ -rich extracellular fluid into the relatively Na^+ -poor intracellular fluid. This inward Na^+ current is balanced at low values by the effects of depolarization on outward K^+ and leakage currents[...]. Above a threshold depolarization, the high voltage sensitivity and rapid activation of the Na^+ channel overwhelms these balancing currents. The

flood of Na^+ drives the voltage of the cell towards the Na^+ equilibrium potential (E_{Na} ; roughly +55 mV), where the forces of diffusion and voltage balance. This flood accounts for the rapid rising phase of the action potential“ (ebd., 116).

Zu beachten ist, dass das Phänomen nicht nur im schnellen Anstieg des Potentials in der finalen Phase besteht, sondern in der gesamten Potentialänderung. In Anlehnung an Salmon ließe sich die Potentialänderung über der Membran als komplexes Ereignis deuten, das zeitgleich zu den beschriebenen molekularen Veränderungen stattfindet. In einem intuitiven Sinn liegen letztere der Potenzialänderung über der Membran zugrunde, indem sie ihre interne kausale Struktur ausmachen: Es sind kausal miteinander verbundene Ereignisse, die innerhalb der Zelle und ihrer Membran stattfinden.⁷¹

Einzelne Ereignisse des Mechanismus können selbst wieder durch KME erklärt werden, so dass „[a] kind of hierarchical structure“ (ebd., 170) verschiedener explanatorischer Ebenen (‘levels’) entsteht. Solche „multilevel explanations“ (ebd.) seien nicht die Ausnahme sondern der Regelfall in der Physiologie. Craver illustriert dies für das spannungsabhängige Öffnen des Na^+ -Kanals. Bei der Erkundung des diesem Ereignis zugrunde liegenden Mechanismus entdeckten die Wissenschaftler,

„that the Na^+ channel consists of four subunits, each of which is composed of six membrane-spanning regions [...]. One membrane-spanning region, known as the S4 region, is arranged such that every third amino acid residue is either arginine or lysine. This ordering produces a helical structure, known as an α -helix, with evenly spaced positive charges [...]. At V_{rest} , a positive extracellular potential holds the α -helix in place. Weakening that potential, which happens when the cell is depolarized, allows the helix to rotate out toward the extracellular side (carrying a ‚gating charge‘ as positively charged amino acids move outward). This rotation, which occurs in each of the Na^+ channel’s subunits, destabilizes the balance of forces holding the channel in its closed state and bends the pore-lining S6 region in such a way as to open a channel through the membrane. Another consequence of these conformation changes is that the pore through the channel is lined with hairpin turn structures, the charge distribution along which accounts for the channel’s selectivity to Na^+ “ (ebd., 119).

Das zweite Standardbeispiel des Autors demonstriert die Erklärungshierarchie noch detaillierter. Bei dem Phänomen handelt es sich um das Suchverhalten von Ratten in künstlichen Labyrinth, bei welchem das räumliche Erinnerungsvermögen der Tiere offenkundig eine große Rolle spielt (ebd., 165-167). Der dem Verhalten zugrundeliegende Mechanismus geschehe

⁷¹ Im Beispiel des Aktionspotenzials spielt sich tatsächlich ein Teil des Mechanismus außerhalb (bzw. auf) der Membran ab.

„[a]t a lower level—the level of *spatial map formation*“ where one finds „the computational properties of neural systems, including brain regions such as the hippocampus and other areas in the temporal and frontal cortex“ (ebd., 167).

Zum Beispiel feuern

„specific cells in the hippocampus (now known as ‚place cells‘) [...] preferentially when the rat enters a given location in the maze in a particular orientation“ (ebd.).

Dass die Ratte ein bestimmtes Verhalten zeigt, wird also durch Ereignisse im neuronalen Gewebe des Tiers erklärt, die sich als bestimmtes Aktivitätsmuster aufzeichnen lassen. Eine KME dieser spezifischen Elektrisierung des Gewebes wird nun auf dem „*cellular-electrophysiological level*“ (ebd.) geliefert. Das Aktivitätsmuster bilde sich aufgrund vieler Einzelereignisse auf zellulärer Ebene, welche als synaptische Plastizität bekannt sind, also als

„changes in the strength of synapses, that is, by changes in the efficiency with which a single action potential in the pre-synaptic cell depolarizes the post-synaptic cell“ (ebd., 65).

Craver charakterisiert diese Ereignisse synaptischer Plastizität genauer: „The most studied form of synaptic plasticity is known as Long-Term-Potential (LTP)“ (ebd.). Sie lässt sich mit folgenden Experimentalbefunden veranschaulichen: Wenn eine Population präsynaptischer Zellen häufigen Stimuli ausgesetzt wird, findet sich in der zugehörigen Population postsynaptischer Zellen erstens „an increase in the slope and amplitude of the excitatory post-synaptic potential“, zweitens „an increase in the amplitude of the ‚population spike‘ (indicating the synchronous generation of action potentials in the individual post-synaptic cells)“ und drittens „[a] reduced latency in the population spike (indicating that the post-synaptic action potentials occur faster)“ (ebd., 66).

Dass die Ratte sich auf bestimmte Weise verhält, wird also durch ein komplexes Aktivitätsmuster im neuronalen Gewebe erklärt; das Vorliegen eines solchen Aktivitätsmusters kann auf zellulärer Ebene durch synaptische Plastizität erklärt werden. Um ein einzelnes Plastizitätsergebnis zu erklären, muss das „*molecular level*“ (ebd., 169) in Augenschein genommen werden. Weil der molekulare Mechanismus, der LTP zugrunde liegt, sehr komplex ist, beschränke ich mich hier auf einen Aspekt, die Tatsache nämlich, „[that] it is induced only when the pre- and the post-synaptic cells are simultaneously active“ (ebd., 70):

„This defining mark of LTP is explained by a coincidence detector mechanism involving the NMDA receptor [...]. The NMDA receptor gates the diffusion of Ca^{2+} into the post-synaptic cell. When the pre-synaptic neuron is active, it releases the neurotransmitters, glutamate and glycine, which traverse the synapse and bind to receptors on the post-synaptic cell, including NMDA receptors. The NMDA receptors change their conformation to form a Ca^{2+} -selective channel through the membrane. If the post-synaptic cell is polarized (that is, resting), the channel is blocked by large Mg^{2+} ions. When the post-synaptic cell depolarizes as a result of activity at non-NMDA receptors (specifically, α -amino-3-hydroxyl-5-methyl-4-isoxasolepropionic acid, or AMPA receptors), the Mg^{2+} ions are repelled from the channels, removing the Mg^{2+} blockage. At this point, Ca^{2+} begins to flow through the channel. The influx of Ca^{2+} and the consequent rise of intracellular Ca^{2+} concentrations then activate a number of intracellular biochemical pathways leading to the changes that constitute a potentiated synapse. In the short term, these pathways add new receptors to the membrane, or alter their sensitivity to glutamate, or change their Ca^{2+} conductance. Such changes could account for the rapid induction of LTP. In the long term, the biochemical pathways lead to the production of proteins used to alter the structure of the synapse“ (ebd., 70 f.).

Aus dieser Einführung in das Mechanistische Erklären ist festzuhalten: Die Erzeugnisse der Physiologie (Neurophysiologie) sind Mechanistische Erklärungen von Phänomenen, bei denen es sich um allgemeine Beschreibungen von Mechanismen handelt. In ÄME ist das erklärende Phänomen selbst ein Ereignis und somit ein Teil des Mechanismus, der seine kausale Geschichte darstellt. In KME ist das Phänomen – so die Tendenz auch in Cravers Beispielen – ebenfalls ein Ereignis. Dieses steht aber nicht in einem kausalen Zusammenhang zum Mechanismus. Der Mechanismus ereignet sich vielmehr gleichzeitig zu dem Ereignis und liegt diesem zugrunde, stellt seine interne kausale Struktur dar. Die Relation zwischen Mechanismus und Phänomen ist hier die Relation der Konstitution, die in 2.2.4 näher betrachtet wird.

2.2.2 Mechanismen und die Beschreibung von Mechanismen

ÄME und KME bestehen beide in Beschreibungen von Mechanismen. Was darunter genau zu verstehen ist, möchte ich in diesem Unterabschnitt untersuchen. Ich beginne mit einer genaueren Betrachtung des Begriffs des Mechanismus. Craver entwirft diesen Begriff in direkter Orientierung am Mechanismus der Neurotransmitterfreisetzung. Mechanismen, so der Autor, seien „sets of entities and activities organized such that they exhibit the phenomenon“ (ebd., 5). Entitäten definiert er wie folgt:

„Entities are the components or parts in mechanisms. They have properties that allow them to engage in a variety of activities. They typically have locations, sizes, structures, and orientations. They are the kinds of things that have masses, carry charges, and transmit momentum“ (ebd., 5 f.).

Er gibt die folgenden Beispiele:

„N-type Ca^{2+} channels, Ca^{2+} ions, active zones, a host of intracellular molecules such as Rab3A, Rab3C, VAMP/synaptobrevin, SNAP-25, and syntaxin, vesicles containing neurotransmitters, fusion pores, and neural membranes[...]“ (ebd., 5).

Aktivitäten hingegen seien

„the causal components in mechanisms. I use the term ‚activity‘ here and throughout the book merely as a filler term for productive behaviors (such as opening), causal interactions (such as attracting), omissions (as occurs in cases of inhibition), preventions (such as blocking), and so on“.⁷²

Beispiele für Aktivitäten sind „opening, clamping, diffusing, docking, fusing, incorporating, phosphorylating, and priming“ (ebd., 5). Machamer 2004, 30 suggeriert, dass die Unterscheidung von Aktivitäten auf Abstraktion beruht. In gleichem Sinne heben W. Bechtel and A. Abrahamsen 2005, 424 hervor, dass die Instanziierung einer Aktivität stets eine Entität involviert (beispielsweise ist es immer *etwas*, was sich öffnet). Craver stimmt dieser Auffassung zu – die Komponenten eines Mechanismus seien „properly conceived neither as entities nor as activities; rather, they should be understood as acting entities“ (Craver 2007, 189).

Craver führt einen Symbolismus ein, um sich allgemein auf Mechanismen beziehen zu können. Entitäten repräsentiert er mit ‚ X_1 ‘, ..., ‚ X_n ‘, während ihre jeweiligen (und identisch indizierten) Aktivitäten durch ‚ φ_1 ‘, ..., ‚ φ_n ‘ symbolisiert werden. Eine sich spezifisch verhaltende Entität (‚acting entity‘) wird durch ‚ X_i ‘s φ_i -ing‘ bezeichnet (ebd., 7). Leider verwendet er den Symbolismus nicht einheitlich. Manchmal dienen die eingeführten Zeichen nämlich zur Bezugnahme auf Gegenstände (Entitäten, Aktivitäten, sich verhaltende Entitäten), manchmal wird ‚ φ_i ‘ oder ‚ X_i ‘s φ_i -ing‘ als Variable für das Verhalten der Entität X_i verwendet, der sich verschiedene (etwa numerische) Werte zuweisen lassen.⁷³ Ein leichte Modifikation des Symbolismus zum Zweck der Eindeutigkeit werde ich in 2.2.4 vornehmen, da ich in diesem Unterabschnitt mit dem Symbolismus arbeiten werde.

Neben dem Symbolismus führte Craver die nach ihm benannten Diagramme ein, die KME visualisieren (Abb. 2). In der oberen Ebene des Diagramms befindet sich das KME-Phänomen

⁷² Craver 2007, 6. Der Autor verwendet den Ausdruck ‚productivity‘ in einem Sinn, der bereits auf seinen Begriff der Kausalität hindeutet: „In saying that activities are *productive*, I mean that they are not mere correlations, that they are not mere temporal sequences, and, most fundamentally, that they can potentially be exploited for the purposes of manipulation and control [...]“ (ebd.).

⁷³ Vgl. etwa Craver 2007, 154. Die Verwendung von Variablen wird sich als ein Erfordernis des von Craver vertretenen Manipulationistischen Kausalitätsverständnisses erweisen (siehe 2.2.3).

(,N's ψ -ing'),⁷⁴ was im Augenblick noch nicht relevant ist, da ich meine Darstellung hier vorerst auf den Begriff des Mechanismus beschränke, dessen Gegenstand in der unteren Diagrammebene abgebildet ist. Die Mechanisten liefern keine gesonderten Diagramme für ÄME; ein solches Diagramm müsste sich aber in der unteren Ebene eines Craver-Diagramms erschöpfen, da bei ÄME das Phänomen selbst ein Teil des Mechanismus ist. Die bildliche Darstellung spielt in der Philosophie der Mechanisten eine besondere Rolle. Daher möchte ich den Begriff des Mechanismus nun anhand seiner Illustration in Abb.2 näher erläutern.

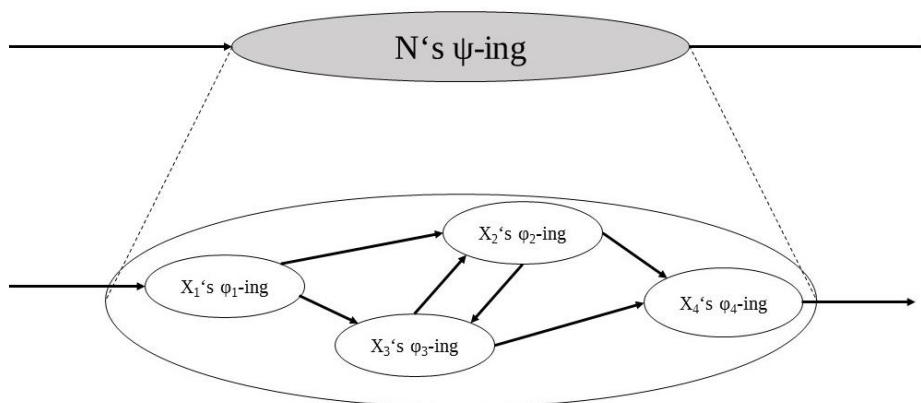


Abb. 2: Beispiel für ein Craver-Diagramm: Ein Phänomen N 's ψ -ing und der aus den Komponenten X_1 's ϕ_1 -ing, ..., X_4 's ϕ_4 -ing bestehende Mechanismus (nach Craver 2007, 7).

Die Abbildung zeigt die sich verhaltenden Entitäten als Komponenten, die in zwei Raumdimensionen (horizontale Ebene und Papierebene) angeordnet sind und über Pfeile miteinander in Verbindung stehen. In der Tradition des kausalen Modellierens, in die sich Craver und die meisten Mechanisten stellen, repräsentieren solche Pfeile Kausalrelationen (s.u.). Gleich, wie der Begriff der Kausalrelation gefasst wird, ist davon auszugehen, dass er durch verschiedenartige Formen kausaler Interaktion instanziiert werden kann, die durch Cravers Aktivitätsausdrücke zu bezeichnen sind: Eine kausale Interaktion zwischen einem Enzym und einem Protein könnte zum Beispiel in einer Phosphorylierung des letzteren durch das erstere bestehen. Man könnte die Darstellung des Mechanismus in Abb. 2 also dahingehend spezifizieren, dass man die Entitäten durch Kreise symbolisiert und die Aktivitätsausdrücke neben den Pfeilen notiert. Eine solche Spezifikation wird von Craver auch in der schriftlichen Erläuterung des Diagramms vorgenommen (ebd., 7).

⁷⁴ Original heißt es ,S's ψ -ing', ich verwende hier ,N' statt ,S', da ,S' bei mir bereits zur anonymen Bezeichnung von Situationstypen dient (siehe 1.1.2).

Was für eine Bedeutung haben die beiden Raumdimensionen, in die der Mechanismus gezeichnet ist? Um diese Frage zu beantworten, muss auf das bislang noch nicht erläuterte Merkmal des zu Beginn von 2.2.2 angeführten Mechanismus-Begriffs eingegangen werden, nämlich auf das der Organisation. Mechanismen sind keine bloßen Aggregate von sich verhaltenden Entitäten, vielmehr sind sie durch die „active, spatial, and temporal [organisation]“ der sich verhaltenden Entitäten (ebd., 136) mehr oder minder klar definierte Einheiten. Dabei exemplifiziert der Autor die temporale Organisation der Komponenten mit ihrer „order, rate and duration“ (ebd., 138), während

„[t]he spatial organization of a mechanism includes, for example, the sizes, shapes, structures, locations, orientations, directions, connections, and compartments of its components“ (ebd., 137).

Aktive Organisation, die dritte Organisationsform, kann aus mindestens zwei Gründen mit kausaler Organisation identifiziert werden: Erstens spricht Craver selbst bisweilen von kausaler anstatt von aktiver Organisation (ebd., 6). Zweitens wird ihre Identität durch die Beispiele nahegelegt, die Craver für aktive Organisation anführt: Muster der aktiven Organisation seien „patterns of allowance, generation, prevention, production, and stimulation“ (ebd., 136). Ferner gibt er zu verstehen, dass Komponenten, die keine aktive Organisation aufweisen, „do not relevantly interact with one another or work together“ (ebd.).

Weil kausale Organisation im graphischen Erklärungsschema (Abb. 2) in Form von Pfeilen angezeigt ist, ist es naheliegend, die beiden Raumdimensionen, in welche der Mechanismus gezeichnet ist, in einen Zusammenhang zu räumlicher und temporaler Organisation zu bringen. Insbesondere bietet es sich auf den ersten Blick an, die horizontale Dimension als Zeitdimension aufzufassen. Diese Interpretation ist allerdings unzulässig, weil Kausalpfeile in Craver-Diagrammen eine entgegengesetzte horizontale Orientierung haben dürfen (so auch in Abb. 2), während Ursache-Wirkungs-Beziehungen in biologischen Kontexten Craver zufolge stets temporale Sukzession implizieren (ebd., 25).

Ein Blick auf die historische Genese der Craver-Diagramme legt nahe, beide Raumdimensionen der Mechanismus-Abbildung in Abb. 2 als Repräsentationen tatsächlicher räumlicher Dimensionen (und somit als Repräsentation räumlicher Organisation) zu deuten. Craver-Diagramme tauchen nämlich erstmalig in Craver und Darden 2001, 114 auf, nachdem sich in dem Aufsatz von Craver, Machamer und Darden aus dem Jahr 2000 folgender Kommentar zu biologischen Lehrbuchdiagrammen findet:

„The diagram is a two-dimensional spatial representation of the entities, properties, and activities that constitutes these mechanisms. Mechanisms are often represented this way. Such diagrams exhibit spatial relations and structural features of the entities in the mechanism. Labeled arrows often represent the activities that produce changes“ (Machamer *et al.* 2000, 8).

Abb. 3 zeigt ein an Craver 2007, 71 angelehntes Beispiel für eine bildliche Darstellung eines Mechanismus, hier zu einem Ausschnitt des molekularen Mechanismus von LTP (siehe 2.2.1). Die Abbildung besitzt die übliche Form einer Lehrbuch-Graphik. Die horizontale und die vertikale Dimension solcher Bilder repräsentiert die tatsächliche räumliche Anordnung. Darüber hinaus werden auch hier Interaktionen oder Bewegungen durch Pfeile symbolisiert. In Craver-Diagrammen entspricht die Dimension in die Papierebene dann der vertikalen Dimension solcher Lehrbuch-Abbildungen.

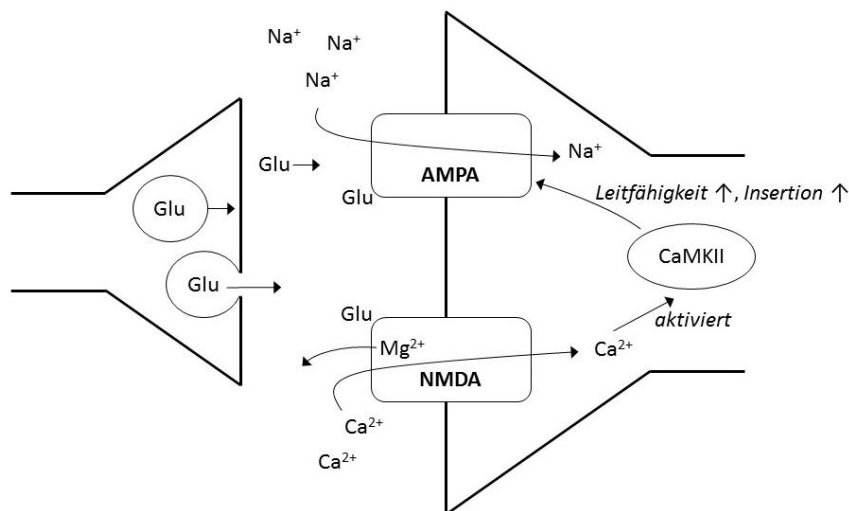


Abb. 3: Beispiel für eine übliche Lehrbuch-Abbildung, hier zu einem Ausschnitt des molekularen Mechanismus der Long-Term-Potentiation an einer chemischen Synapse: Aus dem präsynaptischen Terminus wird Glutamat (Glu) freigesetzt und bindet an AMPA- und NMDA-Rezeptoren in der postsynaptischen Membran. Dadurch erhöht sich die Leitfähigkeit der AMPA-Rezeptoren, sodass mehr Na⁺-Ionen in den postsynaptischen Terminus strömen. Dies verursacht eine Depolarisation über der postsynaptischen Membran, was zur Verdrängung der die NMDA-Rezeptoren blockierenden Mg²⁺-Ionen führt. Als Folge strömt Calcium ein, und die Ca²⁺/Calmodulin-abhängige Proteinkinase II (CaMKII) wird aktiviert. Diese verursacht unter anderem eine weitere Erhöhung der Leitfähigkeit der AMPA-Rezeptoren und die Insertion weiterer AMPA-Rezeptoren in die Membran, was die Sensibilität der Synapse steigert.

Ich habe nun Cravers allgemeinen Begriff des Mechanismus vorgestellt und die Darstellung von Mechanismen in Craver-Diagrammen erläutert. Im zweiten Teil dieses Abschnitts möchte ich mich mit dem Verständnis von Beschreibung beschäftigen, das die Mechanisten vorschlagen, wenn sie von Erklärungen als ‚descriptions of mechanisms‘ sprechen. Handelt es

sich bei Mechanistischen Erklärungen tatsächlich um Ergebnisse einer Beschreibungspraxis, oder sind diese Erklärungen lediglich in Aussagen verfasst, die i.w.S. deskriptiv sind (vgl. 1.1.3)? Es lassen sich einige Hinweise dafür finden, dass die Mechanisten unter Mechanistischen Erklärungen tatsächlich die Ergebnisse einer Beschreibungspraxis verstehen. Denn die Tätigkeit des Erstellens solcher Erklärungen wird nicht selten explizit als Tätigkeit des Beschreibens adressiert, wie etwa in den beiden folgenden Zitaten aus Bechtel 2011:

„Within biology (and the life sciences more generally), there is a long tradition of explaining a phenomenon by describing the mechanism responsible for it. A perusal of biology journals and textbooks yields many mentions of mechanisms [...]“ (Bechtel 2011, 533).

„Accordingly, when seeking to understand how proteins are synthesized, scientists describe sequential operations of the RNA polymerase initiating the transcription of DNA into mRNA, the transport of mRNA (as well as tRNA and rRNA) into the cytoplasm, [...]“ (ebd., 537).

Für Bechtel, so muss angemerkt werden, kann eine solche Beschreibung auch in Form eines Bilds gegeben werden:

„[A]lthough these parts, operations, and their organization can be described linguistically, it is often more productive to represent them in diagrams, with text serving as commentary to guide interpretation of the diagrams“ (ebd.).

Auffällig ist, dass hier von der Tätigkeit des Beschreibens gesprochen wird, wobei die Ergebnisse dieser Tätigkeit mit den bekannten Lehrbuch-Darstellungen von Mechanismen identifiziert werden. In der Einleitung äußerte ich bereits die Vermutung, dass die Mechanisten die von mir kritisierten Teile ihrer Konzeptualisierung auf einer zu wenig differenzierten Betrachtung physiologischer Lehrbuch-Darstellungen aufbauten. Da sie mangels einer handlungstheoretischen und sprachphilosophischen Fundierung ihrer Reflexionen nicht das methodische Instrumentarium besitzen, das die Unterscheidung von i.w.S. deskriptiven Aussagen und Beschreibungen (i.S.v. 1.1.3) gestattet sowie die begriffliche Bestimmung von Praxen oder Handlungsschemata, die Aussagen der ersten Art hervorbringen können, verstehen sie die Lehrbuch-Darstellungen von Mechanismen als Beschreibungen.

Wenn Mechanistisches Erklären aber tatsächlich eine Tätigkeit des Beschreibens sein soll, dann müssen Mechanismen ebenso wie Rosen, Autounfälle oder Nilüberschwemmungen gegeben sein bzw. stattfinden und währenddessen prinzipiell beobachtbar sein. Das Folgende Zitat von Bechtel und Abrahamsen weist in diese Richtung:

„[S]ince explanation is itself an epistemic activity, what figures in it are not the *mechanisms in the world*, but representations of them. These representations may be internal mental representations, but they may also take the form of representations external to the cognitive agent—diagrams, linguistic descriptions, [...]“ (Bechtel and Abrahamsen 2005, 425, Hervorhebung JK).

Auch bei Craver finden sich deutliche Hinweise für die Auffassung, dass Mechanistische Erklärungen wirkliche Beschreibungen sind. Der Autor unterscheidet – in Anlehnung an Salmon – unter dem Titel der ‚ontic view of explanation‘ zwischen zwei Verwendungsweisen der Ausdrücke ‚explain‘ und ‚explanation‘, die sich ihm zufolge auch in unserer Normalsprache finden: In ihrer objektiven („objective“) Bedeutung

„explanations are not texts; they are full-bodied things. They are facts, not representations. They are the kinds of things that are discovered and described“ (Craver 2007, 27).

Im Gegensatz dazu seien „[e]xplanatory texts“ – die Extension des Ausdrucks ‚Erklärung‘ in seiner zweiten Verwendungsweise – „the kinds of things that are spoken, written, and drawn“; sie seien „descriptions, models, or representations of any sort that are used to convey information from one person to another“ (ebd.). Obgleich Craver in diesem letzten Zitat neben dem neutralen Ausdruck ‚representation‘ den Ausdruck ‚model‘ als Substitut für ‚description‘ verwendet,⁷⁵ findet sich bei ihm keine Erläuterung der Bedeutung dieses Ausdrucks bzw. der Bedeutungsunterschiede von ‚description‘ und ‚model‘. Manchmal referiert Craver auf Mechanistische Erklärungen – Beschreibungen von Mechanismen – auch mit dem Ausdruck ‚theory‘ (etwa Craver 2007, 175 und 269), und er gibt explizit zu verstehen, dass in Theorien dieser Art etwas (nämlich ein Mechanismus) beschrieben wird (Craver 2007, 175).

Entscheidend ist an dieser Stelle, dass Cravers Unterscheidung von objektiven Erklärungen und erklärenden Texten die Erzeugung der letzteren zu einem bloßen Abbilden – einem Beschreiben – des Vorliegenden macht, gleich, wie diese Tätigkeit letztlich genau bezeichnet wird. Die mit der Rede von Beschreibungen einhergehende realistische Voraussetzung, der beschriebene Gegenstand liege als ein prinzipiell beobachtbarer Gegenstand vor, wird hier explizit ausgesprochen.

H. Andersen hat dieser von den Mechanisten behaupteten Objektivität von Mechanismen in seinem Übersichtsartikel zur Mechanistischen Philosophie besondere Bedeutung eingeräumt: Die Mechanisten präsupponierten (durch den Begriff der KME) ein Weltbild, demzufolge die Welt aus unzähligen, hierarchisch angeordneten Mechanismen besteht, in denen sich teilweise

⁷⁵ Dieser findet sich ebenfalls in Bechtel and Abrahamsen 2005, 425.

Muster wiederholen (welche folglich Gegenstand der allgemeinen wissenschaftlichen Beschreibungen sein können).⁷⁶

Der Wortlaut der Mechanistischen Literatur sowie der Abbildungscharakter, der dem Erstellen Mechanistischer Erklärungen durch die Auffassung verliehen wird, die Erklärungen lägen als ‚objektive‘, die Mechanismen als (prinzipiell) beobachtbare Gegenstände vor, suggeriert, dass den Mechanisten zufolge physiologisches Wissen tatsächlich Beschreibungswissen ist. Aus dieser Auffassung würden sich – in Übereinstimmung mit dem Beschreibungsbegriff aus 1.1.3 – unmittelbar Gelingenskriterien für Mechanistische Erklärungen ergeben: Sie müssen das Vorliegende (im Sinne von 1.1.3) ‚korrekt abbilden‘ und ferner Relevanzkriterien einhalten. Craver formuliert genau diese Gelingensbedingungen:

„Good [...] explanatory texts [...] are good in part because they correctly represent objective explanations. Complete explanatory texts are complete because they represent all and only the relevant portions of the causal structure of the world.[...] Explanatory texts can be accurate enough and complete enough, depending on the pragmatic context in which the explanation is requested and given“ (Craver 2007, 27).

Entgegen seiner Suggestion im ersten Satz dieses Zitats (‚in part‘) benennt der Autor zumindest keine weiteren Kriterien für ‚good explanatory texts‘. Auch Bechtel und Abrahamsen verstehen gelungenes Mechanistisches Erklären als korrektes Abbilden nach Relevanzkriterien: gute Erklärungen „*accurately describe relevant aspects of the mechanism operative in the world*“. (Bechtel and Abrahamsen 2005, 426, Hervorhebung JK).

Auch wenn diese Textstellen den Eindruck erzeugen mögen, der Weg zu den allseits bekannten physiologischen Lehrbuch-Darstellungen bestehe in der Ausübung einer relativ wenig komplexen Tätigkeit, in welcher schlicht etwas beobachtet und anschließend der als relevant eingeschätzte Teil dieser Beobachtungen aufgezeichnet bzw. in sprachlichen Prädikationen ausgedrückt wird, finden sich in den Mechanistischen Texten auch Stellen, die eine komplizierte Auffassung zumindest suggerieren. Ferner widerstreiten manche Elemente der Mechanistischen Konzeptualisierung dem in den vorigen Passagen gewonnenen Eindruck (vgl. hierzu auch meinen zweiten Kritikpunkt in 3.2.2). Wie ich bereits in der Einleitung andeutete, ist der Versuch, ein konsistentes und verständliches Bild der Mechanistischen Konzeptualisierung zu geben, zum Scheitern verurteilt und liegt daher auch nicht in meinem Interesse.

Bei Craver findet sich insbesondere eine Stelle, an der Mechanistisches Erklären explizit nicht als Beschreiben verstanden wird. Ausgerechnet in diesem Kontext verwendet der Autor den

⁷⁶ Siehe Anderson 2014, 277 und 280.

Ausdruck ‚model‘ sehr häufig (Craver 2007, 112-114), also einen Ausdruck, der üblicherweise etwas bezeichnet, was meines Ermessens ein zentrales Element physiologischer Praxis ist, und auf dessen Abwesenheit in der Mechanistischen Konzeptualisierung ich die Defizite derselben zurückführe (siehe Einleitung). Er betont hier einerseits, dass eine Charakterisierung eines Mechanismus, sofern sie einen hypothetischen Charakter besitzt, als „*[h]ow possibly model*“ zu bezeichnen ist und eine korrekte Charakterisierung als „*[h]ow actually model*“ (Craver 2007, 112). Andererseits seien unvollständige Charakterisierungen als „*mechanism sketches*“ von „*complete mechanistic models*“ (Craver 2007, 113) zu unterscheiden. In Kap. 5.2.2 werde ich die Tätigkeit, die zu den Ergebnissen führt, welche Craver hier als *complete models* (und andernorts als Beschreibungen von Mechanismen) bezeichnet, als eine eigentümliche Tätigkeit des Modellierens konzeptualisieren. Aus dem dort gegebenen Begriff dieser Tätigkeit geht hervor, dass sie nichts mit der Tätigkeit des Beschreibens zu tun hat und dass ihre Ergebnisse – Modelle – nicht als Beschreibungen angesehen werden sollten. Craver gibt an der soeben zitierten Stelle keine Bedeutungserklärung des Ausdrucks ‚model‘.

Als Konklusion von 2.2.2 möchte ich festhalten, dass den Mechanisten zufolge Mechanismen Folgen von Ereignissen sind, die in gewissen Raum- und Zeitrelationen zueinander stattfinden, und zwischen denen bestimmte Kausalbeziehungen vorliegen. In Craver-Diagrammen repräsentieren die horizontale Dimension und die Dimension in die Papierebene die Raumdimensionen der Ereignisse, deren Kausalrelationen durch Pfeile eingezeichnet sind. Offensichtlich sind diese Diagramme den üblichen Lehrbuch-Abbildungen entlehnt, die sich vor allem in Lehrmedien der Molekularbiologie finden. Die Mechanisten gehen davon aus, dass solche Diagramme oder ihre sprachlichen Fassungen, die sie in der Regel Beschreibungen nennen, Abbilder von wirklichen Gegenständen, nämlich den als objektive Erklärungen bezeichneten Mechanismen sind. Es gibt Hinweise dafür, dass die Mechanisten das Erstellen solcher Beschreibungen tatsächlich als Tätigkeit des Beschreibens auffassen. Einerseits verwenden sie in entsprechenden Kontexten regelmäßig den Handlungsprädikator ‚describe‘, andererseits verweist die von ihnen vertretene Auffassung vom Erklären als Abbilden des Gegebenen nach Relevanzkriterien auf den lebensweltlichen Beschreibungsbegriff aus 1.1.3. Manche Passagen in der Mechanistischen Literatur widersprechen jedoch dieser Auffassung. Von Bedeutung für den Kontext meiner Arbeit ist, dass die Autoren mit ihrer Rede von Beschreibungen und der damit zusammenhängenden realistischen Voraussetzung in Bezug auf Mechanismen über die zentralen Praxen der physiologischen Modellbildung hinweggehen, deren Berücksichtigung zu einer anderen, deskriptiv adäquateren Konzeptualisierung physio-

logischer Praxis führt, die andere Folgerungen zulässt als die Mechanistische Konzeptualisierung.

2.2.3 Kausalrelationen (der Manipulationistische Ansatz)

In 2.2.3 und 2.2.4 werde ich mich mit den Begriffen der zwei Relationen befassen, die in den Mechanistischen Erklärungen eine besondere Rolle spielen, dem der Kausalrelation (2.2.3) und dem der Konstitutionsrelation (2.2.4). Der Begriff der Kausalrelation ist nicht nur der Begriff der ‚explanatorischen Relation‘ in ÄME, er ist – als wesentlicher Teil des Mechanismus-Begriffs – auch ein Fundament der KME. Der Begriff der Kausalität, der in der Mechanistischen Philosophie in Anschlag gebracht wird, entstammt Reflexionen, die unter dem Titel der *Manipulationistischen* Theorie der Kausalität im Wesentlichen von J. Woodward vorgenommen wurden. Insbesondere Craver hat diese zu einem zentralen Fundament der Mechanistischen Debatte gemacht, nicht nur indem er den durch sie vorgesehenen Begriff der Kausalität übernahm, sondern auch, indem er ausgehend von diesem Begriff den Begriff der Konstitutionsrelation spezifizierte (siehe 2.2.4). Aus diesem Grund werde ich die Manipulationistische Theorie der Kausalität nun ausführlich darstellen.

Woodwards Analyse des Kausalitätsbegriffs geht von folgendem Vorbegriff aus:

„Causal knowledge is knowledge that is useful for a very specific kind of prediction problem: the problem an actor faces when she must predict what would happen if she or some other agent were to act in a certain way on the basis of observations of situations in which she or the other agent have not (yet) acted“ (Woodward 2003, 32).

Aus diesem Vorbegriff ergibt sich für die philosophische Analyse das Adäquatheitskriterium,

„that any acceptable account of causation should explain why causal knowledge is sometimes practically useful and what its practical utility consists in“ (ebd., 30).

In Woodwards Analyse werden Kausalurteile mithilfe von Variablen formuliert, wobei

„[v]alues of variables are always possessed by or instantiated in particular individuals or units, as when a particular table has a mass of 10 kg“ (ebd., 39).

Werte einer Variablen können also als Eigenschaften angesehen werden, die einem Gegenstand (im weiten Sinne) zukommen können (ebd.), wie etwa die Eigenschaft, eine Masse von 10 kg zu haben. Der Wertebereich wird je nach Kontext definiert: In einem bestimmten Kontext mag es allein interessant sein, ob ein Tisch eine Masse kleiner oder gleich 10 kg hat, in einem anderen Kontext könnte seine genaue Masse von Bedeutung sein. Variablen müssen keine wissenschaftlichen Messgrößen sein: Auch für das Einnehmen von Aspirin kann eine Variable definiert werden (mit den möglichen Werten *hat Aspirin eingenommen* und *hat kein Aspirin eingenommen*).

Den Ausgangspunkt des Manipulationistischen Kausalitätsverständnisses bilden generelle Kausalaussagen, in denen der dreiwertige Relator ‚verursachen‘ zwei Variablen sowie Randbedingungen zugeschrieben wird. Hierbei sind die (um den Bedingungsteil verkürzten) Ausdrücke „*X causes (or is a cause of) Y*“ und „*X is causally relevant to Y*“ synonym (ebd.). Ein generelles Kausalurteil lautet also: ‚In Bedingung W verursacht X Y‘ oder ‚In Bedingung W ist X kausal relevant für Y‘. Woodward erklärt die Bedeutung dieser Sätze wie folgt:

„[T]he causal claim that *X causes Y* means that for at least some individuals, there is a possible manipulation of some value of *X* that they possess, which, given other appropriate conditions [...], will change the value of *Y* or the probability distribution of *Y* for those individuals“ (ebd., 40).

Die Ausdrucksweise ‚Variable *X* verursacht/ist kausal relevant für Variable *Y*‘ lese ich im Folgenden als abkürzende Redeweise für: ‚Ereignisse, die durch eine Wertänderung der Variablen *X* repräsentiert werden, verursachen Ereignisse, die durch eine Wertänderung der Variablen *Y* repräsentiert werden‘.

Die Variable *X*, die sich auf die Einnahme von Aspirin bezieht, deren Werte sich also in einer Person manifestieren, könnte sich in bestimmten Randbedingungen als kausal relevant für die Variable *Y* erweisen, die sich (mit den Werten *hat Kopfschmerzen* und *hat keine Kopfschmerzen*) auf das Erleiden von Kopfschmerzen bezieht (ebd., 39). An diesem Beispiel wird deutlich, dass Kausalrelationen keine ausnahmslosen Instanziierungen von Manipulierbarkeit zwischen zwei Variablen bedeuten müssen. Es ist hinreichend, wenn solche Instanziierungen mit einer gewissen (quantifizierbaren) Wahrscheinlichkeit vorliegen.

Das Beispiel der Aspirin-Einnahme arbeitet mit dem einfachsten Fall von Variablen, die nur zwei Werte besitzen. In vielen realen Situationen sind mehr als zwei Variablenwerte interessant, sowie Wissen darüber, durch *welche* Veränderungen einer Variablen *X* *welche* Veränderungen einer Variablen *Y* hervorgebracht werden können (ebd., 66). In einem Brutexperiment mit Schildkröten könnte *X* die Bebrütungstemperatur repräsentieren und *Y* das Geschlecht der

Jungtiere. Man würde entdecken, dass durch das Setzen von X auf einen verhältnismäßig geringen oder auf einen verhältnismäßig hohen Wert Y auf den Wert ‚weibliche Jungtiere‘ gesetzt werden kann. Durch Setzen von X auf einen mittleren Wert, lässt sich Y auf ‚männliche Jungtiere‘ setzen. Auch für Y könnte die Definition eines dritten möglichen Werts interessant sein, wenn anatomische und physiologische Untersuchung ergeben, dass es nicht zwei, sondern drei (oder noch mehr) Schildkrötengeschlechter gibt.

Im Manipulationistischen Ansatz werden (potenzielle) Manipulationskontexte oft in sogenannten „directed graph[s]“ dargestellt, d.h. mithilfe eines

„ordered pair $\langle \mathbf{V}, \mathbf{E} \rangle$ where \mathbf{V} is a set of vertices that serve as the variables representing the relata of the causal relation and \mathbf{E} a set of directed edges connecting these vertices“ (ebd., 42).

Die ‚edges‘ repräsentieren die (vermuteten) Kausalbeziehungen und werden oft als Pfeile gezeichnet. Abb. 4 gibt drei Beispiele einfacher kausaler Graphen.

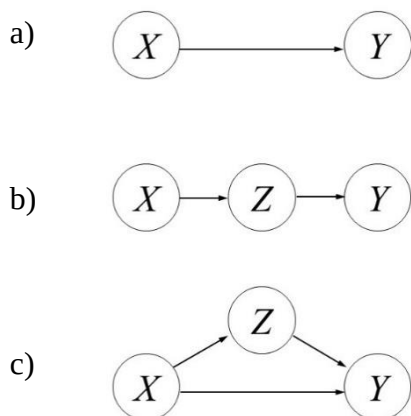


Abb. 4: Drei Beispiele für kausale Graphen

Die Interpretation der Variablen sowie die Definition ihrer Wertebereiche sind den Graphen nicht zu entnehmen. Der Graph in Abb. 4a könnte etwa die Beziehung zwischen dem Drücken des Abzugs einer Feuerwaffe (Variable X mit den Werten *Abzug wird gedrückt* und *Abzug wird nicht gedrückt*) und dem Zerplatzen einer Glasflasche (Variable Y mit den Werten *Flasche zerplatzt* und *Flasche zerplatzt nicht*) repräsentieren. Als Randbedingungen ließe sich anführen, dass die Waffe geladen, entsichert und ihr Lauf auf die Flasche gerichtet sein muss. Der Graph in Abb. 4b könnte auf denselben Situationstyp bezogen werden, wobei die Variable Z ein Ereignis im Mechanismus der Waffe repräsentiert oder das Austreten eines Geschosses

aus ihrem Lauf mit einer gewissen Beschleunigung. Das Drücken des Abzugs kann in letzterem Fall ‚genutzt‘ werden, um den Wert von Z zu manipulieren, ihn von *kein Geschoss tritt aus dem Lauf aus* auf *ein Geschoss tritt aus dem Lauf aus* zu setzen. Eine solche Veränderung von Z erweist sich in den genannten Randbedingungen als zweckmäßig, den Wert der Variablen Y zu verändern.⁷⁷ Die Variablen in den Graphen 4a und 4b bilden jeweils einen gerichteten Pfad (‚directed path‘):

„A sequence of variables $\{V_1...V_n\}$ is a *directed path* or *route* from V_1 to V_n if and only if for all $i(1 \leq i \leq n)$ there is a directed edge from V_i to V_{i+1} “ (ebd., 42).

Ich möchte die nun dargestellten Grundlagen des Manipulationistischen Ansatzes noch etwas spezifizieren. Zunächst möchte ich hervorheben, dass die Manipulierbarkeitszusammenhänge reproduzierbar sein müssen – diese Forderung ergibt sich bereits aus der Tatsache, dass die zu bewährenden kausalen Urteile generelle Urteile sind:

„[T]he account of claims of the form X causes Y that I propose is restricted to cases in which the relationship between X and Y is general or reproducible in the sense that Y exhibits some sort of systematic response when the same changes in the value of X are repeated, at least in the right circumstances“ (ebd., 41 f.).

Außerdem möchte ich auf die Bewährung dieser Urteile in Experimenten eingehen. Craver charakterisiert diese wie folgt:

„The experiments used to test causal claims are contrastive. Such experiments involve comparing the value of a variable under experimental conditions with the value of that variable under control conditions. Experiments are well-designed to the extent that the experimental group and the control group differ only with respect to the value of the putative causal variable. One concludes from such experiments that the difference (if any) in the effect variable between the two groups is due to the difference in the putative causal variable“ (Craver 2007, 203).

Es geht also um den Test kausaler Hypothesen durch den Vergleich einer Experimental- und einer Kontrollgruppe. Kausale Hypothesen können ebenfalls als Graphen dargestellt werden, die dann aber als hypothetische Graphen von bewährten Graphen unterschieden werden müssen. Woodward macht den Unterschied zwischen hypothetischen und bewährten Graphen oft nicht explizit. Das primäre Ziel der Ermittlung von Kausalwissen lässt sich auf der Grundlage dieser Unterscheidung als Bewährung gerichteter Pfade in einem hypothetischen Graphen

⁷⁷ Das Beispiel ist eine abgewandelte Variante eines Beispiels in Woodward 2003, 55f.

verstehen. Theoretisch ergeben sich hierbei jedoch Probleme, die Woodward zu einer Differenzierung verschiedener Ursachen-Begriffe veranlassten. Obgleich bei gelingender Manipulation einer Variablen Y durch die Änderung des Werts von X das Vorliegen eines direkten Pfads von X nach Y behauptet werden darf, ist es unzulässig, das Vorliegen eines solchen Pfads zu leugnen, wenn eine Änderung des X -Werts keine Änderung des Y -Werts zeitigt. Zwischen drei Variablen X , Y und Z könnte nämlich folgender Zusammenhang vorliegen (siehe Abb. 4c): Jede dieser Variablen sei der Werte 0 und 1 fähig. Wird X von 0 auf 1 gesetzt, werden dadurch ebenfalls Y und Z von 0 auf 1 gesetzt. Eine Änderung von Z von 0 auf 1 (gleichgültig durch welche Ursache) setze ferner Y auf 0. Dem Experimentator, der durch Manipulation von X prüfen will, ob X einen kausalen Einfluss auf Y hat, stellt sich dann ein gerichteter Pfad nur von X nach Z dar, nicht aber von X nach Y .

Um diesem Problem zu begegnen, trifft Woodward eine terminologische Unterscheidung zwischen totalen Ursachen („total causes“) auf der einen Seite, und direkten Ursachen („direct causes“) bzw. beitragenden Ursachen („contributing causes“) auf der anderen Seite. X ist eine totale Ursache von Y „if and only if there is a possible intervention on X that will change Y or the probability distribution of Y “ (Woodward 2003, 51). Im gerade angeführten ‚Problembeispiel‘ ist X also totale Ursache von Z , nicht aber von Y . Die Definition einer *direkten* Ursache lautet wie folgt:

„A necessary and sufficient condition for X to be a direct cause of Y with respect to some variable set \mathbf{V} is that there be a possible intervention on X that will change Y (or the probability distribution of Y) when all other variables in \mathbf{V} besides X and Y are held fixed at some value by interventions“ (ebd., 55).

X ist also eine direkte Ursache von Y , wenn es einen gerichteten Pfad von X nach Y gibt, der die Variablen ohne Vermittlung durch eine andere Variable verbindet. In Abb. 4c ist X also direkte Ursache von Y , da die Fixierung von Z die Manipulation von Y durch Intervention in X erlaubt. Ferner ist X direkte Ursache von Z und Z von Y .

Um den Begriff der beitragenden Ursache einzuführen, stelle man sich eine Erweiterung des Graphen in Abb. 4c um eine Variable U vor, von der ein Pfeil nach X zeigt. Unter Beibehaltung der Wertebereiche und Manipulationsverhältnisse für X , Y und Z könne U ebenfalls 0 und 1 als mögliche Werte besitzen, wobei mittels einer Änderung seines Werts von 0 auf 1 X von 0 auf 1 gesetzt wird. In dem so erweiterten Graphen ist U weder totale noch direkte Ursache von Y . Dennoch verursacht U X , welches wiederum eine direkte Ursache von Y darstellt. Der Begriff der beitragenden Ursache gestattet es, genau diesen vermittelten kausalen Einfluss von U auf Y auszudrücken:

„A necessary or sufficient condition for U to be a (*type-level*) contributing cause of Y with respect to variable set \mathbf{V} is that (i) there be a directed path from U to Y such that each link in this path is a direct causal relationship; that is, a set of variables $Z_1 \dots Z_n$ such that U is a direct cause of Z_1 , which in turn is a direct cause of Z_2 , which is a direct cause of ... Z_n , which is a direct cause of Y , and that (ii) there be some intervention on U that will change Y when all other variables in \mathbf{V} that are not on this path are fixed at some value. If there is only one path P from U to Y or if the only alternative path from U to Y besides P contains no intermediate variables (i.e., is direct), then U is a contributing cause of Y as long as there is some intervention on U that will change the value of Y , for some values of the other variables in \mathbf{V} “ (ebd., 59, Variablen angepasst).

Neben dieser Differenzierung von Ursachentypen wird in folgendem Zitat der Fokus auf eine weitere Eigenschaft aller kausaler Manipulationszusammenhänge gelegt:

„[I]f X is a (total or contributing [or direct, JK]) cause of Y , there will be some possible manipulations/interventions on X (i.e., changes in the value of X that in other respects meet the conditions for an intervention) that do not change X ‚sufficiently‘ to change Y “ (ebd., 66).

Um die Bebrütungstemperatur als (totale) Ursache für das Geschlecht der Jungtiere auszeichnen zu dürfen, muss sich nicht jede Temperaturänderung in einer Geschlechtsänderung niederschlagen; es muss allerdings mindestens eine Temperaturänderung geben, die *reproduzierbar* zur Geschlechtsänderung führt.

Die Unterscheidung von totalen und beitragenden (bzw. direkten) Ursachen dient Woodward dazu, idealisierte Experimentalbedingungen („idealized experimental conditions“ (ebd., 94)) zu charakterisieren, die ich im Anschluss an Craver auch als Normen für „*ideal* intervention[s] I on X with respect to Y “⁷⁸ bezeichne. Ich gebe sie hier in der Version wider, die sich in Woodward und Hitchcock 2003, 12f. findet, da Craver explizit diese zitiert (Craver 2007, 96). Cravers Version beinhaltet zwei Abweichungen, die ich jeweils besprechen werde. In der Angabe der idealen Interventionsbedingungen – der Normen zum Test einer Kausalrelation zwischen X und Y – wird der experimentelle Eingriff zur Veränderung des X -Werts selbst in Form einer Interventionsvariablen I repräsentiert. Woodward 2003, 98 zufolge ist der Ausdruck ‚cause‘ in der Formulierung der Bedingungen stets im Sinne der beitragenden bzw. direkten Ursache zu verstehen:

„1) I is causally relevant to X .

2) I is not causally relevant to Y through a route that excludes X . [...]

⁷⁸ Craver 2007, 96; Variablen angepasst.

3) *I* is not correlated with any variable *Z* that is causally relevant to *Y* through a route that excludes *X*, be the correlation due to *I*'s being causally relevant to *Z*, *Z*'s being causally relevant to *I*, *I* and *Z* sharing a common cause, or some other reason.

4) *I* acts as a switch for other variables that are causally relevant to *X*. That is, certain values of *I* are such that when *I* attains those values, *X* ceases to depend upon the values of other variables that are causally relevant to *X*“ (Woodward and Hitchcock 2003, 12f.).

Ich möchte diese Bedingungen nun anhand der Graphen in Abb. 5 erläutern. Die erste Bedingung fordert, dass es tatsächlich möglich ist, *X* durch eine Änderung der *I*-Werte zu manipulieren. *I* ist der Manipulationistischen Theorie zufolge also eine direkte oder beitragende Ursache von *X*. Letzteres ist der Fall, wenn ein gerichteter Pfad *P* zwischen *I* und *X* (siehe Abb. 5a) weitere Variablen beinhaltet. Die Tatsache, dass Bedingung (1) zufolge zur Erzeugung gesicherten Kausalwissens – denn dies sollen die Bedingungen gewährleisten – stets bereits Kausalwissen vorausgesetzt wird, werde ich in Kapitel 3 kritisch betrachten. Hier ist lediglich anzumerken, dass Craver eine ganz andere Bedingung (1) formuliert, nämlich: „*I* does not change *Y* directly“.⁷⁹ Cravers Version der ersten Bedingung ist aber in der angeführten Bedingung (2) impliziert, da ein gerichteter Pfad in einem kausalen Graphen der Definition Woodwards zufolge bereits zwischen zwei durch einen Pfeil verbundenen Variablen vorliegt, sodass Bedingung (2) auch den gerichteten Pfad *I*-*Y* ausschließt.

Allgemein soll Bedingung (2) ein fehlerhaftes positives Kausalurteil zwischen *X* und *Y* ausschließen: Gäbe es einen gerichteten Pfad zwischen *I* und *Y*, der *X* nicht einschließt, könnte eine Wertänderung von *I* zu einer Wertänderung von *Y* führen, ohne dass diese durch eine Wertänderung von *X* vermittelt ist. Die Gefahr eines fehlerhaften Urteils der Art ‚*X* verursacht *Y*‘ besteht in diesem Falle insbesondere dann, wenn die nämliche Veränderung von *I* auch eine Veränderung von *X* bewirkt, ohne aber, dass diese relevant für die Änderung von *Y* ist (in Abb. 5b, die diesen Fall illustriert, ist *I* für jeden gerichteten Pfad *P* Ursache sowohl von *X* als auch von *Y*).

Auch Bedingung (3) betrifft Veränderungen von *Y*, die durch eine Änderung von *I* erzielt werden, ohne über den gerichteten Pfad *I*-*X*-*Y* zu laufen. Sie verbietet eine Korrelation zwischen *I* und einer Variablen *Z*, die *Y* über einen Pfad verursacht, der *X* nicht einschließt. Diese Korrelation könne entweder darin bestehen, dass *I* *Z* verursacht. Dieser Fall wurde schon durch Bedingung (2) ausgeschlossen (*Z* ist dann Teil von *P* in Abb. 5b). Ferner kann sie – laut Bedingung (3) – darin bestehen, dass *Z* *I* verursacht (wie in Abb. 5c) oder dass *I* und *Z* gemeinsam von einer Variablen *U* verursacht werden (wie in Abb. 5d). Wenn Bedingung (3) im

⁷⁹ Craver 2007, 96; Variablen geändert.

Sinne einer der beiden letztgenannten Interpretationen von ‚Korrelation‘ verstanden wird, halte ich sie allerdings für überflüssig. Denn wird I als Interventionsvariable derart begriffen, dass sie einen bestimmten Experimentaleingriff repräsentiert, dann könnte im Szenario von Abb. 5c die dort mit ‚ Z ‘ bezeichnete Variable auf ‚ I ‘ getauft werden (und die zuvor durch ‚ I ‘ bezeichnete Variable einen neuen Namen erhalten). Ebenso wäre in Abb. 5d das Zeichen ‚ U ‘ gegen ‚ I ‘ auszutauschen (und ‚ I ‘ durch einen anderen Variablennamen). Beide Modifikationen führten dann zu Situationen, die bereits durch Bedingung (2) ausgeschlossen sind. Bedingung (3) wäre in dem Verständnis von Woodward und Hitchcock also als überflüssig zu bewerten.

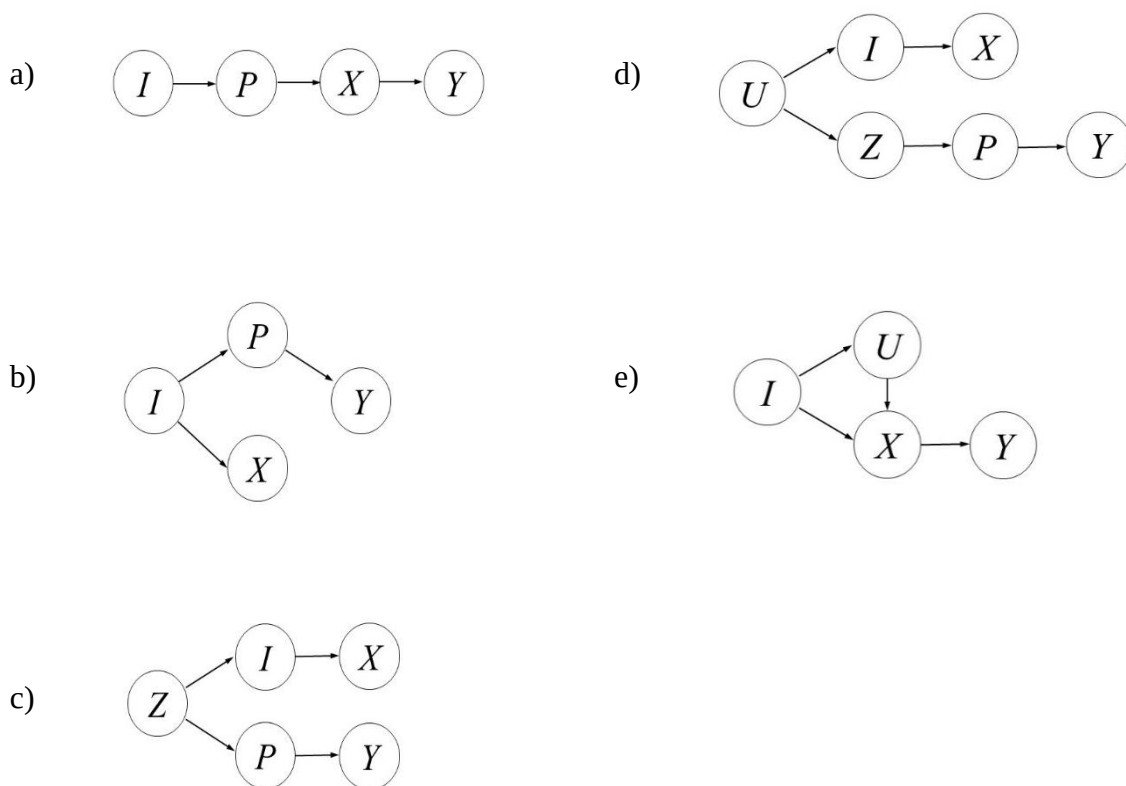


Abb. 5: Fünf kausale Graphen

Auch Bedingung (3) formuliert Craver anders: „ I is not correlated with some other variable Z that is a cause of Y “, ⁸⁰ wobei sein Beispiel für einen Verstoß gegen diese Bedingung offenbart, dass er einen ganz anderen Begriff von Korrelation im Sinn hat: Bedingung (3) werde etwa verletzt, wenn in einem Experiment zum Nachweis des kausalen Einflusses präsynaptischer Stimulation (X) auf die Stärke der Bindung der zugehörigen chemischen Synapsen (Y) ein

⁸⁰ Craver 2007, 96; Variablen geändert.

Medium verwendet würde, dessen Salzkonzentration bereits die Stärke der Synapsen beeinflusst (Craver 2007, 98). Die stoffliche Zusammensetzung des Mediums ist mit I nicht auf eine der von Woodward und Hitchcock spezifizierten Weisen korreliert, sondern schlicht im Sinne einer zweckmäßigen Randbedingung des Experimentalaufbaus. Interessanterweise wählt Woodward 2003 für die Bedingung (3) auch eine ganz andere Formulierung, die eine Deutung im Sinne Cravers einschließt: „ I is (statistically) independent of any variable Z that causes Y and that is on a directed path that does not go through X “ (Woodward 2003, 98). Ich werde im Ergebnis der Diskussion der Interventionsbedingungen Cravers Variante von Bedingung (3) berücksichtigen.

Bedingung (4) soll die Möglichkeit eines ähnlichen Fehlschlusses verhindern, der oben anhand der Abb. 4c erwogen wurde: X könnte neben I weitere direkte oder beitragende Ursachen haben, die in Abb. 5e durch U repräsentiert sind und die neben der Wertänderung von I einen weiteren Einfluss auf X darstellen. Theoretisch besteht die Möglichkeit, dass ein solcher Einfluss gerade diejenige Veränderung von X verhindert, die durch die Wertänderung von I erzielt wird. Durch die Intervention müssen solche Einflüsse also vereitelt werden: Der in Abb. 5e eingezeichnete Pfeil von I nach U soll eine solcherart gestaltete Manipulierbarkeit von U durch I anzeigen, dass U bei Manipulation von X durch I seinen potenziellen kausalen Einfluss auf X (angezeigt durch den Pfeil von U nach X) nicht entfaltet.

In Box 4 reformuliere ich die vier idealen Interventionsbedingungen I1-I4 gemäß meiner kritischen Besprechung. Hierbei übernehme ich die Bedingungen (I1), (I2) und (I4) von Woodward und Hitchcock 2003, die Bedingung (I3) hingegen von Craver.

Box 4: Reformulierung der Bedingungen I1-I4 für ideale Interventionen I zum Test einer Kausalrelation zwischen X und Y :

- I1) I ist kausal relevant für X .
- I2) I ist nicht kausal relevant für Y entlang eines gerichteten Pfads, der X ausschließt.
- I3) I ist mit keiner Variablen korreliert, die nicht auf dem gerichteten Pfad zwischen X und Y liegt und Y verursacht.
- I4) I verhindert den Einfluss weiterer kausal für X relevanter Variablen.

Der Manipulationistische Ansatz wurde hier als ein Ansatz präsentiert, demzufolge Kausalwissen in Experimenten bewährt wird. Es verwundert daher, dass Woodward zufolge eine Intervention nicht zwingend eine Experimentalhandlung sein muss, sondern auch irgendein anderes Ereignis sein kann (Woodward 2003, 94). Mit dieser Festsetzung soll offenkundig die

Möglichkeit von kausalen (und somit *potenziell* zu Manipulationszwecken nutzbaren) Beziehungen zwischen X und Y eingeräumt werden, selbst wenn die repräsentierten Ereignisse aus praktischen Gründen nicht wirklich manipulierbar sind (man denke an makroskopische Ereignisse). Es geht also nur darum, dass „[the] relationship between X and Y [...] can possibly be exploited to change Y by changing X , even if no human can or will ever be able to so exploit it“.⁸¹ Diese theoretische Entscheidung wirft natürlich die Frage auf, wie in der Bewährung genereller Kausalurteile über nicht manipulierbare Ereignisse die Wahrung der idealen Interventionsbedingungen sichergestellt werden kann. Denn diese fordern allein deshalb schon die Möglichkeit des gezielten (und daher offensichtlich experimentellen) Fixierens von Variablenwerten, weil die Verwendung von ‚Ursache‘ und ‚kausal‘ in diesen Bedingungen stets im Sinne der direkten oder beitragenden Ursache zu verstehen ist (s.o.).

Die in 2.2.3 gegebenen Ausführungen zum Manipulationistischen Kausalitätsverständnis lassen sich wie folgt zusammenfassen: Grundgedanke des Woodward’schen Manipulationismus ist das Verständnis von Kausalrelationen als Manipulierbarkeitszusammenhängen zwischen Variablen. Das Urteil ‚in Bedingungen W verursacht die Variable X die Variable Y ‘ ist immer vor dem Hintergrund definierter Werte der Variablen zu verstehen, wobei einzelne Variablenwerte Eigenschaften repräsentieren, die sich in Gegenständen manifestieren. Das Urteil ist als abkürzende Redeweise zu qualifizieren, denn es hat eigentlich den folgenden Gehalt: ‚In Bedingungen W verursachen Ereignisse, die durch diese und jene Wertänderung von X repräsentiert werden, Ereignisse, die durch diese und jene Wertänderung von Y repräsentiert werden‘. Um ein solches Urteil zu bewähren, muss sich die einschlägige Wertänderung von Y durch die einschlägige Wertänderung von X im Experiment als reproduzierbar erweisen, wobei der experimentelle Eingriff den idealen Interventionsbedingungen aus Box 4 genügen muss. Ich wies auf zwei problematische Aspekte des Ansatzes hin: Einerseits ist aufgrund von Bedingung I1 in Box 4 jedes Bewähren von Kausalwissen bereits vom Besitz anderen Kausalwissens abhängig. Da allerdings auch dieses irgendwie bewährt worden sein muss, drängt sich die Frage auf, wie man diesem Ansatz zufolge überhaupt einmal damit anfangen kann, Kausalwissen zu bewähren. Zweitens stellt der Ansatz – offenkundig, um Kausalrelationen auch zwischen praktisch nicht manipulierbaren Ereignissen zuzulassen – an Interventionen nicht die Forderung, Experimentalhandlungen sein zu müssen. Dies verträgt sich nicht gut mit seinen Geltungsbedingungen für Kausalurteile, die offensichtlich auf experimentelles Handeln Bezug nehmen. In Kap. 3 werde ich noch einmal auf beide Kritikpunkte zu sprechen kommen und einen alternativen Ansatz vorstellen, der diesen Problemen nicht ausgesetzt ist.

⁸¹ Craver 2007, 96, Variablen angepasst, Hervorhebung JK.

2.2.4 Konstitutionsrelationen

Um den Begriff der Konstitutionsrelation zu explizieren, möchte ich mich zunächst noch einmal dem Begriff des KME-Phänomens zuwenden. In Anlehnung an Salmon ließ sich bisher vermuten, dass es sich bei KME-Phänomenen entweder um Ereignisse oder um Regularitäten zwischen Ereignissen handelt, wobei Cravers Beispiele eher zu der ersten Lesart passten. Dies wird in Cravers Erläuterung des Begriffs des KME-Phänomens auch bestätigt. Leider verbleibt die Erläuterung aber in einer anderen Hinsicht unklar: Craver symbolisiert KME-Phänomene durch den Ausdruck ‚N’s ψ -ing‘. Dieser erscheint in Craver-Diagrammen – bei denen es sich um KME-Diagramme handelt – oberhalb der ihnen dort wörtlich zugrunde liegenden Mechanismen (siehe Abb. 2 in 2.2.2). Vor dem Hintergrund von Cravers Repräsentation sich verhaltender Entitäten als ‚X_i’s ϕ_i -ing‘ liegt es nahe, N’s ψ -ing ebenfalls als eine sich verhaltende Entität zu deuten. In seinen Beispielen könnte N dann etwa als eine Ratte interpretiert werden, die ein bestimmtes Suchverhalten (ψ) zeigt, oder als ein Proteinkanal (N), der sich öffnet (ψ). Cravers explizite Erklärung des Ausdrucks ‚N’s ψ -ing‘ steht dieser Intuition allerdings entgegen: Er bedeute „[t]he behaviour of the mechanism as a whole“, wobei ‚ ψ ‘ „the behavior explained by the mechanism“ (Craver 2007, 6 f.) repräsentiere, und ‚N‘ auf den „mechanism as a whole“ referiere (ebd., 7). Diese Erklärung ist unklar, weil es nicht unmittelbar einleuchtend ist, was darunter verstanden werden soll, dass sich ein Mechanismus (und nicht eine Entität) *verhält*.

M. Kaiser und R. Krickel (2017) haben sich mit dieser Formulierung befasst. Die Autorinnen gehen von S. Glennans Unterscheidung von externem und internem Verhalten aus (ebd., 765). Sie erläutern den Unterschied zunächst anhand von Beispielen für das Verhalten von *Entitäten*:

„[T]he external behaviour of a muscle fibre is contracting, and external behaviours of an organism may include reproducing or hunting“, während „the internal behaviours of the muscle fibre when it contracts consist in various molecules moving and binding to each other“ (ebd.).

In der Beantwortung der Frage, ob *Mechanismen* Verhalten zuzuschreiben sei, stellen die Autorinnen zunächst fest, dass die Zuschreibung *internen* Verhaltens auf jeden Fall möglich ist:

„[T]he internal behaviours of mechanisms are the occurrences/ activities of the objects that are the components of mechanisms“ (ebd., 766f.).

Das *gesamte* interne Verhalten eines Mechanismus ist also der Mechanismus selbst. Die Zuschreibung *externen* Verhaltens an Mechanismen wird von ihnen aber abgelehnt:

„The reason is that behaviours in this external sense can only be ascribed to objects (this is a conceptual truth). But according to the mechanistic approach, mechanisms are not objects“.⁸²

Mit dem Verhalten eines Mechanismus kann man also sinnvoll nur den Mechanismus selbst meinen. Folglich sollte ‚N’s ψ -ing‘ nicht als Verhalten des *Mechanismus* verstanden werden – denn dann würde in einer KME ein Mechanismus (das Ablaufen eines Mechanismus) durch einen Verweis auf diesen Mechanismus selbst erklärt. Im Folgenden verstehe ich also – in Übereinstimmung mit Cravers Beispielen – ‚N‘ als eine Entität und ‚ ψ ‘ als deren Verhalten. Eine andere Unklarheit im Verständnis von KME-Phänomenen wird durch Cravers Erläuterung des Ausdrucks ‚N’s ψ -ing‘ jedoch beseitigt: Offensichtlich versteht er KME-Phänomene tatsächlich als Ereignisse, denn ein Verhalten ist auf jeden Fall ein Ereignis.

Ich möchte daher an dieser Stelle einen einheitlichen Symbolismus für X_i , φ_i , N und ψ einführen, der es gestattet, zwischen Interventionsvariablen und anonymen Konstanten zu unterscheiden. X_1 , X_2 , ... sollen anonyme Konstanten für Komponenten-Entitäten von Mechanismen sein. Wenn es nur um *eine* Komponenten-Entität geht, verwende ich auch ein nicht indiziertes X. N sei anonyme Konstante für die Entität, in der der Mechanismus abläuft. Als Interventionsvariablen für Verhalten einer Komponente X_i oder für Verhalten von N dienen $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$. Für die Erläuterung der Grundidee der Konstitutionsbeziehung ist es hinreichend, anzunehmen, dass jede Komponente X_i beim Ablaufen des Mechanismus ein bestimmtes Verhalten zeigt, was ich durch $\Phi(X_i)=\varphi_i$ symbolisiere. Da es in den Experimenten zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen darum geht, genau dieses Verhalten einer Entität X_i herbeizuführen oder zu unterbinden, liege im Wertebereich jeder Variablen $\Phi(X_i)$ noch ein zweiter Wert, φ_i^* , der für irgendein anderes Verhalten von X_i steht. Die gleiche Unterscheidung gelte für $\Psi(N)$, wobei $\Psi(N)=\psi$ das Verhalten von N sei, das durch den Mechanismus konstituiert ist, während der Wert ψ^* irgendein anderes Verhalten von N repräsentiere. Alle Variablenwerte können auch ein ‚Ruhe-Verhalten‘ der jeweiligen Entität bedeuten. Schließlich möchte ich anmerken, dass ich die Namen für die Variablenwerte auch objektsprachlich gebrauche, also vom Verhalten ψ von N bzw. vom Verhalten φ_i von X_i spreche (bzw. – in Anleh-

⁸² Kaiser und Krickel 2017, 765. Vgl. auch ebd., 770: „It is the muscle fibre (not the mechanism of muscle contraction) that contracts; it is the neuron (not the action potential mechanism) that fires; it is the cell that divides (not the cell division mechanism); and it is the mouse (not the spatial memory mechanism) that navigates through the Morris water maze“.

nung an Craver – von den aktiven Entitäten N 's ψ -ing und X_i 's φ_i -ing). Aus Einfachheitsgründen werde ich (wie auch Craver selbst) gelegentlich abkürzend von der Intervention in Variablen bzw. von Manipulierbarkeitsbeziehungen zwischen Variablen reden.

Nun möchte ich Cravers Begriff der Konstitutionsrelation vorstellen; man kann sich leicht davon überzeugen, dass dieser Begriff experimentelle Normen für die Ermittlung des Vorliegens von Konstitutionsbeziehungen impliziert. Ein durch N gezeigtes Verhalten ψ wird durch einen Mechanismus konstituiert, der aus Entitäten X_1, \dots, X_n besteht, die je ein bestimmtes Verhalten $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ zeigen. Hierbei gehört eine Entität X_i , die das Verhalten φ_i zeigt, genau dann zum Mechanismus, wenn sie konstitutiv relevant für das Verhalten ψ von N ist (Craver 2007, 140). Eine Entität X_i , die ein Verhalten φ_i zeigt, ist genau dann konstitutiv relevant für das Verhalten ψ , welches N zeigt, wenn folgende Bedingungen KR1 und KR2 erfüllt sind:

KR1) Das Verhalten φ_i von X_i ist ein raumzeitlicher Teil von dem Verhalten ψ von N ;

KR2) In den für die Erklärung einschlägigen Bedingungen W ist es möglich, $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ simultan wechselseitig zu manipulieren, d.h.

KR2a) es gibt eine Intervention I in N , die zu einer (einschlägigen⁸³) Wertänderung von $\Psi(N)$ und gleichzeitig zu einer (einschlägigen) Wertänderung von $\Phi(X_i)$ führt.

KR2b) es gibt eine ideale Intervention I in X_i , die zu einer (einschlägigen) Wertänderung von $\Phi(X_i)$ und gleichzeitig zu einer (einschlägigen) Wertänderung von $\Psi(N)$ führt.⁸⁴

Craver nutzt offensichtlich den Manipulationistischen Ansatz Woodwards, um neben den Beziehungen kausaler Relevanz noch eine andere Form von Abhängigkeitsbeziehung, nämlich konstitutive Relevanz zu definieren. Tatsächlich gibt er für die Bedingung KR2b (nicht aber

⁸³ Die Restriktionen auf einschlägige Wertänderungen nimmt Craver in der Formulierung der Bedingungen nicht explizit vor; diese sind aber unbedingt erforderlich und werden von dem Autor auch in seinen Beispielen zugrunde gelegt. Was unter einer einschlägigen Veränderung zu verstehen ist, erläutere ich in der Kommentierung der Bedingungen.

⁸⁴ Vgl. Craver 2007, 140 und 153. In Craver 2007, 153 formuliert der Autor KR1 und KR2 nicht als notwendige und hinreichende, sondern bloß als hinreichende Bedingungen für konstitutive Relevanz. Baumgartner und Casini 2017, 218 haben aber darauf hingewiesen, dass sie als notwendige und hinreichende Bedingungen verstanden werden müssen, und Cravers eigene Besprechungen dieser Bedingungen spiegelt dieses Verständnis ebenfalls wider (vgl. Craver 2007, 153). Ferner wird von ihm niemals die Möglichkeit eingeräumt, es könnte Beziehungen konstitutiver Relevanz geben, für die KR1 oder KR2 *nicht* gelten. Eine ähnliche formale Anmerkung möchte ich zur mereologischen Bedingung KR1 geben: In Craver 2007, 153 ist nicht explizit von raumzeitlicher Teilhabe, sondern nur von Teil-Sein die Rede. Cravers weitere Besprechung der Konstitutionsrelation (s.u.) sowie seine Beispiele lassen das Verständnis von KR1 als Forderung nach raumzeitlicher Teilhabe aber als absolut unstrittig gelten. Auch Leuridan 2012, 400 und 410, sowie Baumgartner und Casini 2017, 219 weisen auf die Angemessenheit dieses Verständnisses hin.

für die Bedingung KR2a) vier ideale Interventionsbedingungen an, die den idealen Interventionsbedingungen zur Detektion von Kausalrelationen entsprechen (vgl. Box 4 in 2.2.3).⁸⁵ Diese Bedingungen sehen folglich (wenn man eine analoge Fassung für KR2a ergänzt) das Intervenieren in $\Psi(N)$ bzw. $\Phi(X_i)$ zum Zweck der simultanen Manipulation der jeweils anderen Variablen vor, ohne aber, dass in diese andere Variable *direkt* interveniert wird. Ich werde gleich noch eine alternative Konzeptualisierung der Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen vorstellen, die die Möglichkeit idealer Interventionen in konstitutive Relata bestreitet und aufbauend auf dieser Kritik einen alternativen Begriff der Experimentalpraxis vorschlägt.

Ich möchte ferner hervorheben, dass Craver die Ausdrücke ‚konstitutiv relevant‘ und ‚konstituiert‘ nicht synonym gebraucht – dieses Ausdruckspaar unterscheidet sich diesbezüglich also von dem Paar ‚kausal relevant‘ und ‚verursacht‘: Der Ausdruck ‚konstituiert‘ bezieht sich stets auf den Mechanismus als Ganzes, der Ausdruck ‚konstitutiv relevant‘ auf dessen einzelne Komponenten.

Der Autor räumt des Weiteren ein, dass es Veränderungen im Mechanismus geben kann, ohne dass sich N's ψ -ing ändert. Da das Entgegengesetzte ihm zufolge nicht gilt, lässt sich die Konstitutionsbeziehung zwischen dem Mechanismus und N's ψ -ing *formal* als eine Supervenienz-Beziehung ansehen:

„Supervenience, in this case, amounts roughly to the claim that there can be no difference in N's ψ -ing without a difference in the mechanism for N's ψ -ing. Supervenience so stated is a relation between a phenomenon and the corporate behavior of the organized components“ (Craver 2007, 153, Variablen angepasst).

Der Relator ‚superveniert‘ ist in diesem Sinne eine rein formale Bestimmung über Veränderungsverhältnisse zwischen seinen Relata. Warum solche Veränderungsverhältnisse bestehen, ist eine andere Frage.

In seiner Präsentation der Bedingungen relativiert Craver die Wertänderungen in KR2 nicht auf *einschlägige* Wertänderungen. Seine Beispiele für Experimente, in denen es um die Entdeckung von Konstitutionsbeziehungen geht, zeigen aber, dass er diese Voraussetzung macht. KR2a werde in „[t]op-down experiments“ (Craver 2007, 146) realisiert. In diesen wird in N interveniert, beispielsweise durch Provokation eines bestimmten Verhaltens eines Lebewesens; gleichzeitig werden physiologische Ereignisse in dem Lebewesen detektiert. Strukturell identisch verhält es sich mit der Messung von Ionenströmungen über der Axon-Membran ei-

⁸⁵ Vgl. Craver 2007, 154.

nes Neurons, nachdem dieses zum Feuern gebracht wurde (ebd., 151). Bei dieser Anwendung von KR2a zum Zweck der experimentellen Prüfung, ob das Verhalten φ_i von X_i konstitutiv relevant für das Verhalten ψ von N ist, geht es offensichtlich nicht um die Möglichkeit *irgendwelcher* Wertveränderungen von $\Psi(N)$ und $\Phi(X_i)$, sondern nur um ‚einschlägige‘ Veränderungen im folgenden Sinn: Lässt sich $\Phi(X_i)$ von φ_i^* auf φ_i setzen (oder von φ_i auf φ_i^*), indem man durch Intervention $\Psi(N)$ von ψ^* auf ψ setzt (oder von ψ auf ψ^*)?

KR2b werde in „[b]ottom up experiments“ (ebd., 146) realisiert. Hier wird in einen Teil X_i von N interveniert, und zwar in Form der Hemmung oder Stimulation eines bestimmten Verhaltens dieses Teils („interference experiments“ (ebd., 147) bzw. „stimulation experiments“ (ebd., 149)). In Interferenzexperimenten wird etwa Nervengewebe entfernt oder ein Proteinkanal chemisch inhibiert (ebd., 147). Die anschaulichsten Beispiele für Stimulationsexperimente liefern elektrische *in-vivo*-Stimulationen von Nerven oder Nervengewebe (ebd., 149 f.). Auch hier geht es offensichtlich nur um einschlägige Veränderungen im eben genannten Sinn. Wie unterscheiden sich die Relationen der Konstitution und der Kausalität (bzw. die Relationen von konstitutiver und kausaler Relevanz) voneinander? Ihre Nicht-Identität ist für die Mechanisten zentral, da man sonst neben ÄME keine KME unterscheiden müsste. Die drei „significant differences between etiological and constitutive relevance“ (ebd.) seien die Beziehungen der räumlichen Teilhabe, der zeitlichen Teilhabe (Gleichzeitigkeit) und der wechselseitigen Manipulierbarkeit zwischen den Relata konstitutiver Relevanz.⁸⁶ Während raumzeitliche Teilhabe nie zwischen den Relata von Kausalrelationen bestehe, seien „many, if not most, causal relationships [...] unidirectional“ (ebd.) in Bezug auf die Manipulierbarkeit.

B. Leuridan hat allerdings angemerkt, dass simultane Kausalität dem von Craver akzeptierten Manipulationistischen Ansatz zufolge keinen Widerspruch darstelle (Leuridan 2012, 419f.) und dass es ferner unstrittige Fälle wechselseitiger Verursachung zwischen Ereignissen gebe, die durch räumliche Teilhabe verbunden sind (beispielsweise nämlich im Falle des Verhaltens eines *Endosymbionten* und seines Wirts (ebd., 411f.)). Daher sei Cravers begriffliche Fassung von Konstitution unterbestimmt. Leuridans Kritik konnte aber effektiv abgewehrt werden. Denn Leuridan erörterte die Fälle wechselseitiger Kausalität auf der Ebene *genereller* Kausalurteile, nicht *singulärer*: Ein Ereignis des Typs S_1 mag in Bedingungen vom Typ S_{Bed} ein Ereignis des Typs S_2 verursachen, und ein Ereignis des Typs S_2 in Bedingungen vom Typ S_{Bed} ein Ereignis des Typs S_1 . Wenn man aber meint, *jedes* Einzelereignis des Typs S_1 könne *nur*

⁸⁶ Dieses Argument rechtfertigt auch meine explizite Forderung nach simultaner Manipulierbarkeit in der Formulierung von KR2. In Cravers Ursprungsversion taucht dieses entscheidende, auf Salmon zurückgehende Merkmal nicht auf.

durch ein Einzelereignis des Typs S_2 verursacht werden und umgekehrt, gerät man in eine zirkuläre Struktur, wie F. Romero in Anlehnung an J. Kim dargelegt hat:

„[I]f interlevel relations between ϕ and ψ are causal, then N could not ψ at t , unless X could ϕ at t ; and it is puzzling to say that X was *also* caused to ϕ at the same time t by N's being able to ψ . The reason for puzzlement comes from the intuitive principle that an entity cannot be caused to have a causal power at t and also exercise that causal power at t “ (Romero 2015, 3740, Variablen angepasst).

Die begrifflichen Unterschiede zwischen Konstitution und Kausalität bleiben also, so scheint es, aktuell. Und mit der Diskussion um die Identität von Konstitution und Kausalität (bzw. konstitutiver Relevanz und kausaler Relevanz) wird ein weiteres Mal deutlich, dass Konstitution (bzw. konstitutive Relevanz) von den Mechanisten als eine der Kausalität analoge reale Abhängigkeitsrelation zwischen Ereignissen verstanden wird. Dieser Eindruck entsteht des Weiteren dadurch, dass die durch Konstitution verbundenen Ereignisse im skizzierten Begriff der Experimentalpraxis als verschiedene Ereignisse aufgefasst werden, insofern nämlich, dass über ihre Abhängigkeit im Sinne der Manipulierbarkeit erst die Erfahrung (das Experiment) zu belehren habe. Bevor ich nun zur Darstellung eines alternativen Konstitutionsbegriffs übergehe, der sich insbesondere vom Merkmal der wechselseitigen Manipulierbarkeit abgrenzt, möchte ich Cravers Rechtfertigung dieses Begriffsmerkmals skizzieren. Dies wird auch zur weiteren Klärung des Konstitutionsbegriffs selbst beitragen.

Warum sind stets sowohl Bottom-Up- als auch Top-Down-Experimente nötig, um eine Komponente eines Mechanismus zu identifizieren? In der Beantwortung dieser Frage wird der Autor seinem Anspruch philosophischer Normenrechtfertigung (siehe 2.1) am explizitesten gerecht. Bottom-Up- sowie Top-Down-Experimente sind Craver zufolge erforderlich, da die Ausführung von Experimenten bloß eines dieser Typen zu Fehlschlüssen führen könne. Die alleinige Ausführung von Top-Down-Experimenten schliesse die Möglichkeit nicht aus, gewisse aktive Entitäten in N fälschlicherweise als Komponenten des ψ konstituierenden Mechanismus zu identifizieren (ebd., 159), obgleich sie dem Verhalten ψ von N bloß korreliert sind. Beispielsweise könne ein Forscher bei der Detektion neuronaler Ereignisse während des Suchverhaltens (ψ) einer Ratte (N) nie entscheiden, ob die tonische Aktivität einer gewissen Hirnregion konstitutiv relevant für dieses Suchverhalten oder aber ein bloßes Korrelat dazu sei (und etwa Teil des Mechanismus, der das Atmen konstituiert). Diese Entscheidung könne er nur auf der Grundlage von zusätzlichen Bottom-Up-Experimenten treffen, denn

„[m]ere correlates of task performance cannot be manipulated to change task performance, but task performance can be manipulated by manipulating tonic activities [if they are components of its mechanism, JK]. This is why I argue that constitutive relevance should be understood as *mutual* manipulability“ (ebd.).

Doch auch Bottom-Up-Experimente sind, für sich genommen, unzureichend. Top-Down-Experimente fungierten hier als

„tool for dealing with problems of compensatory responses and for sorting components from background conditions“ (ebd.).

Ersteres sei notwendig, da die durch Interventionen in Bottom-Up-Experimenten erzielten Effekte an (vermutlichen) Komponenten stets kompensiert werden könnten, denn

„just as a neural mechanism can sometimes recover from interference, it can also sometimes recover from stimulation. Stimulating X_i to ϕ_i thus might not lead to N 's ψ -ing even though X_i 's ϕ_i -ing is relevant to N 's ψ -ing. For example, homeostatic mechanisms might work to ‚siphon off‘ the stimulation or to adjust activities elsewhere in the mechanism to compensate for its effects. One example of such compensatory responses is drug tolerance“ (ebd., 156, Variablen angepasst).

Die Kompensation der in Bottom-Up-Experimenten induzierten Änderungen schließt also die Möglichkeit in sich, faktisch konstitutiv relevante Komponenten fälschlicherweise als konstitutiv irrelevant zu bewerten. Durch Top-Down-Experimente könnten sie aber sichtbar gemacht werden:

„One compares, for example, brain scans taken during a task (ψ) to brain scans during rest (ψ^*) in order to see which areas of the brain change across these two conditions“.⁸⁷

Darüber hinaus erlauben Top-Down-Experimente die Unterscheidung zwischen Komponenten des Mechanismus und sogenannten Hintergrundbedingungen (‚background conditions‘). Diese sind raumzeitliche Teile des Verhaltens ψ von N , die kein Teil des ψ konstituierenden Mechanismus sind, obgleich es möglich ist, durch ihre Manipulation eine Änderung von ψ vorzunehmen (ebd., 153). Der Autor gibt folgendes Beispiel:

“Lesioning the heart can prevent word-stem completion, but the heart is not part of the word-stem completion mechanism” (ebd., 157).

⁸⁷ Craver 2007, 159; Variablen angepasst.

Letzteres ist durch Top-Down-Experimente zu entdecken:

„Although one can interfere with N’s ψ -ing by interfering with background condition B’s ϕ -ing [which is some active entity in N, JK], at least in many cases, one cannot alter B’s ϕ -ing by manipulating N’s ψ -ing. For example, lesioning the heart might produce deficits in word-stem completion, but engaging a subject in word-stem completion will not change the behavior of the heart (except under torturous word-stem completion tasks outside of the context of the request for explanation)“ (ebd., 158, Variablen angepasst).

Gemeinsam sollen diese Ausführungen rechtfertigen, dass neben KR1 sowohl KR2a als auch KR2b als Bedingungen für konstitutive Relevanz zu veranschlagen sind.

Nun komme ich zur Darstellung einer Kritik an Cravers Konzeptualisierung der Relation der Konstitution (bzw. der einschlägigen Teile wissenschaftlicher Experimentalpraxis). Sie wurde von Romero 2015, insbesondere aber von Baumgartner und Gebharter 2016 und von Baumgartner und Casini 2017 vorgetragen und – im Rahmen der beiden letztgenannten Publikationen – zu einer Neukonzeptualisierung ausgearbeitet, dem sogenannten *No-De-Coupling*-Ansatz (NDC-Ansatz) konstitutiver Relevanz (Baumgartner und Casini 2017). Der NDC-Ansatz verbleibt aber im Paradigma der Mechanisten: Er geht von dem Bestehen einer eigentümlichen Konstitutionsbeziehung zwischen dem Mechanismus und dem Phänomen N’s ψ -ing aus, deren Vorliegen durch eine eigentümliche Experimentalprozedur zu ermitteln ist. Genau genommen sei neben der Annahme der Existenz von Kausalität die Annahme der „existence of an additional dependency relation, namely, constitution“ die „best explanation“ für die (gleich darzulegenden) Voraussetzungen, die in den auf zwei verschiedenen Interventions-ebenen ansetzenden physiologischen Experimenten getätigt würden (ebd., 216). In eine ähnliche Richtung deutende wissenschafts-transzendente Überlegungen finden sich in Baumgartner und Gebharter 2016, 733. Mein im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagener Gegenentwurf richtet sich damit sowohl gegen Cravers Konzeptualisierung als auch gegen die NDC-Konzeptualisierung – ich verstehe daher beide als Varianten Mechanistischer Konzeptualisierung.

Der Vorwurf jener Kritiker an Cravers Ansatz lautet, dass dieser mit seiner Bedingung KR2 suggeriere, dass ‚chirurgisch‘ („surgically“ (ebd., 743)) auf der Ebene von N’s ψ -ing sowie auf der Ebene des Mechanismus interveniert werden könne, *ohne gleichzeitig* auch auf der jeweils anderen Ebene zu intervenieren. Simultan zum ‚chirurgischen‘ Eingriff auf einer der Ebenen geschehe dann – Cravers Konzeptualisierung zufolge – etwas auf der jeweils anderen Ebene, was die Anwesenheit irgendeiner der Kausalität analogen Abhängigkeitsrelation suggeriere. Die Möglichkeit solcher chirurgischen Interventionen sei aber gar nicht gegeben. Dies

wird mit dem von Woodward stammenden Begriff der ‚fat-handed-ness‘ erläutert. In einem Experiment zur Ermittlung der kausalen Relevanz von X für Y ist eine Intervention fat-handed, wenn sie nicht nur X und Variablen auf dem Pfad zwischen X und Y verändert, „but also other variables that are not on this route and that affect Y “.⁸⁸ Gegeben die in Box 4 (siehe 2.2.3) formulierten Bedingungen für ideale Interventionen, ist unmittelbar ersichtlich, dass ‚fat-handed‘ Interventionen gegen I2 verstoßen, und zwar im Sinne des kürzest möglichen gerichteten Pfads zwischen I und Y – demjenigen, der keine weitere Variable mehr enthält. Soll das Bestehen einer Kausalrelation zwischen X und Y geprüft werden, ist I also eine fat-handed Intervention in X , wenn sie ebenfalls eine direkte Intervention in Y darstellt. Dabei lässt der Begriff der fat-handed Intervention eine wichtige Differenzierung zu. Einerseits kann es sich bei ihr um ein rein *technisches* Problem handeln:

„Some straightforward examples of fat-handed interventions are those, in which the intervention does not have a localized effect on one single variable (i.e., it changes several simultaneously) because the intervening instrument [the ‚fat hand‘, JK] is not precise enough“ (Romero 2015, 3745).

Probleme technischer fat-handedness sind prinzipiell durch die Wahl oder Entwicklung eines feineren Instruments behebbar:

„In these cases, it is possible to imagine interventions that could have a more localized effect on a target variable, avoiding the unwanted side effects“ (ebd.).

Cravers Definition konstitutiver Relevanz sei aber einer Form der fat-handedness ausgesetzt, die man als analytische oder notwendige fat-handedness bezeichnen könnte: In den für die Diskussion einschlägigen Fällen der wechselseitigen Manipulierbarkeit zwischen Teilen und Ganzem sei fat-handedness auch unter Verwendung der feinsten Instrumente unvermeidbar. Die Argumentation läuft folgendermaßen: Die Autoren des NDC-Ansatzes setzen voraus, dass zwischen der Ebene von N 's ψ -ing und der Ebene potenzieller Komponenten irgendeine Relation der Konstitution bzw. konstitutiven Relevanz als einer „noncausal form of dependence“ (Baumgartner und Casini 2017, 215) besteht. Gleich, wie diese Relation nun genau zu charakterisieren bzw. wie ihr Vorliegen im Einzelfall herauszufinden sei,

⁸⁸ J. Woodward: „Invariance, modularity, and all that“, in: S. Hartman, C. Hofer, & L. Bovens (Hg.): *Nancy Cartwright's philosophy of science*, Taylor & Francis, 2008, 198-237. Zitiert nach Romero 2015, 3745.

„[i]t is generally agreed that the macro-behaviours of a mechanism [of an acting entity N's ψ -ing, JK] supervene on their constitutively relevant micro-behaviours“ (Baumgartner und Gebharter 2016, 735).

Deshalb folgt bereits aus logischen Gründen, dass eine Intervention in N's ψ -ing (in die Variable $\Psi(N)$) auch eine Intervention in den Mechanismus, also in mindestens eine Komponente (in mindestens eine Variable $\Phi(X_i)$) ist (ebd., 741f.). Wenn eine Intervention I aber stets sowohl zur Veränderung einer Variablen $\Psi(N)$ als auch einer Variablen $\Phi(X_i)$ führt, gebe es folgende drei Möglichkeiten der Interpretation: Entweder I verursacht $\Phi(X_i)$ und $\Phi(X_i)$ verursacht $\Psi(N)$, oder I verursacht $\Psi(N)$ und $\Psi(N)$ verursacht $\Phi(X_i)$, oder I verursacht $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ in Form einer gemeinsamen Ursache „along two different paths“.⁸⁹ Weil die Autoren durch Referenz auf den Zirkularitätseinwand (den ich oben im Vergleich von Kausalität und Konstitution vorstellte) die Möglichkeit der Kausalität zwischen den Variablen $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ ausschließen,⁹⁰ und ferner darauf verweisen, dass fat-handed Interventionen nicht ideal sind (indem sie gegen I2 aus Box 4 (vgl. 2.2.3) verstoßen),⁹¹ erschließen sie die Option gemeinsamer Verursachung als angemessene Interpretation.⁹² Die durch die eigentümliche Relation konstitutiver Relevanz bestehende Abhängigkeit zwischen gewissen Ereignissen auf beiden Ebenen tut sich also gerade dadurch kund, dass man *niemals* ‚chirurgisch‘ nur in die Ereignisse der einen Ebene intervenieren kann. Baumgartner und Casini weisen zwar darauf hin, dass es aufgrund der Supervenienzrelation zwischen Phänomen und Mechanismus durchaus Veränderungen im Mechanismus geben könne, die nicht gleichzeitig Veränderungen des Phänomens seien (wodurch die begriffliche Möglichkeit chirurgischer Intervention gegeben ist). Diese seien aber (auch für Cravers Konzeptualisierung) uninteressant, da es bei der Betrachtung konstitutiver Relevanz ja nur um die simultanen Änderungen auf beiden Ebenen (und die begriffliche Explikation des Verhältnisses dieser Änderungen zueinander) gehe (Baumgartner und Casini 2017, 225f.).

Baumgartner und Casini schlagen auf der Grundlage dieser Argumentation folgenden alternativen Begriff der Konstitution vor: Eine Menge von Teilen von N, X_1, X_2, \dots, X_n , von denen jeder ein charakteristisches Verhalten φ_i zeigt, bildet den Mechanismus, der das Verhalten ψ von N konstituiert, wenn jedes Ereignis X_i 's φ_i -ing raumzeitlicher Teil von N's ψ -ing ist,

⁸⁹ Baumgartner und Gebharter 2016, 742; ähnlich in Romero 2015, 3745. Die Unterscheidung dieser drei Optionen ist auch als „Reichenbach's *common cause assumption*“ (Romero, ebd.) bekannt.

⁹⁰ Baumgartner und Gebharter 2016, 744, Romero 2015, 3749.

⁹¹ Baumgartner und Gebharter 2016, 742, Romero 2015, 3746.

⁹² Baumgartner und Gebharter 2016, 742, Romero 2015, 3745.

wenn alle Interventionen in N , die (im obigen Sinne) einschlägige⁹³ Veränderungen von $\Psi(N)$ bewirken, analytisch fat-handed in Bezug auf eine einschlägige Änderung von mindestens einem $\Phi(X_i)$ sind, wobei diese Bedingung durch keine starke Teilmenge jener Menge sich verhaltender Entitäten X_1, X_2, \dots, X_n erfüllt ist (ebd., 226f.).

Finden Forscher eine in diesem Sinne nicht-redundante Menge sich spezifisch verhaltender Entitäten X_1, X_2, \dots, X_n , müssen sie allerdings noch für jede einzelne Variable $\Phi(X_i)$ sicherstellen, dass es sich bei den fat-handed Interventionen in $\Psi(N)$ und $\Phi(X_i)$ nicht bloß um *technische* fat-handedness handelt. Sie müssen also ständig versuchen, chirurgische Interventionen in jedes $\Phi(X_i)$ und in $\Psi(N)$ zu finden, müssen also versuchen, die simultane Wertänderung von $\Psi(N)$ und $\Phi(X_i)$ experimentell zu ‚entkoppeln‘. Erweist sich diese Suche für ein $\Phi(X_i)$ als erfolglos, lassen sich $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ (bzw. die Hervorbringung der durch die Variablen repräsentierten Ereignisse) also nicht entkoppeln, ist davon auszugehen, dass die Fat-handed-Interventionen in $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ analytisch (und nicht bloß technisch) fat-handed sind (daher auch der Name ‚No-De-Coupling‘). Dies bestärkt die Ansicht, dass X_i 's ϕ_i -ing konstitutiv relevant für N 's ψ -ing ist.⁹⁴ Aussagen über das Vorliegen konstitutiver Relevanz (und – in Bezug auf einen ganzen Mechanismus – über das Vorliegen von Konstitution) sind also nicht verifizierbar, sondern nur möglichst gut zu bewähren (ebd., 229).

Die angeführten Autoren schlagen also eine Konzeptualisierung physiologischer Praxis vor, die sich in einigen Aspekten von Cravers Konzeptualisierung unterscheidet. Anstelle der in Cravers Bedingung KR2 geforderten mutualen Manipulierbarkeit zwischen den Relata konstitutiver Relevanz (und somit zwischen denen der Konstitution) seien solche Relevanzbeziehungen vielmehr durch eine andere Form der Experimentalpraxis zu entdecken, die in dem Versuch besteht, die jeweiligen Variablen zu entkoppeln. Für das primäre Anliegen meiner Kritik an der Mechanistischen Konzeptualisierung ist dieser Unterschied aber nicht relevant. Denn auch die angeführten Kritiker Cravers gehen von einer offenkundig ‚real‘ verstandenen Konstitutionsrelation aus: Wie bei Craver besteht diese Relation zwischen Phänomenen und den diesen Phänomenen zugrunde liegenden – und offenkundig von den Phänomenen selbst verschiedenen – Mechanismen⁹⁵ und ist mittels einer eigentümlichen Experimentalpraxis zu entdecken. Obgleich sich die angeführten Kritiker Cravers mehr auf die technischen Details der Manipulierbarkeitsrelationen konzentrieren und diese unabhängig von einem wissenschaftstheoretischen Rahmen betrachten, findet sich selbst bei diesen Autoren gelegentlich die

⁹³ Auch Baumgartner und Casini restringieren die Forderung nicht explizit auf einschlägige Wertänderungen. Diese Restriktion ist aber wichtig (s.o.).

⁹⁴ Baumgartner und Casini 2017, 228ff.

⁹⁵ Vgl. etwa Baumgartner und Gebharter 2016, 733 und 753.

übliche Mechanistische Ausdrucksweise, dass in physiologischer Praxis Mechanismen beschrieben werden.⁹⁶

2.3 Einige Kritikpunkte an der Mechanistischen Konzeptualisierung

In der Einleitung habe ich bereits meinen wesentlichen Kritikpunkt an der Mechanistischen Konzeptualisierung formuliert: Anders als die Mechanisten halte ich es nicht für erforderlich, in einer Konzeptualisierung physiologischer Praxis zwei unterschiedliche Formen experimenteller Praxis und somit zwei unterschiedliche Formen des experimentellen Wissens – nämlich Kausalwissen und Konstitutionswissen – zu unterscheiden. Es ist, so meine These, hinreichend, einzig von der Erzeugung von Kausalwissen in *einer* Form des Experimentierens zu sprechen. Damit erübrigt sich auch die Frage danach, ob aus der physiologischen Praxis bzw. ihren Ergebnissen zu folgern ist, dass Ereignisse nicht nur durch kausale sondern ebenfalls durch konstitutive Abhängigkeitsrelationen verbunden sein können.

In 2.3.1 möchte ich die kritische Anregung geben, dass die deskriptive Adäquatheit des Begriffs einer eigenen Form von Experimentalpraxis zur Erzeugung von Konstitutionswissen sowohl in Cravers Variante als auch in der NDC-Variante infrage gestellt werden kann. Ich möchte zumindest einige kritische Impulse geben, die in diese Richtung zielen, da ein ausführlicher Nachweis der deskriptiven Inadäquatheit sehr viel Raum beanspruchen würde. Die Kritik an der deskriptiven Adäquatheit der Mechanistischen Konzeptualisierung, so will ich hier bereits anmerken, darf nicht als fundamentale Kritik an der Güte dieser Konzeptualisierung interpretiert werden. Denn meinen als auch Cravers eigenen methodologischen Überlegungen zufolge (vgl. 1.2 und 2.1) können gute Konzeptualisierungen einer Praxis, die Mittel zu einem bestimmten Zweck sein soll, Abweichungen zu faktischen Unternehmungen enthalten, die auf das Erreichen dieses Zwecks zielen. Meine alternative Konzeptualisierung wird jedoch genau in den Punkten als deskriptiv adäquat bewertet werden können, in denen die deskriptive Adäquatheit der Mechanistischen Konzeptualisierung in Zweifel gezogen werden kann.

Meine Kritik in 2.3.2 und 2.3.3 betrifft die Bestimmung sowohl von ÄME als auch von KME als *Beschreibungen* von Mechanismen. Auch wenn diese Bestimmung von den Mechanisten nicht konsistent vertreten wird, könnte sie – wie ich bereits in der Einleitung vermutete – die Ursache für die unklare Rede von einer Relation der Konstitution als einer Abhängigkeitsrela-

⁹⁶ Vgl. etwa Baumgartner und Gebharter 2016, 733; Romero 2015, 3752f.

tion zwischen verschiedenen, gleichzeitig stattfindenden Ereignissen (Phänomen und Mechanismus) gewesen sein. Denn wenn wir etwas als Beschreibung bezeichnen, gehen wir gewöhnlich (und auch zufolge des Beschreibungsbegriffs in 1.1.3) davon aus, dass das Beschriebene existiert. Die Konzeptualisierung der einschlägigen, besonders in Lehrwerken zu findenden Texte (und Abbildungen) von Phänomenen und Mechanismen als Beschreibungen könnte zur Ansicht verleitet haben, dass neben dem Phänomen, von dessen Existenz wir natürlich ausgehen, *zusätzlich* noch der diesem zugrunde liegende Mechanismus existiert, was die Frage nach einer Relation zwischen beiden aufwirft.

In 2.3.2 werde ich eine methodische Kritik formulieren: Ich werde diejenigen Ausführungen Cravers kritisch untersuchen, in denen der Autor entweder die Bestimmung von Mechanistischen Erklärungen als Beschreibungen rechtfertigt oder aber Merkmale seiner Konzeptualisierung, die eine solche Bestimmung nahelegen (wie die Unterscheidung objektiver Erklärungen und erklärender Texte (siehe 2.2.2)). Dabei beziehe ich mich auf Craver, weil sich bei diesem Autor die ausführlichsten Begründungsversuche für die Mechanistische Konzeptualisierung finden. Im wesentlich kürzeren Abschnitt 2.3.3 werde ich zwei zentrale inhaltliche Unstimmigkeiten darlegen, die mit dem Verständnis Mechanistischer Erklärungen als Beschreibungen einhergehen und die der Grund dafür sind, weshalb Mechanistische Erklärungen nicht konsistent als Beschreibungen verstanden werden können.

2.3.1 Ist der Begriff von Experimenten zur Erlangung von Konstitutionswissen deskriptiv adäquat?

Sowohl Cravers Begriff als auch der NDC-Begriff der Experimente zur Entdeckung konstitutiver Relevanzrelationen impliziert, dass das Wissen über den Mechanismus, der dem Verhalten ψ von N zugrunde liegt, durch Interventionen in N und die Detektion der simultan an Teilen von N eintretenden Ereignisse erworben wird. In Cravers Ansatz besagt dies Bedingung KR2a, im NDC-Ansatz die Bedingung, dass alle Interventionen in N , die $\Psi(N)$ einschlägig ändern, *fat-handed* in Bezug auf gewisse Veränderungen in Teilen von N sein müssen (vgl. 2.2.4).

Diesen Ansätzen zufolge bewährt man also Wissen über die Konstitutionsrelation beispielsweise zwischen einem bestimmten Verhalten ψ eines Lebewesens N und gewissen Ereignissen an seinen Geweben durch die Veranlassung, Unterbindung oder Manipulation des Verhaltens ψ von N und die Detektion von zeitgleich vorliegenden Ereignissen an N 's Geweben. Bei Craver geht es (aufgrund von Bedingung KR2b) dann weiter noch um die Intervention in Ge-

webe und die Detektion von relevanten Veränderungen des Verhaltens des Lebewesens. Der NDC-Ansatz zielt dagegen darauf, die bei Interventionen in N detektierten Ereignisse an Geweben durch weitere Interventionen in N und Interventionen in die Gewebe zu ‚entkoppeln‘. Ähnlich verläuft den beiden Ansätzen zufolge die Prozedur bei der Ermittlung der molekularen Konstitutionsbasis eines bestimmten Ereignisses ψ an einer Zelle N.

Meinem Ermessen nach lässt sich die deskriptive Adäquatheit sowohl der Craver’schen Konzeptualisierung als auch der NDC-Konzeptualisierung zur Ermittlung von Konstitutionswissen kritisieren. Beide setzen nämlich voraus, dass Wissen über molekulare Ereignisse, die gewissen Ereignissen an Zellen ‚zugrunde liegen‘, sowie Wissen über Ereignisse an Geweben, die ein bestimmtes Verhalten von Lebewesen konstituieren, ausschließlich in *in-vivo*-Experimenten ermittelt wird, in Experimenten also, die mit Lebewesen oder lebenden Zellen angestellt werden,⁹⁷ und im Zuge derer man irgendwie die simultan stattfindenden Ereignisse an Teilen von N detektiert. Ich halte diese Einschätzung – mit Blick auf die faktisch betriebene physiologische Praxis – für zweifelhaft, da viele Erkenntnisse über ‚zugrunde liegende‘ Mechanismen *in vitro* erzielt werden, wobei *in-vitro*-Experimente Experimente mit isolierten Teilen von Zellen oder Lebewesen sind.

Tatsächlich sind die Möglichkeiten für *in-vivo*-Experimente beschränkt, da sich in einer lebenden Zelle oder einem Lebewesen nur Ereignisse bestimmter Typen sichtbar machen und somit detektieren lassen, und ferner die Ergebnisse solcher Detektionen viel zu undifferenziert sind, um Aufschlüsse über einen Mechanismus zuzulassen. Ein Beispiel für eine Möglichkeit, den Kontakt von zwei Proteinen – ein entscheidender obgleich noch viel zu unterbestimmter Ereignistyp in molekularen Mechanismen – *in vivo* sichtbar zu machen, basiert auf dem Nachweis des Förster-Resonanz-Energietransfers (FRET). Zu diesem Zweck werden Zellen genetisch verändert: das für das eine Zielprotein kodierende Gen wird an ein Gen gekoppelt, welches für das aus einer Qualle stammende blau-fluoreszierende Protein Aequorin kodiert. Das Gen für das zweite Zielprotein wird auf analoge Weise an das Gen gekoppelt, welches für das aus derselben Qualle stammende Green Fluorescence Protein (GFP) kodiert. Beide Proteine werden in der Zelle also mit Aequorin bzw. GFP koexprimiert und liegen gebunden an diese vor. Nähern sich Aequorin und GFP auf eine Distanz innerhalb des Förster-Radius (< 10 nm), kommt es zu einem Energietransfer von Aequorin auf GFP, welches dadurch nicht mehr grün sondern grün-blau fluoresziert. Mit einem Fluoreszenz-Mikroskop lässt sich diese grün-blau fluoreszenz herausfiltern und somit nachvollziehen, wo sich die Proteine in der Zelle

⁹⁷ In nicht-biochemischen Kontexten beschränkt sich der Ausdruck ‚*in vivo*‘ auf Experimente mit Lebewesen, in der Biochemie ist er (wie auch oben im Text) weiter gefasst, schließt also auch die Arbeit an (lebenden) Zellen mehrzelliger Lebewesen in Zellkultur ein.

sehr nahekommen (und ob sie es überhaupt in nennenswertem Maße tun). Es gibt verschiedene Arten der FRET-Anwendung sowie weitere Fluoreszenz-basierte Methoden, die die räumliche Nähe von Molekülen oder die Lokalisation von Molekülen in der Zelle detektierbar machen.⁹⁸ Analoge Verfahren der *in-vivo* Detektion von Ereignissen an Geweben lassen sich in den neurowissenschaftlich eingesetzten bildgebenden Verfahren wie der funktionalen Magnetresonanztomographie oder der Positronenemissions-Tomographie erblicken, die die Orte im Nervengewebe sichtbar machen, an denen viel Stoffwechselaktivität vorliegt.⁹⁹

Die Nachweise, die durch dergleichen Verfahren möglich sind, sind allerdings nur Nachweise der räumlichen Relationen von gewissen Ereignissen oder Entitäten, wobei sie nicht einmal dazu geeignet sind, die räumlichen Relationen zwischen allen Formen von Ereignissen oder Entitäten, die im Lebewesen vorliegen, detektierbar zu machen. Um beispielsweise einen sicheren Beleg dafür zu erhalten, dass zwei Proteine *auf eine spezifische Weise* interagieren, werden sie isoliert und inkubiert (man lässt sie also *in vitro* reagieren). Gemäß der kristallographischen Methode, die für Fragestellungen der angegebenen Art in erster Linie verwendet wird, wird im Anschluss an die Inkubation der Versuch unternommen, in dem Gemisch Protein-Kristalle zu züchten (was nicht immer von Erfolg gekrönt ist). Aus der Ablenkung sehr kurzwelliger Röntgenstrahlung, die solche Kristalle passiert, wird ein Muster der Elektronendichte eines Kristallabschnitts errechnet, das im Gesamtkristall etliche Male und in unterschiedlichen Orientierungen vorliegt. Wurde nur ein Protein kristallisiert, lässt sich aus der errechneten Elektronendichteverteilung und den Ladungseigenschaften von Atomen eine Hypothese über den atomaren Aufbau des Proteins bilden. Wurde ein Gemisch von Proteinen kristallisiert, betrifft diese Hypothese die spezifische Bindung beider Proteine (falls eine solche vorliegt). Bei diesen und ähnlichen strukturanalytischen Verfahren (auf denen fast unser gesamtes Wissen über molekulare Mechanismen basiert) werden einzelne Ereignisse eines Mechanismus *außerhalb* des Kontexts desjenigen Mechanismus erforscht, über welchen man eigentlich etwas herausfinden möchte.

Die angeführten Methoden sind natürlich nur Beispiele. Meine These lässt sich aber weiter an historischen Fällen illustrieren, von denen ich nun zwei skizzieren möchte. Zuerst betrachte ich die Erforschung der alkoholischen Gärung durch Hefen und der Milchsäure-Gärung durch Muskelzellen, die – beginnend im 19. Jahrhundert – im 20. Jahrhundert zur Aufklärung der Glykolyse, also der Zucker-Verstoffwechslung durch Zellen führte. W. Bechtel und R. C. Richardson haben diesen jahrzehntelangen Forschungsprozess porträtiert und auf die normati-

⁹⁸ Vgl. etwa Mäntele 2012.

⁹⁹ Vgl. zu diesen Verfahren Schwarz *et al.* 1997.

ven Annahmen hin überprüft, die als Gelingensbedingungen der Forschung veranschlagt wurden.¹⁰⁰ Die Aufklärung der Fermentation war im 19. Jahrhundert durch zwei grundlegend kontrahierende Auffassungen geprägt. Einige Forscher, wie etwa T. Schwann und später L. Pasteur, vertraten die Ansicht, dass Fermentation nur in lebenden Zellen stattfinden könne, andere, wie etwa J. J. Berzelius und nach ihm J. Liebig, stellten die Hypothese auf, dass Fermentation auch außerhalb der lebenden Zelle geschehen könne. Als es 1897 E. Buchner gelungen war, in einem zellfreien Extrakt aus Hefezellen Fermentation zu induzieren, rückte die ursprünglich von Autoren wie Schwann und Pasteur vertretene These in den Hintergrund.

In der ersten Hälfte des 20. Jhd. gelang anschließend die Aufklärung des Mechanismus der Fermentation sowie der damit zusammenhängenden Glykolyse vollkommen *in vitro*, wobei selbstverständlich der Anspruch vertreten wurde, dass es sich um den Mechanismus handle, der auch der Fermentation ‚zugrunde liegt‘, die von Zellen durchgeführt wird. Das Experimentieren mit den Zellextrakten, das durchaus auch in der Zuführung von Stoffen bestand, die in Zellen überhaupt nicht vorkommen (etwa um vermutete Reaktionsschritte gezielt zu unterbrechen), und das durch rein chemisches Wissen um die Möglichkeiten der Spaltung von Zuckern inspiriert wurde (ebd., 160), unterlag verschiedenen Normen. Die für meinen gegenwärtigen Zweck interessante Norm, die einen Bezug zur Zelle herstellt, besagte, dass die stofflichen Intermediate, über welche die *in vitro* vollzogene Aufklärung des Mechanismus informieren würde, ebenfalls während der zellulären Fermentation nachweisbar sein müssten (ebd., 157), indem man sie etwa in einem aus fermentierenden Zellen angefertigten Homogenat detektiert. Der Mechanismus, der einem bestimmten Verhalten einer Zelle (nämlich deren Gärungs-Verhalten) im Mechanistischen Sinne zugrunde liegt, wurde also unabhängig von seinem Ablaufen in der Zelle – *in vitro* – erforscht. Anschließend wurde geprüft, ob sich Konsequenzen aus der Charakterisierung des Mechanismus mit Befunden aus frisch homogenisierten, fermentierenden Zellen decken.¹⁰¹ Der Mechanismus wurde *nicht* dadurch aufgeklärt, dass *in vivo* an fermentierenden Zellen sowie an Molekülen der Zelle Manipulationen vorgenommen wurden, um simultane Veränderungen auf der jeweils anderen Ebene zu detektieren. In Bezug auf den NDC-Ansatz erübrigt sich damit auch die Frage nach Versuchen, das Verhalten der Zelle sowie die Einzelereignisse des Mechanismus durch chirurgische Interventionen zu ‚entkoppeln‘. Da Zellen überhaupt gar nicht manipuliert wurden, wurden solche Versuchen von den Wissenschaftlern nicht unternommen.

¹⁰⁰ Vgl. Bechtel und Richardson 1993, 104-113 und 149-172.

¹⁰¹ Dass bei Störung einer komplexen chemischen Reaktion durch Zuführung geeigneter Substanzen im Gemisch bestimmte Intermediate akkumulieren, kann beispielsweise eine logische Konsequenz aus der Reaktionscharakterisierung, den Gesetzen der spezifischen Reaktion der inhibierenden Substanz und den Gesetzen der chemischen Thermodynamik sein.

Als zweites Beispiel diene die wissenschaftliche Ermittlung von Ereignissen, die der Gliederbewegung von tierischen Lebewesen ‚zugrunde liegt‘. Im Anschluss an die Ausarbeitung der Mechanik wurden diese von frühneuzeitlichen Autoren – besonders bedeutend war dabei G. A. Borelli, etwa in seinem Werk *De motu animalium* von 1680/81 – auf ‚die Geometrie der Hebelgesetze und andere [physikalische, JK] Prinzipien zurückgeführt‘ (Rothschuh 1968, 108). Eine solche Charakterisierung verschiedener tierischer Bewegungsmuster ist auch heute noch üblich.¹⁰² Neben den äußeren Bewegungen sollten auch die ‚inneren Bewegungsvorgänge im Körper‘ (ebd.) – einschließlich der Muskelbewegungen, d.h. entscheidenden Ereignissen in dem Mechanismus, der der Gliederbewegung ‚zugrunde liegt‘ – mechanisch erklärt werden. Bis zur Entdeckung der elektrischen Induzierbarkeit der Muskelkontraktion gab es über dieselbe verschiedene Theorien, die die Verkürzung des Muskels auf seine Aufblähung zurückführten. So geht dem Physiologie-Historiker Rothschuh zufolge W. Croone in seinem Werk *De Ratione Motus Musculorum* von 1664 davon aus, dass

‚die Muskelfaser aus kleinen Bläschen [besteht], die untereinander durch Öffnungen in Verbindung stehen. Von der Arterie gelangt ein ernäherender Saft in das Innere jeder Faser, eine zweite Art von Flüssigkeit tritt durch die Nerven hinzu. Dabei erfolgt eine Aufblähung und Verkürzung, und der Muskel wird hart‘ (Rothschuh 1953, 60).

Das Nervenfluidum wird dabei im fortgeschrittenen frühneuzeitlichen Denken als materielle *Spiritus animales* vorgestellt. T. Willis’ Schrift *De motu musculari* von 1670 zufolge strömen, so Rothschuh,

‚[d]ie *Spiritus animales* [...] vom Gehirn aus zu den Muskeln durch die Nerven und treten von jeder Sehne her in den Muskel ein. Im Muskel selbst treffen die *Spiritus* auf sulphuröse oder nitröse Partikel des Blutes, dadurch erfolgt eine Art von Explosion, wodurch die hohlgedachte Muskelfaser aufgebläht und verkürzt wird‘ (Rothschuh 1953, 57).

Diese frühen Ansätze für KME der Gliederbewegungen implizieren allesamt, dass die Gliederbewegung auf der Muskelverkürzung beruht, und spezifischer, dass diese durch eine Aufblähung des Muskels zustande kommt – das Volumen des Muskels vergrößert sich durch die Aufblähung der Fasern am Muskelbauch, wodurch eine Zugkraft auf die Sehnen an den Muskelenden ausgeübt wird. 1677 widerlegte F. Glisson diese Ansätze

¹⁰² Vgl. etwa Hildebrand und Goslow 2004.

„durch ein klassisches Experiment, welches als die erste Volumplethysmometrie bezeichnet werden kann. Der Arm eines muskelstarken Mannes wird in einen wassergefüllten Glasbehälter mit Trichteransatz eingeschlossen. Bei der Muskelkontraktion wird kein Ansteigen, sondern ein geringes Absinken des Wasserstandes in dem Glasansatz beobachtet“ (Rothschuh 1953, 56).

Erst einhundert Jahre später – nachdem bereits in der Mitte des 18. Jahrhunderts die elektrische Eigenschaft des Nervenfluidums vermutet worden war (Rothschuh 1968, 180ff.) – begann L. Galvani mit den Froschschenkel-Experimenten, die in ihrer weiteren Ausarbeitung zu Beginn des 19. Jahrhunderts zum heute anerkannten Mechanismus führten, demzufolge die Muskelkontraktion durch Elektrisierung des Muskels verursacht wird und nicht durch die Aufnahme einer Flüssigkeit. Die elektrophysiologischen Versuche Galvanis sowie der an seine Forschung anschließenden Wissenschaftler wurden allesamt – um den Bogen zur Kritik an der deskriptiven Adäquatheit der Mechanistischen Konzeptualisierung zu schlagen – *in vitro* vorgenommen. Die Forscher detektierten nicht, wie es Craver und der NDC-Ansatz fordern würden, in Top-Down-Experimenten eine Elektrisierung und Verkürzung des Muskels während der Gliederbewegung und, in Bottom-Up-Experimenten, die Gliederbewegung eines Lebewesens während der künstlich herbeigeführten Elektrisierung von Muskeln. Und sie führten demnach – entgegen der Forderung des NDC-Ansatzes – auch keine Versuche durch, Gliederbewegungen zu instanzieren, die *ohne* Elektrisierung des Muskels ablaufen, bzw. Versuche, (hinreichend starke) Elektrisierungen von Nerven oder Muskeln zu instanzieren, die *ohne* gleichzeitige Gliederbewegung geschehen (Versuche der ‚Entkopplung‘ gemäß dem NDC-Ansatz). Die elektrophysiologischen Erkenntnisse über die Grundlagen der Gliederbewegung wurden rein an Nerv-Muskel-Präparaten erzielt.¹⁰³

Ich will hier noch den für den gegenwärtigen Diskussionskontext sehr illustrativen Fall einer Erkenntnis des Wissenschaftlers Emil Du Bois-Reymond anführen, der in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts den Mechanismus der Muskelkontraktion weiter spezifiziert hat. Du Bois-Reymond bestätigte experimentell, dass sich auch Segmente von (quergestreiften) Muskeln, die über Muskelquerschnitte hergestellt werden, durch Elektrisierung zur Kontraktion bringen lassen (ebd., 189f.). Diese Erkenntnis war die Grundlage der Gliederung von quergestreiften Muskeln in aneinandergereihte kontraktile Einheiten – die Sarkomere – deren Verkürzung später molekularbiologisch als Ineinandergleiten von Proteinfilamenten erklärt wurde. Illustrativ ist Du Bois-Reymonds Erkenntnis im gegenwärtigen Kontext insofern, als dass der Forscher seine Experimente an Muskelsegmenten nicht nur faktisch *in vitro* vornahm¹⁰⁴ –

¹⁰³ Vgl. Rothschuh 1968, 183ff.

¹⁰⁴ Für eine Beschreibung einiger Experimentalprozeduren Du Bois-Reymonds vgl. etwa Ludwig 1852, 72ff.

seine Experimente gingen vielmehr notwendig mit der Zerstörung des Muskels einher und konnten daher gar nicht *in vivo* angestellt werden. Dennoch stellen sie eine Spezifizierung des Mechanismus dar, der der Gliederbewegung zugrunde liegt: Man wusste nun, dass das Zusammenziehen des Muskels nicht ein einziges Ereignis am gesamten Muskel ist (wie es etwa viele Theorien der Muskel-Aufblähung behaupteten), sondern dass es sich eigentlich um eine Reihe gleichartiger Ereignisse an etlichen hintereinander liegenden Segmenten des Muskels handelt.

Die beiden Beispiele zeigen (zumindest ansatzweise), dass bedeutende Erkenntnisse über die ‚konstitutive Grundlage‘ von Ereignissen an Zellen bzw. Lebewesen *nicht* – wie es Cravers Konzeptualisierung und der NDC-Ansatz fordern – in *in-vivo*-Experimenten erzielt wurden, sondern in *in-vitro*-Experimenten. Ferner – und spezifisch gegen den NDC-Ansatz – ging das Erzeugen dieser Erkenntnisse nicht mit Versuchen einher, die Ereignisse der zugrunde liegenden Mechanismen und die Ereignisse an den Zellen bzw. den Lebewesen zu ‚entkoppeln‘. Meinem Ermessen nach spiegeln diese Beispiele allgemeine Tendenzen der Erforschung ‚zugrunde liegender‘ Mechanismen wieder.

2.3.2 Methodische Kritik am Begriff von Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen

Der Mechanistische Erklärungs-begriff wird in der Literatur meist mit einem Hinweis darauf motiviert, dass der klassische Begriff der DN/IS-Erklärung (demzufolge Erklärungen *keine* Beschreibungen sind) für Erklärungen im Bereich der Physiologie nicht anwendbar sei. Solch ein Urteil setzt natürlich voraus, dass man bereits eine Vorstellung davon hat, was denn noch als Erklärung – insbesondere in der Physiologie – gelten könne. Ich werde nun jene negative Motivation für einen zum DN/IS-Begriff alternativen Erklärungs-begriff kurz darstellen und mich im Rest von 2.3.2 Cravers positiver Rechtfertigung des Beschreibungscharakters von (Mechanistischen) Erklärungen zuwenden. In Cravers Rechtfertigung möchte ich dann auf einige Punkte aufmerksam machen, die kritisiert werden können, und die meiner Ansicht nach letztlich als eine Folge aus der methodischen Unterbestimmtheit seines Projekts anzusehen sind, kein wirkliches Verfahren bereitzustellen, mit dem Begriffe angemessen normiert werden können (vgl. 2.1).

Den Begründern des DN/IS-Begriffs – den Logischen Empiristen C. G. Hempel und P. Oppenheim – zufolge wird das (faktisch erfolgte) Eintreten eines Sachverhalts A dadurch erklärt, dass man zeigt, dass das Eintreten von A zu einem früheren Zeitpunkt vorhersagbar gewesen wäre. Da die Vorhersage des Eintretens von A den Autoren zufolge in einem gültigen und

schlüssigen Argument vorgenommen werden muss, in dem die Aussage A aus Prämissen abgeleitet wird, welche singuläre Aussagen sowie generelle Aussagen (wissenschaftliche Gesetze) umfassen, müsse eine Erklärung ebenfalls aus solch einem Argument bestehen. Der einzige Unterschied sei, dass man im Fall der Erklärung bereits wisse, dass die Aussage A wahr ist. Handelt es sich bei den Gesetzen um strikte Gesetze, wird Aussage A deduziert, das Eintreten von Sachverhalt A also deduktiv-nomologisch (DN) erklärt. Sind die Gesetze statistische Gesetze, die der Wahrheit von Aussage A in Form eines induktiven Arguments eine gewisse Wahrscheinlichkeit zusprechen, wird das Eintreten von A induktiv-statistisch (IS) erklärt. Da sich solch ein induktives Argument dennoch zu Vorhersagezwecken hätte eignen müssen, muss in einer IS-Erklärung der Wahrheit der Aussage A eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden.¹⁰⁵

Eine übliche Fassung der Mechanistischen Kritik am DN/IS-Begriff der Erklärung lautet:

„As logical empiricism waned in the middle of the 20th century, philosophers of science focused on deduction from universal laws as the primary form of explanation in science [...]. A variety of problems plagued the deductive-nomological account of explanation [...]. One clear issue was the apparent lack of suitable laws in biology to serve in a deduction. This posed an unfortunate dilemma: either biology and related sciences do not really explain or the D-N account applies only narrowly to some explanations, mainly in physics [...]. The] new mechanism approach arose in response to many of the issues raised with the D-N model of explanation. It differed from the D-N account in terms of what it took the sciences to be investigating [namely mechanisms, JK], how those investigations generally proceed [namely by intervening and describing, JK], and the explanatory results of those investigations [namely descriptions, JK]“ (Anderson 2014, 275 f.).

Nicht nur die scheinbare Abwesenheit von physiologischen Gesetzen motivierte einen neuen Begriff der Erklärung für diese Wissenschaft. Insgesamt lässt sich die Mechanistische Kritik am DN/IS-Erklärungsbegriff in Form von mindestens drei Einwänden gruppieren:

1. Der Wahrscheinlichkeitseinwand: Entgegen dem IS-Begriff der Erklärung *kann* eine Erklärung für das Eintreten eines Sachverhalts A auch durch Verweis auf eine Situationsinstanz erfolgen, wobei gilt, dass Situationen dieses Typs Sachverhalte des Typs von A statistisch gesehen nur mit mäßig hoher oder sogar nur mit geringer Wahrscheinlichkeit folgen.¹⁰⁶

¹⁰⁵ Vgl. zu einer ausführlichen Einführung des DN/IS-Begriffs der Erklärung 4.2.3. Vgl. für den Unterschied zwischen strikten und statistischen Gesetzesaussagen 3.2.1.

¹⁰⁶ Beispielsweise würden Wissenschaftler die Neurotransmitterfreisetzung an einer chemischen Synapse durch das Eintreten eines Aktionspotentials in der Präsynapse erklären, wobei einem solchen faktisch nur in 10-20% der Fälle eine Transmitterfreisetzung folgt (Craver 2007, 26 und 39).

2. Der Kausalitätseinwand: Entgegen dem DN/IS-Begriff, der von Gesetzesaussagen nicht fordert, *kausale* Zusammenhänge zu formulieren, ist es zur Erklärung des Eintretens eines Sachverhalts *erfordert*, auf die Ursachen dieses Ereignisses zu verweisen (welche sein Eintreten aber nicht determinieren müssen).¹⁰⁷

3. Der Gesetzeseinwand: Die Forderung, dass Erklärungen immer Gesetze beinhalten müssen, ist verfehlt, da Gesetze (i) keine stochastischen Zusammenhänge formulieren, (ii) sehr allgemeine Zusammenhänge formulieren und (iii) ewig gelten. Generalisierungen, die für physiologische Erklärungen relevant sind, erfüllen diese Bedingungen nicht oder nur ungenügend.¹⁰⁸

Eine Diskussion dieser drei Kritikpunkte werde ich in 4.2.3 vornehmen. Für mein gegenwärtiges Anliegen ist es lediglich wichtig einzusehen, dass die Kritikpunkte erstens irgendein alternatives Verständnis von (insbesondere physiologischen) Erklärungen bereits voraussetzen (denn diesen Erklärungen wird abgesprochen, dem DN/IS-Begriff zu genügen) und dass sie zweitens noch keinen Anlass dazu geben, Erklärungen als Beschreibungen aufzufassen. Es muss also eine eigene, *positive* Rechtfertigung für den Mechanistischen Erklärungs-begriff geben, die ich nun genauer betrachten werde.

In Cravers Texten finden sich Bemühungen um eine solche positive Rechtfertigung. Hier macht sich aber die Begrenztheit von Cravers methodologischen Erörterungen bemerkbar, auf die ich in 2.1 hinwies. Der Autor begründete kein Verfahren, das angibt, wie man einen Begriff wie den der Erklärung von Grund auf angemessen zu bestimmen habe. Craver bleibt daher nichts anderes übrig, als sich auf die faktische Ausdrucksweise, also auf faktische Verwendungen des Ausdrucks ‚Erklärung‘ zu stützen, wohlgerne ohne eine genauere, methodisch angeleitete Einschätzung oder Analyse der so ‚vorgefundenen‘ Verwendungsweisen vornehmen zu können. Denn eine solche würde irgendeine sprachphilosophische Hintergrundtheorie (wie etwa die von mir in 1.1.2 skizzierte) erfordern. Craver geht tatsächlich diesen Weg: Er versucht die Merkmale des Mechanistischen Erklärungs-begriffs durch Verweis einerseits auf normalsprachliche, andererseits auf wissenschaftliche Verwendungen der Ausdrücke ‚explanation‘ und ‚explain‘ zu rechtfertigen. Diese werde ich nun genauer betrachten.

¹⁰⁷ Denn andernfalls könnte man das Eintreten von A₁ durch das Vorliegen von A₂ erklären, wobei A₂ bloß ein übliches Korrelat von A₁ ist (etwa weil beide eine gemeinsame Ursache haben). Dies widerspräche aber der Art und Weise, wie Wissenschaftler faktisch erklären (Craver 2007, 26 und 35f.).

¹⁰⁸ Zu (i): Die Mechanisten stellen sich Gesetze also immer als „strict laws“ vor, und zwar „in the way that Newton’s laws or Ohm’s law might reasonable be said to be strict“ (Craver 2007, 66). Zu (ii): Während durch Newtons Gesetze *alle* (hinreichend langsamen) Bewegungen *aller* (hinreichend großen) Körper erklärt werden können, forderten sehr ähnliche physiologische Phänomene beim Vorliegen unterschiedlicher Umgebungsbedingungen sehr unterschiedliche Erklärungen (ebd., 66 & 68). Zu (iii): Biologische Generalisierungen seien im Sinne der Naturgeschichte „*historically contingent*“, also keine „timeless truths“ (ebd., 69), was von Gesetzen aber offenbar gelten.

Auf unsere normalsprachliche Ausdrucksweise bezieht sich Craver etwa, um die Differenz zwischen objektiven Erklärungen und erklärenden Texten zu rechtfertigen, welche für den Mechanistischen Erklärungs begriff zentral ist, da sie es gestattet, erklärende Texte schlicht als Abbilder – Beschreibungen – objektiver Erklärungen aufzufassen, und nicht als Ergebnisse einer (im Wortsinne) kreativen Modellierungspraxis. Der Autor stellt zu diesem Zweck fest, dass übliche Antworten auf eine Frage wie „[w]hat explains the accident?“ wie folgt lauten könnten: „[t]he ice on the road, the whiskey, the argument, the tears, and the severed brake cables“ (Craver 2007, 27). Es sind also die *wirklichen Dinge*, denen zugeschrieben wird, Erklärungen zu sein. Mechanismen behandelt Craver dabei wie wirkliche Dinge, da er seine Erörterung des Beispiels mit der Bemerkung abschließt, die wirklichen (in der Welt ablaufenden) Mechanismen seien die (objektiven) Erklärungen (ebd.).

Cravers Schluss lässt sich – auf der Grundlage meines Sprachverständnisses – kritisieren: In Kap. 1.1.2 wies ich darauf hin, dass Ausdrücke in verschiedenen Sprachspielen durchaus verschiedene Funktionen haben können, und dass nicht einmal die Sprachhandlung, die mit einem Satz unserer Normalsprache aktualisiert wird, eindeutig an dessen materieller Gestalt ablesbar sein muss. Craver – so lautet meine Kritik an seiner Erörterung jener Ausdrucksweise – zieht nicht in Erwägung, dass die Sätze, mit deren *Wortlaut* er seinen Begriff objektiver Erklärungen rechtfertigt, *abkürzende Redeweisen* sein könnten, Redeweisen also, die eine bestimmte anzeigende Funktion im Erklärungssprachspiel besitzen, welche nicht unmittelbar an der ‚materiellen Oberfläche‘ der verwendeten Sätze ablesbar ist. Ein Hinweis darauf, dass es sich bei Cravers normalsprachlichen Beispielsätzen um abkürzende ‚Züge‘ in Erklärungssprachspielen handelt, in denen aber nicht tatsächlich *Dingen* zugeschrieben wird, Erklärungen zu sein, lässt sich aus passenden fingierten (aber dem Anspruch nach realistischen) Sprachspielen gewinnen: In ihnen zeigt sich, dass Züge im Erklärungssprachspiel, durch die *tatsächlich* (also auch nach Vergewisserung) die Existenz objektiver ‚Erklärungs-Dinge‘ vorausgesetzt wird, als fehlerhaft, also als Störungen des Sprachspiels beurteilt werden. Sie sind daher immer als Missverständnisse deutbar, wie die folgenden Dialoge illustrieren:

2-1) ‚Das Glas Whisky erklärt meinen Unfall‘ – ‚Wie kann denn das Glas Whiskey etwas erklären?‘ – ‚Du weißt, was ich meine, man kann meinen Unfall damit erklären, dass ich vorher ein Glas Whiskey genossen habe.‘

2-2) ‚Gib mir eine Erklärung für deinen Unfall!‘ – ‚Du redest so, als gäbe es *viele*, in Wahrheit aber gibt es nur *eine*, und die kann ich Dir nicht geben, denn sie ist in meinem Bauch‘ – ‚...?‘

Die Ansicht, dass es sich bei der ‚objektivierenden‘ Redeweise um eine abkürzende Redeweise handelt, wird weiter dadurch bestärkt, dass eine zu (2-1) und (2-2) analoge, aber *umgekehrte* Vergewisserung, die ein nicht-objektives Erklärungsverständnis als Missverständnis ausweist, nicht möglich ist:

2-3) ‚Lass mich den Unfall erklären!‘ – ‚Wie kannst *du* (anstelle des Whiskeys, der Tränen, etc.) denn den Unfall erklären?‘

Der Dialog (2-3) ist (unter Weglassung des Klammereinschubs) nur als sinnvoll zu erachten, wenn er am Krankenbett stattfindet, in dem das Unfallopfer aufgrund seiner Läsionen Schwierigkeiten hat, überhaupt einen Satz hervorzubringen. *Prinzipiell* würde dessen Fähigkeit, eine Erklärung zu geben, dabei nicht in Frage gestellt.

Neben der normalsprachlichen Ausdrucksweise beruft Craver sich auf die wissenschaftliche Ausdrucksweise, um die Merkmale des Mechanistischen Erklärungsbegriffs zu rechtfertigen. Ich möchte nun zur detaillierten Betrachtung einer entsprechenden Stelle in Cravers *Explaining the Brain* übergehen, die zentral für die Rechtfertigung des Mechanistischen Erklärungs-begriffs ist. Es geht um den Nachweis von Merkmalen des Mechanistischen Erklärungs-begriffs in den Arbeiten von B. Katz und R. Miledi zur Rolle des Calciums in der Neurotransmitterübertragung. Explizit möchte Craver durch diese Referenz rechtfertigen, dass (neuro-) physiologische Erklärungen stets auf Ursachen Bezug nehmen, die ferner das Eintreten ihrer Wirkungen nicht einmal wahrscheinlich machen müssen. Die Arbeiten von Katz- und Miledi lieferten nämlich Evidenz („evidence“ (ebd., 22)) dafür, dass wissenschaftliche Erklärungen folgende Charakteristika besitzen, bzw. entsprechenden Normen („norms“ (ebd.)) unterliegen:

- „(E1) mere temporal sequences are not explanatory (temporal sequences);
- (E2) causes explain effects and not vice versa (asymmetry);
- (E3) causally independent effects of common causes do not explain one another (common cause);
- (E4) causally irrelevant phenomena are not explanatory (relevance); and
- (E5) causes need not make effects probable to explain them (improbable effects)“ (ebd., 26).

Man beachte, dass der Wortlaut von E1-E5 wiederum das ‚objektive‘ Verständnis von ‚Erklärung‘ und ‚erklären‘ impliziert. Tatsächlich scheint Craver zu beanspruchen, durch den Nachweis von E1-E5 in den Schriften von Katz und Miledi auch sein objektives Verständnis von Erklärungen zu untermauern (Craver 2007, 27). Außerdem gilt ihm – entgegen dem Wortlaut von E1-E5 – dieser Nachweis offenkundig auch als Rechtfertigung der Behauptung, Erklärungen bezögen sich auf (bzw. *seien*) Mechanismen (und nicht bloß Ursachen).¹⁰⁹ Insbesondere insofern diese wissenschaftliche Evidenz illustrieren soll, dass es in der Wissenschaft um eine ‚Abbildung‘ objektiv vorliegender kausaler Mechanismen (objektiver Erklärungen) geht, dient sie auch der Illustration des bloß beschreibenden Charakters dieser Erklärungen. Ich möchte nun prüfen, ob die Schriften von Katz und Miledi, auf die Craver abzielt,¹¹⁰ Evidenzen für diese beiden Merkmale, sowie für die Charakteristika E1-E5 liefern. Es zeigt sich, dass die dort vorfindliche Verwendung der Ausdrücke ‚explanation‘ und ‚explain‘ – und ein anderer Anhaltspunkt als die Verwendung dieser Ausdrücke steht Craver nicht zur Verfügung – nicht geeignet ist, Cravers Anspruch einzulösen. Einerseits findet sich in den Schriften kein Anlass dazu, Erklärungen als Bezugnahme auf Mechanismen (und geschweige denn als Beschreibungen von Mechanismen) zu verstehen, und ebenso wenig dazu, den Begriff von objektiven Erklärungen im Craver’schen Sinn zu bilden. Ferner findet sich an *keiner* Stelle ein direkter oder indirekter Hinweis für E1, E3, E4 und E5, oder für den zweiten Teilsatz von E2 (‚Wirkungen erklären *nicht* ihre Ursachen‘). Lediglich zum ersten Teilsatz von E2 (Ursachen erklären ihre Wirkungen) können Beispiele gefunden werden, obgleich auch hier die Einschränkung gilt, dass nicht jeder Bezug auf Ursachen zu Erklärungszwecken genutzt werden kann.

Interessanterweise zeigt die Verwendung der einschlägigen Ausdrücke durch die beiden Wissenschaftler ein recht hohes Maß an Uniformität, welche auf ein Verständnis von Erklärungen schließen lässt, das nicht zum Mechanistischen sondern eher zum DN/IS-Erklärungsbegriff passt: Erstens wird Erklären (entgegen der Formulierung von E1-E5) ausschließlich als eine kognitive Tätigkeit vorgestellt. Zweitens ist das Erstellen von Erklärungen nur dann relevant oder erfordert, wenn ein Aspekt eines Experimentalergebnisses (also eine Tatsache A) nicht zu erwarten gewesen war. Das Vorliegen von A wird dann entweder durch *Hypothesen* über mög-

¹⁰⁹ Vgl. etwa Craver 2007, 27 und 61f.

¹¹⁰ In die Bibliographie von *Explaining the Brain* hat Craver das Paper Katz und Miledi 1967b aufgenommen, welches als zentral gelten kann, da die Autoren darin auf viele ihrer vorhergehenden Ergebnisse zur Neurotransmitterfreisetzung Bezug nehmen. Auch Craver verweist auf eine Besprechung dieser früheren Publikationen der beiden Wissenschaftler in einer Sekundärquelle (Craver 2007, 22). Sie können daher allesamt als Konstituenten der von ihm verwendeten ‚Evidenz‘ angesehen werden (vgl. Katz und Miledi 1965a-d und 1967a-c).

liche Ursachen erklärt oder durch die Ableitung von A aus einem Gesetz oder einer Theorie. Es geht in beiden Fällen darum, irgendwie zu zeigen, dass das Eintreten von A doch zu erwarten gewesen wäre, hätte man zur Vorhersage dieses Gesetz herangezogen, bzw. hätte man um die (*ex post* nur noch hypothetisch anzunehmenden) Ursachen vorher gewusst. Ich will das nun an einigen Beispielen illustrieren.

Die Autoren führten Experimente durch, in denen sie an einer neuromuskulären Endplatte Eigenschaften wie die Amplitude und die Frequenz postsynaptischer Potenziale (e.p.p.s) über der (postsynaptischen) Muskelzelle maßen, die durch Stimulation des (präsynaptischen) Neurons bewirkt werden. Die präsynaptische Stimulation erfolgte dabei entweder mittels einer Elektrode am Axon (orthodrome Stimulation) oder aber mittels einer fokalen Elektrode, die einen Fokus (Ausschnitt) der Synapse selbst überspannt (fokale bzw. terminale Stimulation). Im letztgenannten Fall werden die anschließend gemessenen Potentiale als „miniature end-plate potentials“ (m.e.p.p.s) bezeichnet (vgl. etwa Katz und Miledi 1965b, 484).

In einem Experiment zeigten die Ergebnisse terminaler Stimulation – wider Erwarten – in Amplitude, Frequenz und Polarität derart beschaffene m.e.p.p.s, dass von einem *direkten* ursächlichen Einfluss der terminalen Stimulation auf das postsynaptische Membranpotenzial ausgegangen werden musste (Katz und Miledi 1965a, 477f.), also nicht, um mit Woodward zu sprechen, auf einen kausalen Einfluss der Stimulation über den Pfad der präsynaptischen Potenzialänderung. Diese Phänomene bedurften der *Erklärung*. Die Autoren verweisen dazu auf eine Modellierung des untersuchten neuronalen Systems als eines elektrischen Schaltkreises aus Drähten unterschiedlicher Widerstände. Dies ermöglicht es ihnen, die Gesetze der Elektrizitätslehre zu nutzen, um die infrage stehenden postsynaptischen Effekte zu erklären: Aus diesen Gesetzen lässt sich – gegeben die Modellierung sowie die quantifizierten Randbedingungen des Systems – den Wissenschaftlern zufolge ableiten, dass schon ein geringer Teil des Stimulationsstroms ausreichen würde, jene Effekte zu verursachen:

„The changes in amplitude and the reversal in sign [the change in polarity, JK] can be explained with the help of the diagram in figure 19 [which shows the model, JK]. During the rise of the m.e.p.p., the activated membrane spot has a resistance of the order of $10\text{ M}\Omega$ and produces inward current of approximately 10^{-8} A [...]. To reverse the polarity of the m.e.p.p., an outward current of $2 \times 10^{-8}\text{ A}$ is required; to produce a fourfold increase in size, an inward current of $3 \times 10^{-8}\text{ A}$ is needed. This is only 1 to 2 % of the total current which was flowing through the pipette [the focal electrode, JK] and would be obtained if the surface shunt between pipette and surroundings is of the order of $0.1\text{ M}\Omega$ “ (ebd., 478f., Unterstreichung JK).

„Another way of explaining the situation is to say that in the localized area under the [focal, JK] micro-electrode, the membrane potential of the muscle fibre has been displaced by [the quite extreme values, JK] + 150 mV and - 230 mV respectively, driving it well past the end-plate equilibrium level in one case and moving it much farther away from it in the second case. [...] This account seems quite adequate as far as changes in amplitude are concerned, but the increase in rise time during hyperpolarization is more difficult to explain. It is conceivable that the applied electric field has another effect, namely by ionophoretically retarding the diffusion of acetylcholine from the synaptic space [...]“ (ebd., 479, Unterstreichungen JK).

Diese Passagen demonstrieren sehr eindrücklich die Auffassung, dass Erklären den Autoren zufolge eine Tätigkeit ist, die Erwartbarkeit von ursprünglich nicht erwarteten Aspekten der Experimentalergebnisse *ex post* dadurch zu demonstrieren, dass sie sich in gutem Einverständnis mit Konsequenzen von wissenschaftlichen Theorien (Gesetzen) befinden, bzw. dass sie als Wirkungen bereits bekannter experimentell ermittelter Kausalrelationen identifiziert werden könnten. Verschiedene Erklärungen werden dabei wie Hypothesen oder Vermutungen (,account[s]‘, ,it is conceivable‘) vorgetragen, für die keine weitere Bestätigung gegeben werden muss. Strukturell identisch verhalten sich etliche weitere Stellen, an denen explizit Erklärungen für unerwartete Effekte verlangt werden, wobei diese Forderungen wie im zweiten der eben angeführten Zitate durch kausale Vermutungen im obigen Sinne eingelöst werden.¹¹¹

Eine Stelle möchte ich nun noch ausführlicher betrachten, da hier wieder ein Gesetz herangezogen wird, um eine Erklärung zu liefern. Katz und Miledi stellten auch Experimente zur Ausbreitung der Potentialänderung über der Membran des präsynaptischen Neurons an. Zunächst leuchtet nicht ein, warum sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit in den Nervenenden (Termini) verlangsamen sollte, was sie aber – wider Erwarten – tat. Die Autoren weisen also auf den Bedarf einer *Erklärung* dieses Umstands hin: Um die Forderung einzulösen, konsultieren sie ein quantifizierendes *Gesetz*, in dem die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Potentials in Relation zum Axon- oder Dendriten-Durchmesser sowie zur Membran-Kapazität und deren inneren Widerstand gesetzt wird, denn

“[t]he question may be raised whether the very slow propagation in the nerve endings can be explained by their small diameters” (Katz und Miledi, 1965a, 480).

¹¹¹ In Katz und Miledi, 1965a, 462 geht es etwa um die *unerwartete* Differenz der e.p.p.-Amplitude bei fokaler und orthodromer Stimulation, in Katz und Miledi 1967a, 543 um die *nicht erwartete* Verzögerung des e.p.p.-Beginns bei verlängertem Stimulationsstrom. In Katz und Miledi 1965c, 499 wird die Frage nach einer Erklärung für die *unerwarteten* Wertdifferenzen von intrazellulär und extrazellulär durchgeführten e.p.p.-Messungen aufgeworfen.

Ogleich die mittels des Gesetzes errechneten Werte nicht ganz mit den gemessenen Werten übereinstimmen, werden die Erklärungsbemühungen mit der Vermutung abgeschlossen, dass

„the discrepancy [between expected and measured velocities, JK] is more likely to arise from inaccuracies in the quantitative assumptions on which the calculation is based” (ebd., 480).

In diesem Fall wird zu Erklärungszwecken also wieder ein quantifizierendes Gesetz herangezogen. Ferner wird die Erklärungsbemühung mit einer *Vermutung* über instanziierte (quantifizierbare) Randbedingungen abgeschlossen, welcher nicht weiter nachgegangen zu werden braucht.

Es ist auffällig, dass nahezu alle Stellen, an denen die Autoren die Ausdrücke ‚explanation‘ und ‚explain‘ verwenden, zu dem Verständnis passen, das ich soeben durch einige Beispiele illustrierte. Insbesondere durch die Verwendung von Gesetzen zu Erklärungszwecken (insbesondere also durch die Abwesenheit einer Beschränkung auf explizite Kausalerklärungen) geben die Ausführungen der Autoren keinen Anlass zur Formulierung von E1, E3, E4, sowie der zweiten Hälfte von E2. Ferner geben die Autoren (entgegen der ersten Hälfte von E2) keinen Grund zu der Annahme, dass Verweise auf Ursachen *per se* etwas Erklärendes sind, geschweige denn, dass die Ursachen selbst erklären. Erklären ist für die Autoren offensichtlich eine ganz bestimmte Teilpraxis der Experimentauswertung, deren Aktualisierung immer dann gefragt ist, wenn Aspekte an einem Experimentalergebnis nicht zu erwarten waren. Es ist für sie *nicht* – wie es Ansicht der Mechanisten ist – die Praxis der Erzeugung und Zusammenfügung wissenschaftlichen Wissens selbst. Ausführlicher möchte ich nun noch auf die einzige Stelle in den Publikationen der Autoren eingehen, die mit E5 assoziiert werden kann, da hier die einzige Verbindung zwischen Erklärungen und Wahrscheinlichkeit hergestellt wird.

In ihrem 1965b-Paper dokumentieren die Autoren ihre Untersuchungen zur sog. Latenzzeit zwischen der präsynaptischen und der postsynaptischen Potenzialänderung nach orthodromer Stimulation. Für die Messreihe stellten sie die Calcium-Konzentration des Mediums zuvor so ein, dass etwa die Hälfte der Stimulationen des Axons zu einem e.p.p führen würde (Katz und Miledi 1965b, 485). Denn bekanntlich führt nicht jede präsynaptische Potenzialänderung, die groß genug ist, um eine postsynaptische Potenzialänderung auszulösen, auch tatsächlich zu einer solchen. Faktoren, die die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer postsynaptischen Potenzialänderung nach präsynaptischer Stimulation beeinflussen, müssen entweder etwas mit der Freisetzung von Neurotransmittern aus der Präsynapse, mit deren Diffusion durch den

synaptischen Spalt, oder aber mit deren Bindung an die postsynaptische Membran zu tun haben. Die Höhe der lokalen Calciumkonzentration hat Einfluss auf die Transmitterfreisetzung. In der Messreihe (erwartungsgemäß stellte sich bei etwa der Hälfte der 500 Stimulationen ein e.p.p. ein) detektierten die Experimentatoren wider Erwarten eine gewisse Fluktuation der Latenzzeit (‘latency fluctuation’), zu der sich eine Wahrscheinlichkeitsverteilung angeben ließ. Das Vorliegen einer solchen unerwarteten Fluktuation verlangte eine Erklärung.

Zu diesem Zweck stellen die Autoren folgende Erwägung an: Angenommen, die Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Auftreten eines e.p.p. (nach Axon-Stimulation) sei eine Funktion *nur* von solchen Randbedingungen, die eine Rolle in der *Freisetzung* der Neurotransmitter spielen. Dann könnte die statistische Verteilung der Fluktuation der Latenzzeit bei *stattfindenden* postsynaptischen Potenzialen auf das gleiche unregelmäßig erscheinende ‚molekulare Verhalten‘ zurückgeführt werden, von dem es auch abhängt, ob überhaupt ein e.p.p. auftritt oder nicht. Unter dieser Annahme verweist die Tatsache, dass nach Axon-Stimulation e.p.p.s mit unterschiedlichen Latenzzeiten auftreten, darauf,

„that the nerve impulse [arriving at the presynaptic terminus after axon-stimulation, JK] is followed by a period of a few milliseconds during which the *probability* of quantal release [of neurotransmitters, JK] is increased the histogram of figure 4 [showing the frequency distribution of postsynaptic potentials over latency time, JK] showing the time course of this probability change“ (ebd., 489).

Wenn sich also eine Potenzialänderung am präsynaptischen Terminus ereignet, dann wären dieselben, noch unverstandenen molekularen Ereignisse dafür verantwortlich, erstens, ob überhaupt ein postsynaptisches Potenzial stattfindet, und zweitens, mit welcher Latenzzeit dieses stattfindet. Daraus folge:

„The latency fluctuations can, therefore, be explained as a statistical consequence of the quantal mechanism of transmitter release“ (ebd., Unterstreichung JK)

Was hier also (wiederum mit Hilfe einer Hypothese) *theoretisch* erklärt wird, ist nicht das Eintreten eines Ereignisses, sondern vielmehr die generelle Tatsache, dass Latenzzeit-Fluktuationen stattfinden. Diese einzige Stelle, an der die Autoren explizit die Rede über Wahrscheinlichkeit in ein Erklärungssprachspiel aufnehmen, zeichnet sich also *nicht* dadurch aus, dass eine Ursache zur Erklärung eines Ereignisses herangezogen wird, wobei typgleiche Ereignisse nach dem Eintreten von Ursachen des einschlägigen Typs im Allgemeinen nur zu

einer gewissen, nicht einmal hohen Wahrscheinlichkeit einzutreten pflegen. Es ist vielmehr ein statistischer Befund selbst, dessen Vorliegen (durch eine Hypothese) erklärt wird.

Die Schriften von Katz und Miledi bestätigen also die Normen bzw. Merkmale E1-E5 nicht (sofern man den ersten Teil von E2 so versteht, dass hier allen Ursachen zugeschrieben wird, ihre Wirkungen zu erklären). Ferner können sie nicht zur Bestätigung der Unterscheidung zwischen objektiven Erklärungen und explanatorischen Texten herangezogen werden, da die Forscher Erklären eindeutig als kognitive Tätigkeit begreifen, in der es – entsprechend dem DN/IS-Begriff der Erklärung – darum geht, die Vorhersagbarkeit unerwarteter Aspekte an Experimentalergebnissen *ex post* darzulegen. Dies geschieht mittels eines Bezugs auf hypothetische Ursachen jener Aspekte oder durch Ableitung des Vorliegens jener Aspekte aus einem Gesetz oder einer Theorie. Dass sich in den Texten von Katz und Miledi keine Unterscheidung zwischen objektiven Erklärungen und explanatorischen Texten findet, dass die von den Autoren angeführten Erklärungen in der Regel in einem hypothetischen Modus formuliert sind (ohne dass der Anspruch weiterer Bestätigung besteht) und ferner, dass die Erklärungen teils in Ableitungen von Aussagen (etwa aus Theorien) bestehen, all das widerspricht der Konzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen. Natürlich gilt diese Kritik nur, insofern der Begriff der wissenschaftlichen Erklärung aus Katz' und Miledis Verwendung der Ausdrücke ‚explanation‘ und ‚explain‘ bestimmt wird. Eine andere Möglichkeit sehe ich für Craver auf der Grundlage seiner methodologischen Erörterungen (vgl. 2.1) allerdings nicht.

Das Ergebnis der methodischen Kritik an der Rechtfertigung des Mechanistischen Erklärungsbegriffs lautet also: Craver kann den Mechanistischen Erklärungsbegriff, demzufolge Erklärungen Beschreibungen von Mechanismen sind, nicht überzeugend rechtfertigen. Jedenfalls gibt die einzige Möglichkeit methodischen Vorgehens, die ihm auf Grundlage seiner methodischen Unterbestimmtheit bleibt (die Orientierung an faktischer Ausdrucksweise), keinen Anlass zu diesem Erklärungsbegriff.

2.3.3 Inhaltliche Kritik am Begriff von Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen

Ich komme nun zum zweiten, wesentlich kürzeren Teil der allgemeinen Kritik am Mechanistischen Erklärungsbegriff, nämlich zu einigen inhaltlichen Kritikpunkten. Wieder zielt die Kritik auf die Konzeptualisierung der Darstellung von Mechanismen als Beschreibungen ab. Hier stellen sich meiner Ansicht nach zwei inhaltliche Probleme.

Erstens ist die Verwendung des Begriffs der Beschreibung für die infrage stehenden Lehrbuch-Darstellungen inadäquat, weil es dort häufig um Dinge und Ereignisse geht, die gar

nicht der Beschreibung fähig sind, da sie überhaupt nicht beobachtbar sind. Aussagen über sie sind vielmehr Ergebnisse von *Schlüssen* aus Prämissen, die unter anderem den *Beschreibungen* von *Experimentalprozeduren* und deren (an Mess- oder Detektionsapparaten vorliegenden) *Ergebnissen* entnommen werden. Jeder Student eines molekularbiologischen Fachs wird mit diesem Unterschied explizit konfrontiert, wenn die Versuchsleitung ihn ermahnt, die Experimentalergebnisse *nur zu beschreiben*, und noch keine ‚Deutungen‘ vorzunehmen. Aussagen wie ‚Protein X bindet an dieser und jener Stelle an die genomische DNA‘ sind niemals Teil solcher Beschreibungen. Die Beschreibung bezieht sich in diesem Fall beispielsweise auf die Fotografie eines Gelelektrophorese-Ergebnisses, also auf die Fotografie einer Gelscheibe, auf der ein bestimmtes Muster verschmierter Flecken zu sehen ist. Erst *Schlüsse*, die einerseits auf der Beschreibung des Gel-Fotos, andererseits auf Beschreibungen der Experimentaldurchführung sowie bewährten wissenschaftlichen (insbesondere chemischen und physikalischen) Generalisierungen beruhen, führen zur Erzeugung einer Aussage über die Bindung des Proteins an die DNA. Auch wenn solche Schlüsse routinemäßig durchgeführt werden, bleiben sie Schlüsse. Man sollte hier ein Mindestmaß an begrifflicher Genauigkeit nicht aufgeben, wie Carnap es an einer entsprechenden Stelle offensichtlich tut, um die von vielen Wissenschaftlern und Nicht-Wissenschaftlern vertretene Ansicht zu rechtfertigen, Gegenstände wie Stromstärke seien beobachtbar (und folglich auch beschreibbar):

„Ein Philosoph könnte einwenden, daß eine elektrische Stromstärke nicht wirklich beobachtet wird. Nur eine Zeigerstellung wurde beobachtet. Ein Ampèremeter wurde in den Stromkreis eingebaut, es wurde festgestellt, daß der Zeiger auf den Teilstrich 5,3 zeigte. Es wurde sicher nicht die Stromstärke beobachtet. Sie wurde *erschlossen* aus dem, was man beobachtete. Der Physiker würde antworten, dies sei schon wahr, aber der Schluß wäre nicht sehr kompliziert“ (Carnap 1969, 225).

Nun bedarf es weder eines Philosophen noch eines Physikers, um zu erkennen, dass auch ein nicht sehr komplizierter Schluss ein Schluss ist, genauso wie auch eine nicht sehr komplizierte Mathe-Aufgabe eine Mathe-Aufgabe ist.

Selbst wenn der Mechanismus nicht von molekularen Ereignissen handelt, sondern von Ereignissen, von denen zumindest einige prinzipiell beobachtet werden können, ist die Darstellung des Mechanismus nicht als Beschreibung zu werten, da man den *zusammenhängenden Verlauf* dieser Ereignisse (den ‚Mechanismus‘) nicht beobachten kann. Eine Charakterisierung des dem Patellarsehnenreflex ‚zugrunde liegenden‘ Mechanismus könnte etwa lauten: Bei einem Schlag unter die Kniescheibe wird die Patellarsehne gedehnt. Diese übt eine Zugspannung auf den vierköpfigen Oberschenkelmuskel aus und bewirkt dessen Dehnung. Die Deh-

nung des Muskels führt (aufgrund der im Muskel befindlichen Dehnungsrezeptoren) zu einer elektrischen Erregung sensibler Nerven. Diese leiten die elektrische Reizung an die Lumbalsegmente L2-L4 des Rückenmarks weiter. Dort wird die Erregung (chemisch) auf Motoneurone übertragen, die in den Nervus femoralis einstrahlen. Die Erregung wird über diesen Nerv weitergeleitet und (chemisch) auf den vierköpfigen Oberschenkelmuskel übertragen. Dies führt zu dessen Kontraktion, die eine Zugspannung auf die Sehnen ausüben, die ihn mit dem Schienbein verbinden, woraufhin das Kniegelenk gestreckt wird. Eine solche Charakterisierung ist keine Beschreibung eines Verlaufs, dem irgendein Beobachter jemals beigewohnt hat. In Kap. 5 werde ich – deskriptiv adäquat, wie ich finde – dafür argumentieren, dass solche sprachlichen Charakterisierungen als Konstruktionen also als ‚Zusammensetzungen‘ etlicher Einzelerkenntnisse zu verstehen sind, die in verschiedenen Experimenten gewonnen werden, in welchen die Einzelereignisse isoliert voneinander erforscht werden. Bei der Zusammensetzung solcher Erkenntnisse handelt es sich dann um die Konstruktion eines Modells.

Es lässt sich noch ein zweiter inhaltlicher Kritikpunkt anführen: Der Manipulationistischen Theorie von Woodward zufolge (die Mechanisten wie Craver übernehmen) ist die logische (sprachliche) Form eines Kausalurteils – und somit jeden Kausalwissens – die Form des generellen Konditionals, wobei sich die Generalität immer auch auf Zeitpunkte bezieht: ‚Immer wenn in Bedingungen *W* eine Intervention *I* vorgenommen wird, dann ...‘. Dies folgt zum einen unmittelbar aus der Forderung nach Reproduzierbarkeit (vgl. 2.2.3). Des Weiteren ist diese Form auch deshalb essentiell, weil sie nötig ist, um kontrafaktische Aussagen darüber zu stützen, was geschehen würde, würde in Bedingungen *W* diese und jene Intervention *I* vorgenommen. Das Erstellen solcher kontrafaktischer Aussagen unter Bezug auf Kausalwissen ist Woodward zufolge gerade ein Kernelement seines Manipulationistischen Ansatzes.¹¹²

Eine in diesem Sinne generelle Konditionalaussage ist kein Kandidat für das Ergebnis einer Beschreibung, denn ihr Gehalt erstreckt sich auch auf Zeitpunkte, die noch gar nicht eingetreten sind – es handelt sich daher um eine generelle Hypothese, nicht um eine allgemeine Beschreibung, die in ihrem Geltungsanspruch stets auf eine bestimmbar Menge bereits eingetretener Fälle relativiert ist (vgl. 1.1.3).

Die Mechanisten könnten sich gegen diese Kritikpunkte mit dem Hinweis wehren, dass die Charakterisierungen von Mechanismen natürlich nicht in i.e.S. deskriptiven sondern in i.w.S. deskriptiven Aussagen verfasst, dass Mechanistische Erklärungen also nicht wirklich Beschreibungen seien. Es wird aber, wie ich schon öfter bemerkte, an keiner Stelle ausgeführt,

¹¹² Vgl. das einleitende Zitat in 2.3.3 sowie Woodward 2003, 193.

unter was für alternative Begriffe solche Darstellungen und ihre Erzeugungstätigkeiten fallen. Meiner Ansicht nach lassen sich diese begrifflichen Probleme des Mechanistischen Ansatzes durch eine alternative Konzeptualisierung beheben, die Begriffe der wissenschaftlichen Modellkonstruktion einschließt (vgl. Kap. 5).

2.4 Zusammenfassung

In Kapitel 2 stellte ich die Grundzüge der Mechanistischen Konzeptualisierung physiologischer Praxis dar. In 2.1 zeigte ich, dass Craver, auf den große Teile der Mechanistischen Konzeptualisierung zurückgehen und der meinem Ermessen nach die explizitesten Reflexionen auf die Methoden der Konzeptualisierung anstellt, ein methodisches Vorgehen vorsieht, das dem von mir in 1.2 begründeten in einigen Aspekten ähnlich ist: Um wissenschaftliche Praxis zu verbessern und eventuell wissenschafts-transzendente Folgerungen aus dem erfolgreichen Vollzug dieser Praxis bzw. aus ihren Ergebnissen zu ziehen, müssen die die wissenschaftliche Praxis anleitenden Normen herausgearbeitet und gerechtfertigt werden, wobei der Nachweis deskriptiver Adäquatheit einer so entstehenden Konzeptualisierung wünschenswert ist. Da Craver seinem Programm keine sprachphilosophische Fundierung verleiht, bleibt es aber dahingehend unbestimmt, wie genau die Begriffe für wissenschaftliche Teilpraxen (und ihre Ergebnisse) einzuführen sind. Da die Explikation des Begriffs einer Praxis meiner Ansicht nach mit einer Normierung dieser Praxis einhergeht, stellt diese methodische Unterbestimmtheit ein grundlegendes Problem für Cravers Konzeptualisierung dar.

Den Mechanisten zufolge dient physiologische Praxis der Erzeugung von Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen und ihre Teile. Dieses wird – wie ich in 2.2 darstellte – in Form von Mechanistischen Erklärungen gegeben, bei denen es sich um allgemeine Beschreibungen von Mechanismen handelt, die die zu erklärenden Phänomene hervorbringen. Sprachliche oder bildliche Beschreibungen von Mechanismen sind Beschreibungen von Ereignissen, die in einer bestimmten räumlichen und zeitlichen Ordnung eintreten und zwischen denen bestimmte Kausalrelationen vorliegen. Sie sind sprachliche oder bildliche Abbildungen der objektiven, in der Realität vorliegenden Erklärungen, also der in der Welt ablaufenden Mechanismen.

In Ätiologischen Mechanistischen Erklärungen ist das Phänomen selbst ein Ereignis des Mechanismus – die übrigen Ereignisse des Mechanismus haben prinzipiell unterschiedlichen Einfluss darauf, ob das Ereignis stattfindet oder wie es genau stattfindet (wie genau die verursachte Aktivität einer Entität beschaffen ist). Das dazu nötige Kausalwissen wird in Experi-

menten erzeugt, die bestimmten idealen Interventionsbedingungen (vgl. Box 4 in 2.2.3) genügen.

In Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen ist das Phänomen ein Verhalten ψ an einer Entität N , das durch einen zugrunde liegenden, zeitgleich an bestimmten Teilen von N ablaufenden Mechanismus konstituiert wird. Die Entdeckung eines konstitutiven Mechanismus geschieht in Experimenten eines eigenen Typs. Craver zufolge gehört ein Teil X_i von N , welcher ein Verhalten φ_i zeigt, genau dann zum konstitutiven Mechanismus, wenn X_i 's φ_i -ing raumzeitlicher Teil von N 's ψ -ing ist und wenn sich ferner die das Verhalten von X_i und N repräsentierenden Interventionsvariablen $\Phi(X_i)$ und $\Psi(N)$ wechselseitig und simultan (und in einschlägiger Hinsicht) manipulieren lassen. Einige Autoren kritisierten diese Konzeptualisierung von Experimenten zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen. Baumgartner und Casini schlugen auf dieser Grundlage eine alternative Konzeptualisierung in Form des NDC-Ansatzes vor: Ein Mechanismus besteht diesem Ansatz zufolge aus einer Menge von Teilen X_1, X_2, \dots, X_n von N , die je ein spezifisches (gleich indiziertes) Verhalten $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ zeigen. Er konstituiert das Verhalten ψ von N genau dann, wenn jede durch Intervention erzielte einschlägige Änderung der Interventionsvariablen $\Psi(N)$ zu einer einschlägigen Änderung auch mindestens einer Interventionsvariablen $\Phi(X_i)$ führt, wenn ferner diese Bedingung nicht durch eine starke Teilmenge der sich spezifisch verhaltenden Teile X_1, X_2, \dots, X_n erfüllt ist, und wenn jene simultanen Manipulierbarkeitsverhältnisse sich auch durch etliche Versuche ‚chirurgischer‘ (Variablen einzig auf *einer* Konstitutionsebene betreffende) Intervention nicht entkoppeln lassen.

In 2.3 führte ich einige Kritikpunkte an der Mechanistischen Konzeptualisierung an, die eine Grundlage für meine alternative Konzeptualisierung bilden, welche den Begriff der Konstitution im Mechanistischen Sinne sowie die mit diesem Begriff zusammenhängenden Begriffe nicht beinhaltet. In 2.3.1 stellte ich die deskriptive Adäquatheit der beiden eben skizzierten Begriffe experimenteller Praxis zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen in Frage. Um Mechanismen zu entdecken, die das Verhalten von Lebewesen oder Zellen konstituieren, fordern beide Ansätze *in-vivo*-Experimente. Solche Experimente stellen aber einen sehr begrenzten Teil des physiologischen Methodenarsenals dar und bieten nicht die Möglichkeit, die Gesamtheit des Wissens hervorzubringen, das den Mechanisten zufolge in Beschreibungen entsprechender konstitutiver Mechanismen auftaucht. Die Skizzierung zweier historischer Beispiele bestätigte diesen Eindruck.

In 2.3.2 und 2.3.3 übte ich Kritik an dem grundlegenden Merkmal des Mechanistischen Erklärungsbegriffs, demzufolge Erklärungen Beschreibungen von Mechanismen sind, und das ich

als diejenige Bestimmung in der Mechanistischen Konzeptualisierung ansehe, die den Begriff der Konstitution erforderlich macht. Cravers Begründung für die Einführung dieses Erklärungsbegriffs ist, so argumentierte ich in 2.3.2, zu bemängeln, wobei diese Mängel offensichtlich eine Folge der methodischen Unterbestimmtheit seiner Reflexionen sind. Da er keine Methode angibt, wie man die Begriffe für Praxen (und somit die Normen für Praxen) explizieren kann, bleibt ihm nichts anderes übrig, als einzig den faktischen Gebrauch der diese Praxen bezeichnenden Ausdrücke zu betrachten, ohne diesen einer begründeten, differenzierten Analyse unterwerfen zu können. Durch die Betrachtung einiger normalsprachlicher Verwendungen von ‚explain‘ und ‚explanation‘ kommt er zu dem Schluss, dass es objektive Erklärungen gibt, die wie Dinge vorliegen und die es in erklärenden Texten folglich abzubilden – zu beschreiben – gilt. Auf der Grundlage meines in 1.1.2 skizzierten Sprachverständnisses ließ sich dieser Schluss aber kritisieren, da durch ihn offensichtlich verkürzten normalsprachlichen Redeweisen ein zu hohes Gewicht in der Begriffsexplikation eingeräumt wird. Die Eigenschaft von Erklärungen, Beschreibungen zu sein, die damit zusammenhängende Unterscheidung objektiver Erklärungen und erklärender Texte, sowie weitere grundlegende Normen Mechanistischer Erklärungen ließen sich ferner nicht mit der wissenschaftlichen Evidenz rechtfertigen, auf die Craver genau zu diesem Zweck verweist.

Die Konzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen, so ergänzte ich in 2.3.3, besitzt ferner inhaltliche Defizite: Die Ereignisse molekularbiologischer Mechanismen sind nicht beobachtbar (und somit nicht beschreibbar), da molekularbiologische Entitäten nicht beobachtbar sind. Auch Charakterisierungen von Mechanismen, die von prinzipiell beobachtbaren Entitäten handeln, können keine Ergebnisse von Beschreibung sein, da niemand die entsprechenden komplexen Verläufe beobachtet. Da das Kausalwissen, das in den Charakterisierungen solcher Mechanismen vermittelt wird, in der Regel in Experimenten bewährt wird, die die später im Mechanismus auftauchenden Ereignisse isoliert behandeln, handelt es sich bei den Charakterisierungen von Mechanismen offenkundig um das Ergebnis von Schlüssen (genauer: um das Ergebnis von Modellkonstruktionen, wie ich in Kap. 5 argumentiere) und damit nicht um Beschreibungen. Gegen die Konzeptualisierung der Darstellungen von Mechanismen als Beschreibungen spricht schließlich noch, dass die Darstellungen generelles Kausalwissen vermitteln, die Form von generellen Kausalurteilen (über Zeitpunkte allquantifizierende Konditionalaussagen) allerdings nicht für Beschreibungsaussagen infrage kommt.

Kapitel 3: Kausalität und Experiment – die Grundlagen wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis

Im Rahmen meiner Arbeit soll physiologische Praxis als Mittel zu dem Zweck bestimmt werden, möglichst effizientes Manipulations- und Vorhersagewissen in Bezug auf die grundlegenden Lebenserscheinungen von Lebewesen zu akkumulieren. Effizienz bezieht sich dabei einerseits auf die Anwendung und Lehre des Wissens (eingelöst etwa durch ein hohes Maß an Generalität und eine zweckmäßige Organisation der akkumulierten Wissensbestände), andererseits auf die Unterstützung der Akkumulation weiteren Wissens (Produktivität) (vgl. 1.3). In Kap. 3 möchte ich entsprechend der Rekonstruktionsskizze in 1.3 untersuchen, mit welchen Mitteln dieser Zweck erreicht werden kann. Wäre die Zweckvorstellung einzig auf die Akkumulation von Manipulationswissen beschränkt, wäre die Experimentalpraxis direkt als aussichtsreichster Kandidat für die Praxis der Erzeugung wissenschaftlichen Wissens auszumachen. In Kap. 3 argumentiere ich dafür, dass sie auch unter gegebener komplexerer Zweckvorstellung (die die Akkumulation auch von Vorhersagewissen einschließt) ein angemessenes Mittel ist.

Ich möchte diesen Anspruch folgendermaßen einlösen: In 3.1 stelle ich die Frage, wie wir in lebensweltlichen Kontexten verlässliches Vorhersage- und Manipulationswissen gewinnen können, und argumentiere dafür, dass dies durch eine Praxis geschieht, die jeder als eine Praxis lebensweltlichen Experimentierens wiedererkennen wird („Herumexperimentieren“). In 3.2 werde ich dann Restriktionen anführen, die eine hohe Generalität des Experimentalwissens gewährleisten, sodass ein in diesem Sinne *wissenschaftliches* Experimentieren den Zweck, zu dem physiologische Praxis Mittel sein soll, zum Teil erreichbar macht. In 3.2 werde ich ferner zeigen, dass zur Erreichung der weiteren Zweckbestimmungen (zweckmäßige Organisation und Produktivität) eine in vielen Wissenschaften übliche Option – nämlich die Konstruktion von Theorien – in der Physiologie nicht infrage kommt.

3.1 Lebensweltliche Kausalerkenntnis

Meine Strategie für 3.1 lautet folgendermaßen: Ich argumentiere zunächst, dass die Frage nach einer Praxis, die Manipulations- und Vorhersagewissen erzeugt, durch die Frage nach einer Praxis ersetzt werden kann, die Ursache-Wirkungs-Wissen, also Kausalwissen erzeugt. Dies ist gerechtfertigt, da unserem lebensweltlichen Verständnis zufolge der Besitz von Kausalwissen den Besitz von Manipulations- und Vorhersagewissen impliziert. Ich werde drei

klassische Ansätze diskutieren, die sich mehr oder minder explizit mit verschiedenen Praxen befassen, die Mittel zum Erwerb von Kausalwissen sein sollen. Der von mir unterstützte Ansatz wird die gesuchte Praxis im Experimentieren lokalisieren.

Die Auswahl der drei Ansätze erfolgt insbesondere vor dem Hintergrund meiner Fragestellung, die in erster Linie als Frage nach akkurater Kausalerkenntnis formuliert werden könnte. Es ist eine weitere philosophische Frage, ob man sie als *bloße* Frage nach der Ermittlung von Kausalwissen bezeichnet, oder ihrer Beantwortung zugesteht, etwas über den *Begriff* der Kausalität auszusagen (s.u.).

Am kürzesten werde ich mich in Abschnitt 3.1.1 mit der Theorie von D. Lewis befassen. In Abschnitt 3.1.2 werde ich relevante Stellen aus J. L. Mackies Theorie betrachten und in 3.1.3 auf G. H. v. Wrights Interventionistischen Ansatz eingehen. Letzterer zeichnet sich vor den beiden vorher besprochenen Ansätzen durch die Sonderstellung aus, die er dem Experiment beim Erwerb von Kausalwissen zuerkennt. Auch Woodward's Ansatz (vgl. 2.2.3) kann als Interventionistischer Ansatz bezeichnet werden, er passt aber insofern nicht nahtlos in den Rahmen meines Projekts, da Woodward Kausalwissen nur (oder maßgeblich) als Wissen analysiert, das zu Manipulationszwecken einsetzbar sein muss, während die Bestimmung als Vorhersagewissen in den Hintergrund tritt.¹¹³ Aus diesem Grund muss Woodward – anders als der Interventionist v. Wright – auch nicht aufwendig begründen, dass Experimentieren die beste Praxis der Kausalerkenntnis ist. Bei der Besprechung des v. Wright'schen Ansatzes werde ich noch weitere kritische Anmerkungen zu Woodward's Theorie machen.

Bevor ich mit der Diskussion der drei Ansätze beginne, möchte ich einerseits unser lebensweltliches Verständnis von Ursache-Wirkungs-Relationen skizzieren und darauf hinweisen, dass diesem Verständnis zufolge der Besitz von Kausalwissen den Besitz von Manipulations- und Vorhersagewissen impliziert. Dann möchte ich noch eine Rechtfertigung dafür geben, warum ich gerade die drei genannten Ansätze diskutiere.

A. Hüttemann charakterisiert unser (lebensweltliches) Verständnis von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen durch die folgenden Merkmale:

- „1. *Raumzeitlichkeit*: Ursachen und Wirkungen haben einen Ort und einen Zeitpunkt.
2. *Zeitliche Priorität*: Ursachen gehen ihren Wirkungen gewöhnlich zeitlich vorher.
3. *Produktion*: Ursachen bringen ihre Wirkungen hervor. Ursachen führen dazu, dass Wirkungen auftreten. Sie erzwingen sie gewissermaßen.
4. *Asymmetrie*: Eine Ursache bringt eine Wirkung hervor, aber diese Wirkung bringt nicht auch ihre Ursache hervor. [...].

¹¹³ Vgl. etwa Woodward 2003, 30 und 32.

5. *Objektivität*: Ob etwas eine Ursache oder Wirkung ist, ist objektiv in dem Sinne, dass es nicht von den Interessen oder Meinungen der Menschen abhängt“ [...].

6. *Intrinsität/Lokalität* [...]: Ob zwei Ereignisse in einer Ursache-Wirkungs-Beziehung stehen, ist eine lokale oder intrinsische Angelegenheit, insofern sie allein von den Eigenschaften der beiden Ereignisse sowie ihren Beziehungen zueinander abhängt[...]" (Hüttemann 2013, 57f.).

Etwas später fügt der Autor noch hinzu:

„7. *Wiederholbarkeit*: Singuläre Kausalbeziehungen sind zwar per definitionem nicht wiederholbar, aber dann, wenn wir es mit einem Ereignis desselben Typs wie die Ursache zu tun haben, stellt sich ein Ereignis desselben Typs wie die Wirkung ein [...]" (ebd., 63).

Ich denke, dass die Merkmale (1), (2) und (4) nicht erläuterungsbedürftig sind. In Bezug auf Merkmal (2) ließe sich lediglich anmerken, dass die Möglichkeit von simultaner Kausalität und zeitlich rückläufiger Kausalität in der Literatur durchaus erwogen wird (etwa von Mackie, s.u.), dass ich der letztgenannten Form von Kausalität aber keinen Platz in meiner Konzeptualisierung einräume. Auch Merkmal (6) spiegelt eine unproblematische Ansicht wider: Ob beispielsweise der Diebstahl von Eisenlamellen die Ursache des Zusammensturzes des Kölner Stadtarchivs war, hängt davon ab, ob die Lamellen stützende Bauteile waren (ebd., 58). Merkmal (5) besagt, dass ein Ereignis des Typs S_1 Ursache eines Ereignisses des Typs S_2 auch dann sein kann, wenn wir meinen, dass dies nicht der Fall ist, und ebenso, dass unsere bloße Meinung, Ereignisse des Typs S_3 seien Ursachen von Ereignissen des Typs S_4 , noch nicht dazu führt, dass es sich tatsächlich so verhält. Merkmal (7) impliziert, dass regelmäßig auftretende Sequenzen von Ereignissen gleichen Typs teilweise darauf zurückzuführen sind, dass die Ereignisse in kausalen Relationen zueinander stehen. Aufgabe der Kausaltheorie wird es dann sein, einen Vorschlag zu machen, wie sich solche Sequenzen von Sequenzen unterscheiden, deren Glieder nicht kausal miteinander verbunden sind.

Merkmal (3) vermittelt den modalen Charakter, den wir Ursache-Wirkungs-Relationen unterstellen, und der auch in Merkmal (7) anklingt: Wenn sich eine Ursache (in passenden Bedingungen) ereignet, so *muss* die Wirkung eintreten. Dieser modale Charakter – so ließe sich obige Formulierung des Merkmals (3) ergänzen – gründet *nicht* in logischen oder semantischen Beziehungen zwischen den Ausdrücken für die Ursache und die Wirkung: Zwar erzwingt das Ereignis der Heirat eines (unverheirateten) Mannes dessen Verlust seiner Junggesellschaft. Diese Erzwingungsrelation rührt aber von den semantischen Vereinbarungen der Ausdrücke ‚Heirat‘, ‚unverheirateter Mann‘ und ‚Junggeselle‘ her.

Kommt uns, so ließe sich einwenden, durch die Einschränkung von Kausalität auf Fälle nicht-logischer und nicht-semanticischer Erzwingung letztlich nicht die Macht zu, zumindest bestimmen zu können, welche Ereignisse *nicht* kausal miteinander verbunden sein können (was einen Verstoß gegen Merkmal (5) bedeutete)? Denn wir sind frei, Ausdrücke, die wir zur Bezeichnung und somit zur sprachlichen ‚Einteilung‘ von Ereignissen verwenden, einzuführen (vgl. 1.1.2). Und damit sind wir es, die über die Bedeutung dieser Ausdrücke und folglich über die Relationen zwischen den Bedeutungen verschiedener Ausdrücke entscheiden.

Ich möchte kurz demonstrieren, dass der Einwand unberechtigt ist. Angenommen, wir sagen, die Aussaat der Samen in den richtigen Bedingungen verursache das Keimen der Samen. Gehen wir nun dazu über, das aus dem Austeilen der Samen auf dem Feld *und* dem Keimen der Samen bestehende ‚komplexe Geschehen‘ mit *einem* Ausdruck, nämlich ‚Aussaat der Samen‘ zu bezeichnen, während wir den Ausdruck ‚Keimen der Samen‘ in gleicher Bedeutung wie vorher verwenden, dann verursacht die Aussaat der Samen offensichtlich nicht mehr das Keimen der Samen, denn ‚die Samen werden ausgesät‘ impliziert dann analytisch ‚die Samen keimen‘. Das bedeutet jedoch nicht, dass wir über das Vorliegen der infrage stehenden Kausalrelation entscheiden können. Denn der Ausdruck ‚Aussaat der Samen‘ in der erweiterten Bedeutung bezeichnet ein *anderes* Ereignis als derselbe Ausdruck in der ursprünglichen, engeren Bedeutung. Wenn die Samen auf dem Feld ausgeteilt wurden, lässt sich ‚die Samen wurden ausgesät‘ nur in der ursprünglichen Bedeutung zuschreiben; um es auch in der weiteren Bedeutung zuzuschreiben, muss gewartet werden, bis die Samen keimen.

Nach dieser vorläufigen Erläuterung der sieben Merkmale möchte ich hervorheben, dass der Besitz von Kausalwissen aufgrund von Merkmal (3) den Besitz von Manipulations- und Vorhersagewissen impliziert: Weiß ich, dass Ereignisse des Typs S_1 das Eintreten von Ereignissen des Typs S_2 erzwingen, kann ich durch Verweis auf eine Instanziierung von S_1 eine begründete Vorhersage abliefern, dass bald S_2 instanziiert sein wird. Ferner kann ich ein S_2 herbeiführen, indem ich S_1 instanziiere. Aufgrund des Merkmals (3) ist es daher angemessen, die Praxen zur Gewinnung von Vorhersage- und Manipulationswissen als Praxen zur Gewinnung von Kausalwissen zu diskutieren.

Die drei Ansätze, die ich besprechen werde, haben eine ähnliche begriffliche Auffassung dieses zentralen Merkmals (3): Der Gehalt der Zuschreibung der Erzwingungsrelation an Ereignisse der Typen S_1 und S_2 liegt diesen Ansätzen zufolge in der Korrektheit kontrafaktischer Aussagen begründet wie: ‚Wäre ein S_1 dann und dann eingetreten (obgleich dies faktisch nicht der Fall war), dann wäre auch ein S_2 eingetreten (obgleich dies faktisch nicht der Fall war)‘, bzw.: ‚Würde ein S_1 eintreten, dann würde auch ein S_2 eintreten‘. Insbesondere die

letztgenannte, zukunftsbezogene Variante verdeutlicht die Relevanz solch einer Reformulierung für mein Projekt, in welchem es von besonderem Interesse ist, dass Kausalwissen auch *Vorhersagewissen* impliziert. Ein alternativer Umgang mit der Erzwingungs- und Produktionsrelation bestünde etwa in der Theorie von W. Salmon, in der Kausalität begrifflich an die Erhaltung physikalischer Erhaltungsgrößen geknüpft wird.¹¹⁴ Diese Theorie ist für mein Projekt allerdings unbrauchbar. Denn ihr zufolge ist die sichere Zuschreibung des Vorliegens einer Kausalrelation bereits von wissenschaftlichem Wissen abhängig (nämlich von der Zuschreibung von Werten an physikalische Erhaltungsgrößen), während meine Problemstellung vorsieht, die Zuschreibung von Kausalität im eben angegebenen Verständnis zunächst einmal unabhängig von wissenschaftlichem Wissen zu bestimmen.

Ich möchte abschließend noch darauf eingehen, wie sich die folgende Diskussion der Ansätze zu den drei von Mackie unterschiedenen Fragestellungen zur Kausalität verhält – der begrifflichen, der epistemologischen und der ontologischen Fragestellung. Die Bestimmung des Begriffs der Kausalität liegt diesem Autor zufolge in der Tätigkeit,

„to examine the meaning, and the logic, of several kinds of causal statements, the uses of what we can classify as causal language“ (Mackie 1974, 1).

Die begriffliche Analyse führt ihm zufolge zur Erkenntnis, dass der Gehalt von Kausalaussagen ein kontrafaktischer Gehalt ist. In der epistemologischen Fragestellung gehe es um etwas anderes, nämlich darum,

„how we can and do acquire causal knowledge, how we can learn about causal relationships, test, refute, establish, or confirm causal claims and hypotheses“ (ebd., 2).

Die Verbindung beider Fragestellungen sei allein eine indirekte:

„I would reject the verificationist theory that the meanings of causal statements, among others, are directly determined by the ways in which they are, or even can be, verified or tested, though of course it must be conceded that there are indirect connections between what a statement means and the way in which it can be checked“ (ebd., 2).

Die dritte Frage, die „ontological question“, sei „a question about how the world goes on“ (ebd., 1), welche in Anschluss an D. Hume danach frage, ob die Erzwingungsrelation zwi-

¹¹⁴ Vgl. für eine Zusammenfassung dieser Position Hüttemann 2013, 129 ff.

schen Ursache und Wirkung tatsächlich „in the objects“ (ebd.) liegt. Mackie gesteht zu, dass die Antwort auf diese Frage natürlich entscheidend davon abhängt, was für ein Begriff von Kausalität als der richtige anerkannt wird (ebd.). Diese Position ist meiner in der Einleitung formulierten Ansicht vergleichbar, dass es nur dann lohnenswert ist, aus dem Erfolg wissenschaftlicher Praxis Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ zu ziehen, wenn man über eine angemessene und klare Konzeptualisierung dieser Praxis verfügt. Mackies ontologische Fragestellung spielt im Rahmen meiner Arbeit keine Rolle.

In Bezug auf mein Verhältnis zur begrifflichen und zur epistemologischen Fragestellung will ich auf einen wichtigen Zusammenhang aufmerksam machen, der auch in den Zitaten Mackies anklingt: Nicht alle Wege, einen Gegenstand zu erkennen, geben Auskunft über den Begriff des Gegenstands; aus einem gegebenen Begriff lässt sich aber ein sicheres Vorgehen ableiten, wie ein unter diesen Begriff fallender Gegenstand erkannt werden kann (man beachte dabei meine Verwendung von ‚Begriff‘, siehe 1.1.2). Man könnte beispielsweise auf einem Waldspaziergang einen Gegenstand aufgrund der von ihm hervorgebrachten Laute als Reh identifizieren, ohne dass das Hervorbringen solcher Laute einen Platz im zoologischen Begriff des Rehs besitzt. Aber der zoologische Begriff ermöglicht natürlich ebenfalls die Identifikation oder Erkenntnis eines Gegenstands als Reh, und zwar – zumindest in Kontexten, in denen dieser Begriff anerkannt ist – die sicherste.

Im Rahmen meiner Arbeit interessieren mich Praxen (Verfahren) der Kausalerkenntnis allein insofern sie vollkommen allgemein bestimmt und darüber hinaus die sichersten Verfahren sind: Es geht nicht darum, konkrete Hinweise aufzuzählen, die in Einzelfällen bestimmter Art als gute Grundlage genutzt werden können, um auf das Vorliegen einer Kausalrelation zu schließen (analog zu den Anleitungen zur Identifizierung von Waldtieren an ihren Geräuschen, wie sie etwa in einem Handbuch zum Jagen stehen könnten). Es geht um eine begriffliche Begründung (also um eine vom Begriff der Kausalrelation ausgehende Begründung) einer Methode zur Zuschreibung von Kausalverhältnissen, die sich aus dem von allen drei Autoren in einer ähnlichen Weise vertretenen Verständnis des Gehalts solcher Zuschreibungen als eines kontrafaktischen Gehalts ergibt. Hierzu passt auch das je eigene Vorgehen der drei zu besprechenden Autoren. Für sie alle ist folgende Frage zentral: Gegeben, dass sich Kausalaussagen als kontrafaktische Aussagen reformulieren lassen – wie lassen sich kausale Regelmäßigkeiten zwischen Ereignissen dann allgemein und sicher von nicht-kausalen Regelmäßigkeiten unterscheiden?¹¹⁵

¹¹⁵ Etwa Lewis 1973, 397, Mackie 1962, 70ff. und v. Wright 1974, 52.

3.1.1 Die nomologische Analyse: Kausalerkenntnis durch das Erwägen möglicher Welten

Bei der Besprechung von Lewis' Gedanken werde ich meine eigenen Symbolvereinbarungen nicht verwenden, sondern mit Lewis' Notation arbeiten. Denn ich stelle Ereignisse als Sachverhalte dar, Lewis hingegen als Einzeldinge. Da Lewis aufgrund einer Kritik, die ihm im Rahmen meiner Konzeptualisierung entgegengebracht werden kann, im weiteren Verlauf der Arbeit keine besondere Relevanz mehr besitzen wird (weshalb ich seinen Ansatz auch entsprechend kurz vorstelle), entsteht dadurch keine Gefahr der Vermengung verschiedener Notationsweisen.

Lewis beginnt seine Ausführungen zur Kausalität mit einer Spezifikation des Kausalitätsbegriffs durch kontrafaktische Konditionale. Diese Spezifikation gründet auf der Voraussetzung, dass es neben kausalen Regularitäten auch akzidentelle Regularitäten gibt (Lewis 1973, 397), deren Verschiedenheit aus dem Begriff der Kausalität hervorgehen muss. Der Autor weist darauf hin, dass ihm zufolge eine kausale Abhängigkeit zwischen zwei Ereignissen hinreichend für die Existenz einer Kausalrelation zwischen diesen Ereignissen sei (ebd., 401). Ein Ereignis e hänge genau dann kausal von einem Ereignis c ab, wenn e und c voneinander verschieden sind, und die Propositionsfamilie $O(e)$, $\sim O(e)$ kontrafaktisch von der Propositionsfamilie $O(c)$, $\sim O(c)$ abhängt, wobei $O(x)$ der Sachverhalt ist, dass das Ereignis x stattfindet (ebd., 400f.). Die Propositionsfamilie $O(e)$, $\sim O(e)$ hänge genau dann kontrafaktisch von der Familie $O(c)$, $\sim O(c)$ ab, wenn die folgenden zwei kontrafaktischen Konditionale wahr sind: $O(c) \mapsto O(e)$ und $\sim O(c) \mapsto \sim O(e)$.¹¹⁶ In der von Lewis angewendeten Mögliche-Welten-Semantik hat der Operator \mapsto folgende Bedeutung:

„ $A \mapsto C$ is true (at a world w) iff either (1) there are no possible A -worlds (in which case $A \mapsto C$ is *vacuous*), or (2) some A -world where C holds is closer (to w) than is any A -world where C does not hold“ (ebd., 400).

Dabei bedeutet die Nähe-Relation zwischen Welten folgendes: Eine Welt w_2 ist näher an der Welt w_1 als w_3 , wenn sich w_2 und w_1 ähnlicher sind als w_3 und w_1 (ebd., 399). Es ist bekannt, dass die genaue Bestimmung der Ähnlichkeitsrelation bei Lewis ein kontroverser Punkt ist – Lewis selbst nennt den Begriff der Ähnlichkeit *vage* (Lewis 1979, 41).

Im Kontext der exemplarischen Analyse des kontrafaktischen Konditionals ‚Wenn Nixon den Knopf gedrückt hätte, hätte es einen Atomkrieg gegeben‘ (ebd., 41 – 51) stellt Lewis mit den

¹¹⁶ Ebd., 400f.; anderes Operatorsymbol als im Original.

folgenden vier Bedingungen ein Wahrheitskriterium für Ähnlichkeitsaussagen bereit – die Bedingungen liefern damit Kriterien, Ähnlichkeit zuzuschreiben:¹¹⁷

„(1) It is of the first importance to avoid big, widespread, diverse violations of law.

(2) It is of the second importance to maximize the spatio-temporal region throughout which perfect match of particular fact prevails.

(3) It is of the third importance to avoid even small, localized, simple violations of law.

(4) It is of little or no importance to secure approximate similarity of particular fact, even in matters that concern us greatly“ (ebd., 47 f.).

Da es sich explizit um eine Priorisierung handelt, lässt sich die Wahrheitsbedingung einer Ähnlichkeitsaussage auch folgendermaßen formulieren: Eine Welt w_2 ist einer Welt w_1 näher, als es eine Welt w_3 ist, wenn – relativ zu w_1 – in w_3 Bedingungen höherer Priorität verletzt sind als in w_2 . Hüttemann zufolge ist der Ausdruck ‚Ähnlichkeit‘ bei Lewis mithilfe dieser vier Bedingungen eliminierbar (Hüttemann 2013, 109).

Die Bedingungen (1) und (3), die sich auf Naturgesetze beziehen, sollen nun noch etwas erläutert und voneinander abgegrenzt werden. Wenn ein Naturgesetz in einer Welt w_2 – im Vergleich zu einer Welt w_1 – verletzt wird, bedeutet das in Bezug auf beide Bedingungen nicht, dass die Gesetze von w_2 zwar mit denen von w_1 übereinstimmen, an einer gewissen Raumzeitstelle von w_2 allerdings etwas passiert, was diesen Gesetzen widerstreitet. Es bedeutet vielmehr, dass sich die Gesetze von w_2 und w_1 mindestens in einer Hinsicht unterscheiden (Lewis 1979, 44f.). Ein Verstoß gegen (1), also ein Fall eines verbreiteten Unterschiedes in Naturgesetzen oder einer verbreiteten Verletzung von Naturgesetzen liegt etwa vor, wenn in w_1 und w_2 Gravitationskonstanten unterschiedlicher Werte ermittelt werden können, etwa $G_{w1}=6,67*10^{-11} \text{ N*m}^2/\text{kg}^2$ und $G_{w2}=5,67*10^{-11} \text{ N*m}^2/\text{kg}^2$. Ein Verstoß gegen (3), also der Fall eines kleinen und lokalisierten Unterschiedes bzw. einer kleinen und lokalisierten Verletzung, könne etwa ausgesagt werden, wenn zu einem bestimmten Zeitpunkt in den beiden Nixons der verglichenen Welten unterschiedliche neuronale Aktivität zu messen ist – für Lewis kann dies zumindest auf eine geringfügige Differenz der einschlägigen Gesetze beider Welten hinweisen (ebd.).

Aus der Perspektive meines Projekts lässt sich ein Einwand der Zirkularität gegen Lewis erheben. Dessen Theorie macht nämlich die Prüfung eines Kausalurteils von der Kenntnis von (wissenschaftlich zu bewährenden) Naturgesetzen abhängig (weshalb ich ihr auch den Titel

¹¹⁷ Zumindest ist eine solche Lesart nicht nur möglich, sondern auch angemessen, denn mir sind keine alternativen Vorschläge zur Auszeichnung von Ähnlichkeitsrelationen bei Lewis bekannt.

„nomologische Analyse“ gab). Die Kenntnis von Naturgesetzen impliziert aber zumindest in vielen Fällen die Kenntnis über Erzwingungsrelationen zwischen Ereignissen bestimmter Typen (das setze ich als unstrittig voraus). Zumindest können wir auf der Grundlage der Kenntnis von Naturgesetzen gezielt Manipulationen vornehmen und begründete Vorhersagen treffen. Dies gilt auch für den scheinbaren „Problemfall“ eines kleinen und lokalen Unterschieds der Gesetze von w_2 im Vergleich zu denen von w_1 , der sich nur in einer abweichenden neuronalen Aktivität von Nixon zu einem gewissen Zeitpunkt bemerkbar machen kann. Wer die (relevanten) Gesetze von w_2 kennt, hätte das in Bezug auf w_1 als Gesetzes-Abweichung erscheinende Ereignis in w_2 vorhersagen können. Da ich in meinem Projekt an Kausalerkenntnis unter anderem deshalb interessiert bin, weil Kausalwissen Vorhersagen (und Manipulationen) ermöglicht, wäre es für mich nicht ratsam, ein Verfahren der Kausalerkenntnis anzunehmen, demzufolge Vorhersagewissen vorausgesetzt wird, um Kausalwissen zu erwerben. In einem konkreten Anwendungsfall ist dies natürlich gar kein Problem, weil sich das vorauszusetzende Vorhersagewissen prinzipiell auf andere Ereignisse beziehen könnte als diejenigen Ereignisse, deren kausale Assoziation gerade infrage steht. Mir geht es in meinem Projekt aber nicht um den Erwerb von Kausalwissen über bestimmte Ereignisse; vielmehr stelle ich begriffliche Überlegungen an, die darauf zielen, eine Praxis zur Ermittlung von Kausalwissen (bzw. Vorhersage- und Manipulationswissen) allgemein zu begründen. Mögen Lewis' Ausführungen zur Kausalität im Kontext einer anderen Problemstellung auch ergiebig sein, im Kontext meiner Arbeit sind sie es nicht.

3.1.2 Regularitätstheorie: Kausalerkenntnis durch Beobachtung und Imagination

In der Darstellung von Mackies Entwurf einer empiristischen, an D. Hume angelehnten Kausalitätstheorie möchte ich zunächst dessen bekannte Darstellung von Kausalurteilen in Form von INUS-Bedingungen skizzieren, das Resultat, zu dem Mackie in der Analyse des Gehalts von Kausalaussagen gelangt. Die INUS-Darstellung dient dem Zweck, das Wissen über die möglichen Ursachen von Ereignissen des Typs S_w in Form von materialen Konditionalaussagen zu artikulieren. Eine Formalisierung gemäß meinen Vereinbarungen (siehe 1.1.2) lautet:¹¹⁸

¹¹⁸ ‚ \vee ‘ ist logischer Adjunkt (‚oder‘). Diese Darstellung ist eine Vereinfachung, da sie ein identisches Zeitintervall zwischen dem Eintreten des Wirkungsereignisses und dem Eintreten der Ursachenereignisse verschiedener Typen annimmt. Diese vereinfachte Darstellungsweise besitzt keine Konsequenzen für meine folgende Diskussion.

$$3-1) \quad \forall t [[(t \in S_{1,1} \& t \in S_{1,2} \dots \& t \in S_{1,n}) \vee (t \in S_{2,1} \& t \in S_{2,2} \dots \& t \in S_{2,m}) \vee \dots \\ \vee (t \in S_{k,1} \& t \in S_{k,2} \dots \& t \in S_{k,r})] \leftrightarrow (t + \tau) \in S_w]$$

wobei $\tau=0$ sein kann. Die Instanziierung aller Sachverhalts- bzw. Situationstypen,¹¹⁹ die ein Disjunkt bilden (d.h. die Instanziierung einer *totalen* Ursache von Ereignissen des Typs S_w), verursacht die Instanziierung eines S_w . Ist ein konkretes Urteil der Form (3-1) gerechtfertigt, darf somit von der Aussage, dass eine totale Ursache instanziiert ist, zur Aussage übergegangen werden, dass ein S_w stattfindet oder stattfinden wird. Eine Aussage der letzteren Art berechtigt allerdings nur zu der Aussage, dass irgendeine der totalen Ursachen stattgefunden haben muss bzw. stattfindet (Mackie 1974, 61 und 64). Ein beliebiger Faktor einer totalen Ursache (ein beliebiges Konjunkt) darf als ‚die Ursache‘ hervorgehoben werden.¹²⁰ Interessiert beispielsweise nur die Ursache (der ursächliche Faktor) $S_{1,1}$ einer totalen Ursache (derjenigen nämlich, die durch das erste Disjunkt in (3-1) ausgedrückt wird), können die restlichen Situationstypen, die t in diesem Disjunkt zugeschrieben werden, durch ‚ S_{Konj} ‘ abgekürzt werden; alle übrigen Disjunkte lassen sich durch eine Aussagenform A_{Disj} abkürzen:¹²¹

$$3-2) \quad \forall t [[(t \in S_{1,1} \& t \in S_{Konj}) \vee A_{Disj}] \leftrightarrow (t + \tau) \in S_w].$$

Weil in die Darstellung einer totalen Ursache natürlich kein redundantes Konjunkt aufgenommen werden sollte, kann jedes einzelne Konjunkt einer totalen Ursache für eine Wirkung S_w als ein „insufficient but non-redundant part of an unnecessary but sufficient condition“ (ebd., 62) (kurz: INUS-Bedingung) für S_w charakterisiert werden. Denn jedes Disjunkt ist hinreichend, obgleich nicht notwendig für die Instanziierung von S_w , wobei jedes Konjunkt eines Disjunks nicht hinreichend für die Instanziierung von S_w ist. Wohl aber ist es – innerhalb dieses Disjunks – nicht redundant.¹²²

Mackie begründet die INUS-Darstellung durch eine Betrachtung des Gehalts, den wir Kausalurteilen üblicherweise zuschreiben (Mackie 1965, 33f.): Sagen wir etwa, Kurzschlüsse seien die Ursache von Hausbränden, meinen wir nicht, dass das Auftreten eines Kurzschlusses

¹¹⁹ „types of event or situation“ (Mackie 1974, 61).

¹²⁰ Vgl. Hüttemann 2013, 74. Mackie entlehnt die Gedanken, stets Komplexe von Ursachenfaktoren für das Eintreten einer Wirkung verantwortlich zu machen sowie *einem* Typ von Wirkungsereignis eine Disjunktion mehrerer solcher Komplexe zu assoziieren, J. S. Mill (vgl. zu Mills Position ebd., 66ff.).

¹²¹ Vgl. Mackie 1974, 66f. Meine Notation weicht auch hier von Mackies Notation ab.

¹²² Es ist theoretisch natürlich möglich, dass im Einzelfall die Aussagenformen ‚ $t \in S_{Konj}$ ‘ und ‚ A_{Disj} ‘ entfallen, weil es nur eine Möglichkeit (eine totale Ursache) gibt, einen Sachverhalt des Typs S_w zu verursachen, und diese Ursache ferner nur in einem Ursachen-Faktor, nämlich in der Instanziierung von $S_{1,1}$ besteht (ebd., 71).

allein hinreichend für das Auftreten eines Hausbrands sei. Es bedarf dazu des Vorliegens weiterer Bedingungen, wie etwa der Anwesenheit brennbaren Materials. Gehen wir (vereinfachend) davon aus, Kurzschlüsse führten bei Anwesenheit brennbaren Materials zu Hausbränden, dann dürfen wir im Einzelfall des Vorliegens dieser totalen Ursache auf das (künftige) Vorliegen der Wirkung, also auf das Eintreten eines Hausbrands schließen. Der umgekehrte Schluss muss aber nicht gerechtfertigt sein, denn Hausbrände könnten auch noch durch das Eintreten anderer totaler Ursachen instanziiert werden.

Nicht alle Situationsmerkmale, die bestehen müssen, damit ein Wirkungsereignis eintritt, werden von uns als INUS-Bedingungen ausgezeichnet. Bedingungen, die wir im Einzelfall stets als erfüllt ansehen – wie etwa die Bedingung, dass das Haus irgendwann überhaupt gebaut wurde, oder die Abwesenheit einer funktionierenden Sprinkleranlage im Haus (vgl. Hüttemann 2013, 75) – werden nicht als (potenzielle) Ursachen in Betracht gezogen und unter dem Begriff des kausalen Felds („causal field“¹²³) zusammengefasst. Bei der (mehr oder minder expliziten) Festlegung eines kausalen Felds für die Analyse eines bestimmten Falls von Verursachung spielen auch die Erkenntnisinteressen der Analysierenden eine Rolle (Hüttemann 2013, 75): Angenommen, in Jones' Wohnung strömt aufgrund einer defekten Gasleitung Gas ein. Jones zündet ein Streichholz an und daraufhin kommt es zu einer Explosion. Relativ zum kausalen Feld „this block of flats as normally used and lived in“ verursacht nicht das Entzünden des Streichholzes die Explosion, denn „we must take Jones's striking a match to light his cigarette as part of the field“ (Mackie 1974, 35). Weil ein Bruch in einer Gasleitung nicht zu der als kausales Feld definierten Normalsituation gehört, ist relativ zu diesem Feld also das Einströmen des Gases als Ursache der Explosion auszuzeichnen (ebd.). Relativ zum kausalen Feld Jones' Wohnung, in welche Gas einströmt, wäre hingegen das Entzünden des Streichholzes Ursache der Explosion. Die Relativierung kausaler Urteile auf ein kausales Feld erlaubt es Mackie, die Abwesenheit von Störfaktoren stets in das kausale Feld mit einzubegreifen (Hüttemann 2013, 76f.).

Drückt eine (komplexe) Aussagenform A_{Feld} (in Abhängigkeit von t) das Bestehen eines bestimmten kausalen Felds aus, lässt sich die INUS-Darstellung wie folgt schreiben:

$$3-3) \quad \forall t [A_{\text{Feld}} \& [(t \in S_{1,1} \& t \in S_{\text{Konj}}) \vee A_{\text{Disj}}] \leftrightarrow A_{\text{Feld}} \& (t + \tau) \in S_w].^{124}$$

¹²³ Mackie 1974, 35. Mackie entlehnt diesen Terminus J. Andersons Schrift ‚The Problem of Causality‘.

¹²⁴ Mackie 1974, 71. Eine leicht kompliziertere Darstellung würde notwendig, wenn den verschiedenen totalen Ursachen verschiedene kausale Felder assoziiert sind.

Die INUS-Konzeption ist eine Konzeption der Darstellung von Kausalaussagen, die Sachverhalte bestimmter Typen betreffen. Wie aber kommt man überhaupt dazu, Ereignisse oder Situationen eines bestimmten Typs als Ursachen für Ereignisse oder Situationen eines anderen Typs zu spezifizieren? In der Beantwortung dieser Frage nimmt Mackie folgende vereinfachende Ausdrucksweise vor, der ich mich nun auch bedienen werde: Geht es um einen Ursachenfaktor, beispielsweise $S_{1,1}$, der mit S_{Konj} im kausalen Feld A_{Feld} eine totale Ursache von S_w bildet, wählt Mackie auch die Formulierung, eine Instanz von $S_{1,1}$ verursache in den Umständen (‘in the circumstances’) der Instanziierung von S_{Konj} und A_{Feld} eine Instanz von S_w . Die nicht im Fokus stehenden Konjunkte werden also mit dem kausalen Feld zu Begleitumständen oder -bedingungen (im Folgenden: S_{Bed}) zusammengefasst.

Wie kommen wir also dazu, Ereignisse des Typs $S_{1,1}$ in Umständen des Typs S_{Bed} als Ursachen von Ereignissen des Typs S_w anzusehen? Der Weg zu solchen generellen Kausalaussagen besteht Mackie zufolge in der Generalisierung singulärer Kausalaussagen. Denn für „general causal statements“ sei es wie im Falle nicht-kausaler genereller Aussagen empirischen Gehalts „more appropriate to take the general statements as quantified variants of the corresponding singular ones“.¹²⁵ Die Frage ist also, wie ein bestimmtes singuläres Urteil der Art ‚in jenen Umständen (vom Typ S_{Bed}) verursachte ein gewisses Ereignis (vom Typ $S_{1,1}$) ein gewisses anderes Ereignis (vom Typ S_w)‘ gewonnen werden kann.

Mackie nennt zwei Merkmale, die er im Vergleich zu bloß akzidentellen Sequenzen von Ereignissen „distinguishing feature[s] of causal sequence[s]“ (Mackie 1974, 51) nennt. Es wird zunächst nur um das erste dieser Merkmale gehen, welches er als „necessity-in-the-circumstances“ (ebd.) einer Instanz von $S_{1,1}$ für eine Instanz von S_w bezeichnet. Die INUS-Charakterisierung gibt die Möglichkeit, ausgehend von dem Wissen um das Vorliegen der Umstände S_{Bed} und einer Instanziierung von S_w auf eine Instanziierung von $S_{1,1}$ zu schließen.¹²⁶ Auf diese Schlussmöglichkeit bezieht sich jenes essenzielle Merkmal. In seinem Hauptwerk *The Cement of the Universe* baut Mackie die INUS-Charakterisierung von Kausalurteilen gerade auf der Einsicht in diese Schlussmöglichkeit auf, denn es ist in erster Linie diese Einsicht, zu der Mackie bei seiner Betrachtung des Gehalts gelangt, den wir üblicherweise Kausalurteilen zuschreiben.¹²⁷

¹²⁵ Mackie 1974, 80. Auch S. Psillos hat hervorgehoben, dass bei Mackie singuläre Kausalaussagen Priorität vor generellen Kausalaussagen besitzen (Psillos 2002, 82).

¹²⁶ Diese Schlussmöglichkeit besteht zumindest unter folgender Voraussetzung: Es gibt neben ($t \in S_{1,1}$ & $t \in S_{Konj}$) keine weitere totale Ursache ($t \in S$ & $t \in S_{Konj}$), wobei $S \neq S_{1,1}$. Denn angenommen, ($t \in S$ & $t \in S_{Konj}$) wäre eine solche Ursache, dann ließe sich aus dem Vorliegen von S_{Bed} und S_w nur auf das Vorliegen von $S_{1,1}$ oder S schließen. Offensichtlich macht Mackie diese Voraussetzung.

¹²⁷ Vgl. hierzu das zweite Kapitel von Mackie 1974.

Die Evaluation des Gehalts von Kausalurteilen geht aber noch weiter: Was meinen wir mit jener Aussage über Notwendigkeit? Dem Autor zufolge bedeutet diese Aussage folgendes kontrafaktisches Konditional: „...in the circumstances[, *that* instance of, JK] S_w would not have occurred if [*that* instance of, JK] $S_{1,1}$ had not“ (ebd., 31, Notation angepasst). Unter vorläufiger Ignoranz des zweiten unterscheidenden Merkmals von Kausalrelationen drückt dieses kontrafaktische Konditional Mackie zufolge die Bedeutung des korrespondierenden (singulären) kausalen Urteils aus (ebd., 30). Der Autor gibt ebenfalls zu verstehen, dass die Instanziierung einer Ursache auch in einem schwachen Sinne hinreichend für die Instanziierung der Wirkung sei, wobei man auch hier im Hinterkopf behalten muss, dass Mackie an dieser Stelle die INUS-Darstellung erst am entwickeln ist. Der Zusammenhang schwachen Hinreichens von einer Instanziierung von $S_{1,1}$ für eine Instanziierung von S_w könne in folgendem Konditional ausgedrückt werden: „,[g]iven the circumstances, if [*that* instantiation of, JK] $S_{1,1}$ occurred, then [*that* instantiation of, JK] S_w did“ (ebd., 39, Notation angepasst).

Im Gegensatz zum Hinreichen in diesem schwachen Sinne ist eine Instanziierung von $S_{1,1}$ in den relevanten Bedingungen genau dann hinreichend in einem starken Sinne für eine Instanziierung von S_w gewesen, wenn das folgende kontrafaktische Konditional gilt:

„given the circumstances, if [*that* instantiation of, JK] S_w had not been going to occur, [*that* instantiation of, JK] $S_{1,1}$ would not have occurred“ (ebd., Notation angepasst).

Mackie weist darauf hin, dass das Auftreten einer Ursache in der Regel hinreichend in diesem starken Sinne für das Auftreten einer Wirkung ist (ebd., 39f.).¹²⁸ In der folgenden vorläufigen Bedeutungserklärung der Aussage ‚in jenen Bedingungen des Typs S_{Bed} verursachte jene Instanz von $S_{1,1}$ jene Instanz von S_w ‘ setze ich den Zusammenhang des Hinreichens im starken Sinne aufgrund von Mackies Vorbehalt gegen seine begriffliche Verbindlichkeit dennoch in eckige Klammern:

- i) In jenen Bedingungen des Typs S_{Bed} war jene Instanz von $S_{1,1}$ für jene Instanz von S_w notwendig, d.h. wäre $S_{1,1}$ nicht instanziiert gewesen, so auch S_w nicht.
- [ii) In jenen Bedingungen des Typs S_{Bed} war jene Instanz von $S_{1,1}$ für jene Instanz von S_w im starken Sinne hinreichend, d.h. wäre S_w nicht instanziiert gewesen, so auch $S_{1,1}$ nicht.]

¹²⁸ Sein einziges Gegenbeispiel (vgl. Mackie 1974, 41) wirkt sehr ‚konstruiert‘.

Aus den Bestimmungen (i) und (ii) folgt für alle Ereignisse $t \in S$ und $(t+\tau) \in S'$: Wenn $t \in S$ notwendig für $(t+\tau) \in S'$ ist, dann ist $(t+\tau) \in S'$ im starken Sinne hinreichend für $t \in S$, und wenn $t \in S$ im starken Sinne hinreichend für $(t+\tau) \in S'$ ist, dann ist $(t+\tau) \in S'$ notwendig für $t \in S$.¹²⁹

Eigentlich ist es (ii), welches das in der Einleitung zu Kapitel 3 ausgezeichnete Merkmal der Produktion oder Erzwingung von Wirkungen durch ihre Ursachen ausdrückt. Die weitere Besprechung wird aber bestätigen, dass Mackie tatsächlich (i) eine höhere Priorität als (ii) einräumt.

Die Frage danach, wie Aussagen der (logisch identischen) Formen (i) und (ii) wahrgemacht werden können, kann gemäß Mackies eingangs vorgestellter Unterscheidung von drei Fragestellungen in Bezug auf Kausalität als epistemologische Frage nach Kausalerkenntnis bezeichnet werden. Es gebe zwei Verifizierungsprozeduren, deren erste Mackie „sophisticated“ nennt; sie benutze

„general propositions which we take to be confirmed by observations of the actual world, but which we feel justified in extending beyond the instances in which they are confirmed not only to other actual instances but to merely possible ones which are related to the confirming instances in the same way that other actual instances would be“ (ebd., 55 f.).

Worin liegt genau die Rolle der angesprochenen generellen Aussagen bei der Verifizierung eines kontrafaktischen Konditionals? Um diese Frage zu beantworten, ist zunächst anzumerken, dass es sich nicht um eine Verifizierung im strengen Sinne handelt. Kontrafaktische Konditionale werden in der ‚sophisticated‘ Prozedur nicht eigentlich verifiziert oder falsifiziert – es wird vielmehr gezeigt, dass sie *erhalten* („sustained“) werden, und zwar

„by the premiss or premisses which, with the antecedent as a further premiss, entail the consequent of that conditional“ (Mackie 1962, 69).

Als solche kondensierten („condensed or telescoped“ (ebd.)) *Argumente* können kontrafaktische Konditionale nicht wahr oder falsch sein. In die Prämissen eines solchen Arguments gehen die angesprochenen generellen Aussagen in Form von *generellen kausalen Gesetzesaussagen* und ferner singuläre Beschreibungen der relevanten Bedingungen ein (ebd., 68 und 72f.). Die ‚sophisticated‘ Prozedur kann also deshalb ‚sophisticated‘ genannt werden, weil sie bereits Kausalwissen voraussetzt.

¹²⁹ Vgl. für den letzten Satz auch Mackie 1974, 51.

Anders ist es um den „primitive way“ der Verifizierung bestellt, der auf „imaginative analogizing“ (Mackie, 1974, 56) beruht. Er stützt sich nicht auf die Annahme, dass es sich bei kontrafaktischen Konditionalen um kondensierte Argumente handelt (Mackie 1973, 100). Diese Prozedur der Verifizierung eines kontrafaktischen Konditionals (der Form (i)) ist am angemessensten aus der Erste-Person-Perspektive dazustellen:¹³⁰ Ich befand mich einmal in einer Situation des Typs S_{Bed} , in welcher weder $S_{1,1}$ noch S_w instanziiert war. Diese Situation heiÙe ‚vergangene S_{Bed} -Situation‘. Nun bin ich wieder in einer Situation des Typs S_{Bed} , in welcher aber ein $S_{1,1}$ instanziiert ist, und anschließend ein S_w .¹³¹ Sie heiÙe ‚gegenwärtige S_{Bed} -Situation‘. Als Mensch besitze ich die Fähigkeit, mir mögliche Situationen vorzustellen, wobei solche „[p]ossibilities [possible situations, JK] can be literally envisaged rather than described“ (Mackie 1974, 55). Nachdem in der gegenwärtigen S_{Bed} -Situation das $S_{1,1}$ eingetreten ist, noch nicht aber das S_w , kann ich mir eine *mögliche* gegenwärtige Situation *vorstellen*, in der kein $S_{1,1}$ eingetreten ist. Diese Situation soll ‚vorgestellte gegenwärtige S_{Bed} -Situation‘ heißen. Die vorgestellte gegenwärtige S_{Bed} -Situation ähnelt also der vergangenen S_{Bed} -Situation in der Hinsicht, dass kein $S_{1,1}$ eingetreten ist. Wenn ich das imaginierte Bild der vorgestellten gegenwärtigen S_{Bed} -Situation vollständig ausmale, so werde ich dies in Analogie zur vergangenen S_{Bed} -Situation tun, da jene Situation dieser schließlich ähnelt. Ich werde das Ereignis eines S_w also nicht in das imaginierte Bild aufnehmen. Mittlerweile ist in der gegenwärtigen S_{Bed} -Situation das S_w eingetreten. Aufgrund meiner durch Analogie gestützten Imagination kann ich das folgende kontrafaktische Konditional verifizieren: ‚Wäre in der gegenwärtigen S_{Bed} -Situation das $S_{1,1}$ nicht eingetreten, so wäre in ihr auch das S_w nicht eingetreten‘. Das Analogisierende Imaginieren erlaubt aufgrund der strukturellen Identität von (i) und (ii) auch den Schluss auf das starke Hinreichen der Wirkung für die Ursache. Wie hingegen das von Mackie behauptete starke Hinreichen der Ursache für die Wirkung zu begründen ist, ist nicht ganz ersichtlich (wenn die Ursache der Wirkung zeitlich vorhergeht).

Wenn sich die gegenwärtige und die vergangene S_{Bed} -Situation in vielen Hinsichten unterscheiden, ist es hilfreich, die beschriebene Prozedur des Analogisierenden Imaginierens einige Male zu wiederholen, um zu entscheiden, welche Elemente (Ereignis- und Situationstypen) in das kontrafaktische Konditional aufzunehmen sind (ebd., 74). Kausalwissen ist aber *prinzipiell* nicht an das wiederholte Anstellen von Beobachtung gebunden. Dies spiegelt sich einerseits in Mackies explizit formulierter Ansicht wider, dass singuläre kausale Urteile Priorität

¹³⁰ Meine Darstellung folgt Mackie 1974, 56.

¹³¹ Mackie geht auch von der Möglichkeit zeitlich rückwärts gerichteter Kausalität aus (Mackie 1974, 52). Ich beschränke meine Präsentation aber auf den Fall zeitlich vorwärts gerichteter Kausalität.

vor generellen kausalen Urteilen haben (s.o.). Ferner formuliert er die primitive Rechtfertigungsmethode explizit für *singuläre* kontrafaktische Konditionale:

„I would go further and say, referring to what I called [...] a primitive [...] way of arriving at counterfactuals and the associated causal judgements, that a singular causal statement need not imply even the vaguest generalization. [...] One can judge that this (very hot) stone was cracked by water being poured over it without being committed to any generalization, meaning only that the stone would not in the circumstances have cracked had the water not being poured on, and that this pouring was causally prior to the cracking“.¹³²

Kurz zuvor erklärt der Autor sogar explizit, dass der Gebrauch der primitiven Verifikationsmethode auf singuläre Kausalurteile einzuschränken sei (Mackie 1974, 72).

Im letzten Zitat war von kausaler Priorität die Rede, dem zweiten essenziellen Merkmal von Ursachen, das ich nun vorstellen möchte. Wurde nämlich eine kontrafaktische Aussage der Form (i) bestätigt, ist nach Mackie noch keineswegs sicher, dass das dort als Instanziierung von $S_{1,1}$ angesprochene Ereignis auch die Ursache der Instanziierung von S_w war und nicht umgekehrt. Denn meistens sind Mackie zufolge Ursachen im starken Sinne hinreichend für ihre Wirkungen, die Wirkungen also notwendig für ihre Ursachen. Geht man – wie Mackie – von der Möglichkeit simultaner und rückwärts gewandter Kausalität aus (ebd., 161), kann es nicht die zeitliche Priorität der Ursache sein, die im Einzelfall die ‚Richtung‘ der Kausalrelation bestimmt. Wenn eine Aussage der Form (i) bestätigt ist, muss die Instanz von $S_{1,1}$, um als Ursache erkannt werden zu können, zusätzlich ein weiteres, von der *zeitlichen* Reihenfolge des Eintretens unabhängiges Kriterium erfüllen – sie muss der Instanz von S_w *kausal* vorgängig (‚causally prior‘) sein. Mackie erklärt den Ausdruck ‚kausale Priorität‘ mit dem Ausdruck ‚Fixiertheit‘:

„[I]f [*that* instantiation of, JK] $S_{1,1}$ causes [*that* instantiation of, JK] S_w , there cannot be a time when [*that* instantiation of, JK] $S_{1,1}$ is unfixed and [*that* instantiation of, JK] S_w is fixed“ (ebd., 182, Notation angepasst).

Dieser Begriff kausaler Priorität lasse Fälle von zeitlich rückwärts wirkender Kausalität zu (ebd., 173f.): Wenn es zu einem Zeitpunkt feststeht (fixiert ist), dass $S_{1,1}$ instanziiert sein wird, könne diese $S_{1,1}$ -Instanz die Ursache eines zuvor geschehenden S_w sein, sofern die Instanziierung von $S_{1,1}$ im Sinne von (i) notwendig für diese Instanziierung von S_w ist und letztere nicht vor jenem künftigen $S_{1,1}$ fixiert ist. Was aber macht ein Ereignis fixiert? Mackie gibt keine klare Definition, dennoch kann seine Idee den folgenden Passagen entnommen werden:

¹³² Mackie 1974, 77f. Vgl. auch Mackie 1973, 94.

„If events have preceding sufficient causes in the strong, counterfactual, sense then they are fixed as soon as these causes have occurred“ (ebd., 181).

Wenig später schreibt er:

„Suppose that $s_{1,1}$ and s_w are individual events [instantiations of $S_{1,1}$ and S_w , JK], and $s_{1,1}$ is seen as necessary (and sufficient) in the circumstances for s_w , so that the basic requirement for the judgement that $s_{1,1}$ causes s_w is met. Then, despite this, $s_{1,1}$ was not causally prior to s_w if there was a time at which s_w was fixed while $s_{1,1}$ was unfixed. If, on the other hand, $s_{1,1}$ was fixed at a time when s_w was unfixed, then $s_{1,1}$ was causally prior to s_w . Again, if $s_{1,1}$ was not fixed, until it occurred, then even if s_w also was fixed as soon as $s_{1,1}$ occurred (given, of course, that $s_{1,1}$ was necessary in the circumstances for s_w), $s_{1,1}$ was causally prior to s_w “ (ebd., 190, Notation angepasst).

Dem zweiten Zitat kann entnommen werden, dass ein Ereignis fixiert ist, wenn es eintritt. Das erste Zitat besagt, dass ein Ereignis ebenfalls fixiert ist, wenn eine Ursache von ihm fixiert ist, die im starken Sinne hinreichend für sein Eintreten ist. Diese Ursache kann dann durch ihr Eintreten oder durch das Eintreten ihrer eigenen für sie im starken Sinne hinreichenden Ursache fixiert sein. In diesem Sinne – und den Begriff der Ursache, um dessen Bestimmung es ja gerade geht, vermeidend – schreiben auch Beauchamp und Rosenberg zu Mackies Begriff der Fixiertheit, „[that] it seems safe to assume that an event is fixed if it has occurred or its causally sufficient condition has“ (Beauchamp and Rosenberg 1977, 386), wenn man den Autoren unterstellt, dass sie ‚sufficient‘ hier im starken Sinne meinen. Vor dem Hintergrund dieses Begriffs der Fixiertheit ist Mackies Bemerkung verständlich, dass Ursachen in der Regel nicht nur notwendig sondern auch im starken Sinne hinreichend für ihre Wirkungen sind.

Ich möchte nun zu einer Kritik dieses Grundgerüsts von Mackies Ansatz übergehen. Erstens sei darauf verwiesen, dass mit der zentralen Rolle des Begriffs der kausalen Priorität die Tatsache, dass Mackie neben dem indirekten Weg über die durch das Analogisierende Imaginieren begründete Notwendigkeitsbehauptung keine weitere Prozedur für die Begründung des Vorliegens der Relation des Hinreichens im starken Sinne liefert, zum akuten Problem wird. Darüber hinaus ergibt sich eine weitere Schwierigkeit: Damit eine S_w -Instanz als Wirkung einer $S_{1,1}$ -Instanz infrage kommt, muss gezeigt werden, dass nicht bereits vor der Fixierung der $S_{1,1}$ -Instanz ein anderes Ereignis stattfand, welches notwendig und im starken Sinne hinreichend für die S_w -Instanz ist. Wenn der Ansatz Wissen darüber liefern soll, wie wir zu Kausalkenntnis kommen können (ein Anspruch, der zumindest vor dem Hintergrund meines in Kap. 1 vorgestellten Ausgangspunkts auch dann eingelöst werden muss, wenn nur der Begriff der Kausalität erklärt werden soll), sind diese beiden Probleme letal. Für das zweitgenannte

Problem gilt das insbesondere auch: Angesichts der Frage, ob eine S_w -Instanz als Wirkung einer $S_{1,1}$ -Instanz infrage kommt, müsste *jedes* bisher eingetretene Ereignis dahingehend geprüft werden, ob es nicht notwendig und im starken Sinne hinreichend für die S_w -Instanz ist bzw. war. Findet sich ein Ereignis, für das dies gilt, und das ferner vor dem Ereignis stattfand, welches die $S_{1,1}$ -Instanz fixierte, kann die S_w -Instanz nämlich nicht mehr die Rolle der Wirkung der $S_{1,1}$ -Instanz spielen. Das zu prüfen ist natürlich nicht möglich, insbesondere weil nur Beobachtung und Imagination die Zuschreibung zumindest der Notwendigkeit fundieren sollen (und alle vergangenen Ereignisse sich natürlich nicht mehr beobachten lassen). Der skizzierte Begriff der kausalen Priorität kann daher auf keinen Fall in der für ihn vorgesehenen Funktion akzeptiert werden. Es scheint mir naheliegend, von Ursachen zumindest zeitliche Priorität vor ihren Wirkungen zu fordern. Dadurch wird die Möglichkeit rückwärts gerichteter und simultaner Kausalität aufgegeben, zumindest lassen sich auf diese Weise aber – so scheint es zumindest – zeitlich vorwärts gerichtete Verursachungsrelationen begründen. Der Mangel einer eigenen Methode zum Nachweis des Hinreichens im starken Sinne macht sich in dieser reduzierten Fassung des Ansatzes auch nicht mehr unbedingt nachteilig bemerkbar, da dieser Relation keine zentrale systematische Funktion mehr zukommt.

Auch aber in dieser reduzierten Version stellen sich dem Ansatz letztlich unüberwindliche Schwierigkeiten, die ich nun abschließend herausstellen möchte. Zunächst ist zu bemängeln, dass die Prozedur des Analogisierenden Imaginierens jede Sequenz von Ereignissen, die ein Beobachter bislang noch nicht beobachtet hat, als kausal verknüpft ausweisen wird: Beobachte ich etwa eine Sternschnuppe (ein Ereignis, dem ich zuvor nie beiwohnte) und kommt es im nächsten Augenblick zu einem Kurzschluss in meiner Wohnung (was mir ebenfalls noch nie passiert sein mag), dann fälle ich mit der Methode des Analogisierenden Imaginierens das kausale Urteil, dass das Auftreten jener Sternschnuppe das Auftreten des Kurzschlusses verursacht hat.¹³³

Dieses Problem lässt sich natürlich beheben, vor allem vor dem Hintergrund von Mackies Annahme darüber, wozu die Auszeichnung eines Kausalverhältnisses überhaupt nützlich sein soll: Kausalwissen ist deshalb interessant, weil es – im Rahmen der Prozedur, die Mackie ‚sophisticated‘ nannte – zur Begründung kontrafaktischer Konditionale herangezogen werden kann. In diese Prozedur geht Kausalwissen in Form *genereller* Kausalaussagen ein. Man könnte also verschärfend fordern, dass der wiederholte erfolgreiche Vollzug des Analogisie-

¹³³ Mackie geht nicht davon aus, dass kausal assoziierte Ereignisse in räumlicher Nachbarschaft stattfinden müssen (Mackie 1974, 173 f.).

renden Imaginierens eine Bedingung dafür ist, einen (folglich stets generellen) Kausalzusammenhang für Instanziierungen zweier Ereignistypen zu formulieren.¹³⁴

Auch mit dieser Verbesserung, durch die die Bezeichnung ‚Regularitätstheorie‘ auch expliziter gewürdigt wird, ergibt sich aber ein weiteres systematisches Problem. Denn Mackie selbst räumt die Möglichkeit systematisch bedingter Regularitäten zwischen Ereignissen unterschiedlichen Typs – etwa $S_{1,1}$ und S_w – ein, zwischen denen jedoch kein Kausalverhältnis vorliegt, da sie beide Wirkungen von Ereignissen eines dritten Typs – ihrer gemeinsamen Ursache S_{gem} – sind. In einem solchen Fall sind Mackie zufolge Instanziierungen von $S_{1,1}$ und S_w wechselseitig notwendig füreinander, denn wäre S_w nicht instanziiert gewesen, dann auch $S_{1,1}$ nicht, und umgekehrt.¹³⁵ Soll die wechselseitige Notwendigkeit, von der Mackie hier ausgeht, tatsächlich durch Analogisierendes Imaginieren begründet sein, wird offenkundig vorausgesetzt, dass die Wirkungen $S_{1,1}$ und S_w gleichzeitig instanziiert sind. Der Grund, warum wir sie einander dann nicht als Ursachen zuschreiben, liegt in der kausalen Priorität:

„Of a pair of collateral effects [i.e. some instantiation of $S_{1,1}$ and S_w , JK], neither is causally prior to the other“ (Mackie 1974, 51),

während die gemeinsame Ursache kausal vorgängig („causally prior“) in Bezug auf beide Effekte sei (ebd.). Mit dem Verständnis von kausaler Priorität als zeitlicher Priorität würden wir im Fall simultan instanziiertter Wirkungen einer gemeinsamen Ursache tatsächlich zu dem richtigen Kausalurteil gelangen können. $S_{1,1}$ und S_w , die gemeinsamen Effekte von S_{gem} , können einander zeitlich aber durchaus auch folgen – ein Sturm *folgt* etwa der Veränderung des Manometerstandes, und beide werden durch eine Veränderung des Luftdrucks verursacht. In solchen Fällen versagt der Ansatz, denn wir werden hier mit dem Analogisierenden Imaginieren stets zu dem Urteil kommen, S_{gem} verursache $S_{1,1}$ und $S_{1,1}$ verursache S_w – wir haben in der Beobachtung (auf der der ganze Ansatz ja basieren soll) schließlich nichts anderes als diese dreigliedrige Sequenz von Ereignissen.

Dieses Problem ist schwerwiegend, denn es führt dazu, dass der Ansatz nicht das leistet, was er zu leisten beansprucht – die Unterscheidung von kausalen und nicht-kausalen Regularitäten (im obigen Beispiel müsste die Unterscheidung der Regularität zwischen $S_{1,1}$ -Instanzen und

¹³⁴ Die Forderung nach wiederholter Beobachtung enthebt den Ansatz nicht der oben formulierten Kritik am Begriff der kausalen Priorität. Nach wie vor ist nicht klar, wie Hinreichen im starken Sinne anders denn als Implikation einer Notwendigkeitsbehauptung begründet werden kann. Ferner stellte sich noch immer die Frage, ob S_w in den verschiedenen Fällen der beobachteten Regularität nicht vor $S_{1,1}$ fixiert war (vielleicht war es dies immer durch verschiedene notwendige und im starken Sinne hinreichende Ereignisse).

¹³⁵ Vgl. Mackie 1974, 51 und Psillos 2009, 152.

S_w -Instanzen als nicht-kausale Regularität möglich sein). Anders ausgedrückt: Nach der naheliegenden, den Begriff der kausalen Priorität betreffenden Reparatur des Ansatzes, die gewährleisten sollte, dass wir überhaupt Kausalerkenntnis haben können, und zu der Mackies Ausführungen auch keine Alternative boten, wird dieser Ansatz *jede* stabile Regularität als eine kausale Regularität klassifizieren. Es wäre vorschnell, dies als einen randständigen Makel des Ansatzes abzutun, da es so viele Fälle gemeinsamer Verursachung schließlich nicht gäbe. Dieser Kommentar basiert nämlich bereits auf Kausalwissen, auf lebensweltlichem Kausalwissen, welches jedoch in der Begründungsfunktion, die ihm hier zuteilwürde, begrifflich klar rekonstruiert werden müsste. Und um eine solche Rekonstruktion geht es gerade. Um denselben begrifflichen Missstand etwas anders darzustellen: Die meisten zweigliedrigen Regularitäten werden sich – durch Hinzunahme eines vorhergehenden oder eines folgenden Ereignisses, oder durch Ausdifferenzierung eines kausalen Zwischenschritts (wie in 2.2.3 demonstriert) – zu einer dreigliedrigen Ereignissequenz ergänzen lassen. Eine Bestimmung des Kausalitätsbegriffs (im Sinne meines in 1.1.2 eingeführten Begriffs von Begriff) muss – solange sie die Möglichkeit gemeinsamer Verursachung nicht begründet ausschließt, was Mackies Ausführungen nicht tun – angesichts einer jeden solchen Ereignissequenz eine begründete Entscheidung für oder wider das Vorliegen gemeinsamer Verursachung zu fällen erlauben. Mackies Ansatz erlaubt das nicht.

Selbstverständlich drängt sich angesichts dieses Problems eine Lösungsstrategie geradezu auf: Können wir die Frage, ob in Bedingungen S_{Bed} S_{gem} -Instanzen die gemeinsame Ursache von $S_{1,1}$ - und S_w -Instanzen sind, oder ob sie nur die $S_{1,1}$ -Instanzen verursachen, welche dann ihrerseits die S_w -Instanzen verursachen, nicht durch gezielte Eingriffe entscheiden? Wird beispielsweise das Eintreten von $S_{1,1}$ durch einen Eingriff unterbunden, und tritt nach der Instanziierung von S_{gem} dennoch S_w ein, spräche dies offensichtlich für die erste und gegen die zweite der soeben genannten Optionen. Solche Eingriffe wären dann aber *stets* erforderlich, um (sicheres) Kausalwissen zu erlangen. Intervention wäre also notwendig für das Erlangen von Kausalwissen, wodurch man den Boden von Mackies Ansatz, dem zufolge Kausalwissen durch Beobachtung und Imagination zu begründen ist, verlassen würde. Mackies Ansatz ist, so die Konklusion aus der vorgetragenen Kritik, vor allem im Rahmen meines Projekts keine Option.

3.1.3 Kausalerkenntnis durch Experimentieren

Ich möchte nun auf v. Wrights interventionistischen Ansatz zu sprechen kommen, der – im Gegensatz zu Woodward's Ansatz – als ‚handlungsbasierter‘ Interventionismus bezeichnet werden kann, da Interventionen v. Wright zufolge immer experimentelle Handlungen sind. v. Wrights Ansatz werde ich übernehmen, da er meinem Ermessen nach keinen systematischen Irrtümern ausgesetzt ist und durch seine ‚Handlungsbasiertheit‘ einen Vorzug vor Woodward's Ansatz besitzt. Aus diesem Grund werde ich ihn im Anschluss an die Darstellung gegen übliche Einwände verteidigen (vgl. 3.1.4). Ich halte ferner die Begründung, die v. Wright für seinen Ansatz liefert, insbesondere vor dem Hintergrund meines Projekts für sehr gelungen: Sie kann als Begründung der Experimentalpraxis als Praxis zum Erwerb von Manipulations- und Vorhersagewissen gelesen werden. Die Begründung ist unabhängig vom Bezug auf wissenschaftliche Kontexte und ich möchte sie in 3.1.3 zunächst auch nur auf lebensweltliche Kontexte relativieren. Sie demonstriert also, dass Manipulations- und Vorhersagewissen, das noch keiner weiteren Einschränkung durch besondere Ansprüche an Wissenschaftlichkeit unterliegt, durch eine Praxis erzeugt werden kann, die wir alle als Praxis des Experimentierens wiedererkennen werden, und die jeder von uns schon etliche Male in lebensweltlichen Kontexten durchgeführt hat. In 3.2 wird es dann darum gehen, zu welchen Ergänzungen des Begriffs lebensweltlicher Experimente die in 1.3 ausformulierten Ansprüche an die hier zu konstruierende physiologische (wissenschaftliche) Praxis Anlass geben.

v. Wrights Analyse des Kausalitätsbegriffs und der Kausalerkenntnis geht (im Unterschied zu Mackies Theorie) von generellen Kausalurteilen aus. Übereinstimmung mit Mackie findet sich hinsichtlich der Darstellung von Kausalurteilen als Konditionale (v. Wright 1974, 1-4), wobei singuläre Kausalurteile stets auf der Grundlage bewährter genereller Kausalurteile zu fällen sind, deren Form – in meiner Darstellungsweise – folgendermaßen lautet:

$$3-4) \forall t (t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2),^{136}$$

wobei $\tau=0$ sein kann (ebd., 62ff.): Wenn bestimmte Bedingungen des Typs S_{Bed} vorliegen, dann führt die Instanziierung von S_1 zu einer Instanziierung von S_2 .¹³⁷ Der Einfachheit halber

¹³⁶ Vgl. v. Wright 1974, 8f. v. Wright bezieht dort in das Antecedens nicht explizit das Bestehen bestimmter Bedingungen ($t \in S_{\text{Bed}}$) mit ein. Dies ist aber trivialerweise ein vernünftiges Erfordernis, und v. Wright referiert selbst, wenn auch implizit, auf die Relativierung von Kausalaussagen auf Randbedingungen (ebd., 44f.).

¹³⁷ Bei v. Wright werden die Sachverhalte, um die es in generellen Kausalurteilen geht, als Ereignisse spezifiziert (v. Wright 1974, 71f.).

kann der Gehalt aus ‚ $t \in S_{\text{Bed}}$ ‘ auch in die Aussagenform ‚ $t \in S_1$ ‘ integriert werden, sodass die Form einer generellen Kausalaussage einfach

$$3-5) \forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$$

lautet. Ich werde stets, wenn Bedarf besteht, gesondert auf das Vorliegen von Umgebungsbedingungen zu referieren, die zuerst angeführte Form verwenden. Es ist zu beachten, dass in den angeführten Konditionalen nur über Zeitpunkte quantifiziert wird, dass sie also nur in Bezug auf Zeitpunkte als generelle Aussagen anzusehen sind. In lebensweltlichen Kontexten begründen wir nicht selten zeitlich generelle Kausalurteile, die sich allerdings auf ganz bestimmte Einzeldinge beziehen. Ein armer Philosophiestudent findet etwa heraus, dass *sein* kaputtes Netzkabel (noch) immer dann funktioniert, wenn es in eine ganz bestimmte Lage gebracht wird.

Ein generelles Konditional der Form (3-4) ist v. Wright zufolge aber nur dann ein kausales Gesetz (das einen Verursachungszusammenhang zwischen Instanzen von S_1 und Instanzen von S_2 in Bedingungen vom Typ S_{Bed} ausdrückt), wenn neben dem regulären Folgen von S_2 -Instanzen auf S_1 -Instanzen in Bedingungen S_{Bed} auch das folgende *kausale* kontrafaktische Konditional („*causal counterfactual*“ (ebd., 8)) gerechtfertigt ist: ‚In allen Situationen vom Typ S_{Bed} , in denen S_1 und S_2 nicht instanziiert sind, würde S_2 instanziiert werden, wenn S_1 instanziiert wäre‘.¹³⁸

Um ein kausales Gesetz zu bestätigen, muss das implizierte kontrafaktische Konditional bestätigt werden (ebd., 6-8) – dies unterscheidet kausale Gesetzesaussagen von Aussagen über (nicht-kausale) Regularitäten (ebd., 52).¹³⁹ Hinsichtlich der Bestätigung des kausalen kontrafaktischen Konditionals stellt sich aber folgendes Problem: v. Wright geht davon aus, dass wir empirisches *Wissen* nur aus Erfahrung gewinnen können; das kontrafaktische Konditional sagt aber etwas über *Kontrafaktisches* aus, über etwas also, das nicht faktisch der Fall und der Erfahrung also nicht ‚verfügbar‘ ist:

„[O]f that which ‚would otherwise have obtained‘ we cannot possess ‚strict knowledge‘, if it is thought that such knowledge is possible only of that which we witness (observe, verify) as having occurred. For that which ‚would otherwise have obtained‘ never comes true (occurs). It is ‚contrary to fact‘“ (ebd., 41).

¹³⁸ Es gilt natürlich $\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow t \in S_1)$ und $\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow t \in S_2)$.

¹³⁹ Falsifizieren lässt sich ein kausales Gesetz auch durch die bloße Beobachtung, dass in Situationen S_{Bed} Instanzen von S_1 nicht regelmäßig von S_2 -Instanzen gefolgt werden.

Deshalb liege die einzige Möglichkeit der Prüfung in der handelnden Realisierung der als kontrafaktisch erwogenen Situation. Denn

„[t]o act is to interfere with the course of the world, thereby making true something which would not otherwise (*i.e.* had it not been for this interference) come to be true of the world at that stage of its history“ (ebd., 39).

Im Rahmen eines solchen „experiment“ (ebd., 44) bringen wir S_1 in einer Situation hervor, in welcher es nicht der Fall gewesen wäre, wenn wir es nicht (handelnd) instanziiert hätten. Stellt sich infolge des Eintretens von S_1 eine S_2 -Instanz ein, lässt sich das kausale kontrafaktische Konditional – wenn auch nur in einem „*oblique* sense“ (ebd., 38) – als verifiziert (bestätigt) ansehen. Aufgrund der Generalität kausaler kontrafaktischer Konditionale geht ein Anspruch auf Bestätigung natürlich mit einem Anspruch auf Reproduzierbarkeit des Experiments einher.

Durch das handelnde Eingreifen verleihen wir v. Wright zufolge also etwas Faktizität, was kontrafaktisch geblieben wäre, wenn wir bloß in der Beobachterrolle geblieben wären, der Lauf der Ereignisse also ‚sich selbst überlassen‘ geblieben wäre. Damit hängt die Bestätigung eines kausalen kontrafaktischen Konditionals natürlich von der Verifizierung eines anderen kontrafaktischen Konditionals (im Folgenden: ‚kontrafaktisches Handlungskonditional‘) ab: ‚Hätte ich S_1 in jener Situation nicht durch mein Handeln (durch die Aktualisierung von Handlungsschema H) instanziiert, so wäre S_1 in jener Situation nicht instanziiert gewesen‘ (ebd., 42). Denn diese Gewissheit erst qualifiziert die Situation als eine solche, in der ich das kontrafaktische Konditional prüfen kann.

Kontrafaktische Handlungskonditionale sind v. Wright zufolge keine kausalen kontrafaktischen Konditionale (ebd., 43), andernfalls wären sie auch nicht geeignet, zu einer zirkelfreien Rechtfertigung letzterer beizutragen. v. Wrights Begründung dieser Nicht-Identität lautet wie folgt: Damit Ereignisse eines bestimmten Typs, etwa S_0 , überhaupt Ursachen von Ereignissen eines anderen Typs, etwa S_1 , sein können, darf die Aussage, dass ein S_0 instanziiert ist, die Aussage, dass ein S_1 instanziiert ist, nicht analytisch implizieren. Die Aussage, dass (in einer Situation bestimmten Typs) ein bestimmtes Handlungsschema H aktualisiert wird, impliziert aber analytisch die Aussage, dass das für H (in entsprechenden Situationen) charakteristische Handlungsergebnis eintritt. Angenommen, Situationen des Typs S_0 bestehen darin, dass Handlungsschema H aktualisiert wird, wobei das Ergebnis solcher Aktualisierungen in Situationen S_{Bed} die Instanzierung von S_1 ist. Dann wäre die einem kausalen kontrafaktischen Konditional nachempfundene Aussage ‚Wäre S_0 in jener Situation vom Typ S_{Bed} instanziiert gewesen,

so wäre auch S_1 instanziiert gewesen‘ analytisch wahr. Die Instanziierung von S_0 kommt daher nicht als Ursache der Instanziierung von S_1 in Frage (ebd., 40ff. und 49). Steht beispielsweise die Prüfung des Kausalurteils an, dass sich bei Kontakt der Flüssigkeiten F1 und F2 blaue Schlieren bilden, wird man wiederholt Flüssigkeit F1 in Flüssigkeit F2 einmischen, um das entsprechende kausale kontrafaktische Konditional zu prüfen. Die Handlung des Einmischens der Flüssigkeit F1 in die Flüssigkeit F2 verursacht aber nicht, dass F1 und F2 in Kontakt treten. Denn ‚F1 wird in F2 eingemischt‘ impliziert analytisch ‚F1 und F2 treten in Kontakt‘.

Wie steht es aber um die Verifizierung des kontrafaktischen Handlungskonditionals, von dem die Verifizierung (Bestätigung) des kausalen kontrafaktischen Konditionals v. Wright zufolge abhängig ist? Hier stellt sich *formal* zunächst das gleiche epistemologische Problem wie im Falle kausaler kontrafaktischer Konditionale. Denn wieder wird etwas *Kontrafaktisches* behauptet. Diesem Problem muss v. Wright für den Fall der kontrafaktischen Handlungskonditionale natürlich mit einer anderen Lösung als derjenigen begegnen, die er für den Fall kausaler kontrafaktischer Konditionale anführte. Denn dort lag die ‚Lösung‘ ja gerade im Verweis auf kontrafaktische Handlungskonditionale. v. Wright fährt folgendermaßen fort:

„Even though we, in a sense, cannot ‚strictly know‘ the counterfactual [kontrafaktisches Handlungskonditional, JK] to be true, we may have a firm conviction that it is true (be confident in or certain of its truth)“ (ebd.).

Die Sicherheit dieser Überzeugung begründet der Autor wie folgt:

„On this implicit trust in counterfactuals [kontrafaktische Handlungskonditionale, JK] rests our conviction that we perform actions and that we are agents who *can act*“ (ebd.).

Denn – wie bereits oben zitiert –,

„[t]o act is to interfere with the course of the world, thereby making true something which would not otherwise (*i.e.* had it not been for this interference) come to be true of the world at that stage of its history“ ebd., 39).

v. Wrights Argument lautet also folgendermaßen:

- 1) Wenn wir uns Handlungen (also die Fähigkeit zur Aktualisierung bestimmter Handlungsschemata) zuschreiben, dann müssen wir auch (entsprechende) kontrafaktische Handlungskonditionale als wahr beurteilen.

- 2) Wir schreiben uns Handlungen (also die Fähigkeit zur Aktualisierung bestimmter Handlungsschemata) zu.
- 3) Also müssen wir (entsprechende) kontrafaktische Handlungskonditionale als wahr beurteilen.

Für die erste – die kritische – der beiden Prämissen lässt sich folgendermaßen argumentieren:¹⁴⁰ Wenn wir einem Akteur zuschreiben, dass er ein bestimmtes Handlungsschema aktualisieren kann, schreiben wir ihm zu, dass er Handlungen dieses Schemas gelingend ausführen kann. Eine Handlung ist als gelungen zu bewerten, wenn nach dem Handlungsvollzug in einer Ausgangssituation des Typs S_{Bed} das Handlungsergebnis (etwa S_1) vorliegt, das für das aktualisierte Handlungsschema H charakteristisch ist (gegebenenfalls relativiert auf die Aktualisierung von H in *Ausgangsbedingungen des Typs* S_{Bed}). Auch wenn wir uns manchmal durch die Betrachtung des Vollzugs einer Handlung bereits die Meinung bilden, der Handelnde sei des offenkundig gerade von ihm aktualisierten Handlungsschemas mächtig, bemisst sich dieses Urteil letzten Endes doch nur am Gelingen der Handlung, also am Eintreten bzw. Nicht-Eintreten von S_1 . So ist beispielsweise Paul nicht zuzuschreiben, dass er backen kann, wenn seine auch noch so aufwendigen Unternehmungen in der Küche immer mit einem verkohlten und ungenießbaren Etwas enden. Indem wir die Zuschreibung der Handlungsfähigkeit letztlich von dem Bestehen einer bestimmten Ergebnissituation (hier des Typs S_1) abhängig machen, setzen wir allerdings voraus, dass S_1 nicht instanziiert worden wäre, hätte der jeweilige Akteur nicht gehandelt. Indem wir Peter zuschreiben, backen zu können, da sein Treiben in der Küche im Gegensatz zu demjenigen Pauls stets mit genießbaren Gebäcken endet, setzen wir voraus, dass genießbare Gebäcke nicht einfach aus dem nirgendwo aufzutauchen pflegen. Weil die obige Prämisse 2 wahr ist, gilt folglich auch die Konklusion (die dritte der dort aufgeführten Aussagen).

v. Wrights Ausführungen können somit als Begründung der Experimentalpraxis als adäquates Mittel zur Erzeugung von Kausalerkenntnis gelesen werden. Es bleibt nun noch zu erörtern, ob v. Wrights Ansatz ebenso wie Mackies Ansatz die Möglichkeit systematischer Fehltrübe über Kausalität einschließt, und ob insbesondere das systematische Problem von Mackies Ansatz im v. Wright'schen Ansatz behoben ist. Ich möchte diese Erörterung mit einer Diskussion von drei Typen experimenteller Irrtüme einleiten, bei denen es sich aber – so beanspruche ich zu zeigen – nicht um systematische Irrtüme handelt, die die Eignung der Experimentalpraxis

¹⁴⁰ v. Wright 1974, 42 intendiert offenkundig ein ähnliches Argument, wie ich es hier ausführe. Ich halte seine Darstellung an dieser Stelle aber nicht für ganz klar.

für die Bestätigung von Kausalurteilen aus begrifflichen Gründen infrage stellen. Bevor ich zur Besprechung der Irrtümer übergehe, will ich den v. Wright'schen Ansatz noch mit folgender Ergänzung versehen: Ein Experiment zur Prüfung der Kausalrelation zwischen S_1 - und S_2 -Instanzen kann auch durch die Instanziierung eines Ereignisses des Typs S_3 gestartet werden, wenn bekannt ist, dass S_3 -Instanzen in den vorliegenden Bedingungen S_1 -Instanzen verursachen, nicht aber S_2 -Instanzen.

Als erste Möglichkeit für experimentellen Irrtum sei folgende Situation erwogen: Angenommen, es sei ein kausales Gesetz der Form (3-4) zu bestätigen. Macht sich der Experimentator zu diesem Zweck daran, in Bedingungen S_{Bed} S_1 zu instanzieren, so lässt sich nicht ausschließen, dass unabhängig von seiner handelnden Instanziierung von S_1 noch ein weiteres Ereignis vom Typ S_1 eintritt. Die Experimentalsituation wäre damit nicht mehr durch die Abwesenheit der in S_1 charakterisierten Situationsmerkmale ausgezeichnet und damit zur Prüfung der Kausalrelation nicht mehr geeignet.

Die Möglichkeit einer solchen zusätzlichen S_1 -Instanz verursacht jedoch kein Problem für den v. Wright'schen Ansatz. Im Einzelfall wird das nicht handelnd instanziierte Ereignis nämlich (prinzipiell) als ein nicht handelnd instanziiertes zu erkennen sein.¹⁴¹ Denn unsere Gewissheit darüber, was wir handelnd als Handlungsergebnis instanzieren (s.o.), impliziert Gewissheit darüber, was nicht das Ergebnis unseres Handelns ist. Treten bei einem Experiment also wider Erwarten und unabhängig von unserem Handeln die in S_1 charakterisierten Situationsmerkmale ein, kann das Experiment abgebrochen oder nicht gewertet werden.

Zweitens wäre der Fall denkbar, dass nach der handelnden Instanziierung von S_1 im Experiment (also in Bedingungen des Typs S_{Bed}) zwar S_2 instanziiert ist, Instanzen von S_1 Instanzen von S_2 aber gar nicht verursachen, da jene im Experiment eingetretene Instanz von S_2 durch das Vorliegen irgendeines zusätzlich bestehenden, unbeachteten Sachverhalts verursacht wurde, der kein Teil von S_1 ist. Dies könnte zu einem falschen Kausalurteil verleiten. Das Problem lässt sich aber entschärfen: Das Eintreten jenes S_2 kann keine systematischen Gründe haben, d.h. es kann nicht durch das Herstellen der Experimentalbedingungen S_{Bed} verursacht worden sein, da die Wahl von S_{Bed} unter anderem dadurch bestimmt wird, dass S_2 (sowie S_1) in diesen Bedingungen nicht instanziiert ist. Ein nicht durch vorgängiges S_1 instanziiertes S_2 wird es also nur im Einzelfall geben, verursacht durch Sachverhalte, die zufällig *neben* S_{Bed} bestehen. Aufgrund der Forderung nach experimenteller Reproduzierbarkeit bereiten solche Einzelfälle keine ernsthaften Schwierigkeiten.

¹⁴¹ Natürlich kann der Experimentator das zusätzliche Ereignis übersehen. Dann liegt aber kein systematischer Irrtum sondern einfach eine Täuschung im Einzelfall vor.

Eine dritte Möglichkeit experimentellen Irrtums basiert darauf, dass es verschiedene Verfahren dafür geben kann, in den Experimentalbedingungen S_{Bed} das Handlungsschema H (mit dem S_1 instanziiert wird) zu aktualisieren (vgl. für den Begriff des Verfahrens 1.1.3). Seien durch ‚ S_H ‘ allgemein Situationen charakterisiert, in denen das Handlungsschema H aktualisiert wird, und seien ferner durch ‚ S_V ‘ Situationen charakterisiert, in denen das Handlungsschema H durch ein bestimmtes Verfahren V aktualisiert wird. S_H könnte etwa darin bestehen, dass eine Flüssigkeit gemischt wird, S_V im Mischen mit einem Metallspatel (Alternativen liegen im Mischen mit einem Glasstab, im Schütteln, Schwenken, etc.). Obgleich – so die Annahme – $(t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_H) \rightarrow t \in S_1$ gilt, ist es nicht ausgeschlossen, dass das spezifische Verfahren V selbst einen (evtl. unbemerkten) kausalen Einfluss hat. Denn angenommen, die Instanzierung von S_V führt zur Instanzierung einer Situation des Typs S_3 (entweder aufgrund einer Kausalrelation oder weil $t \in S_V \rightarrow t \in S_3$). Wenn nun zufällig gilt, dass Instanzierungen von S_3 in S_{Bed} Instanzierungen von S_2 verursachen, ist ein falsches positives Kausalurteil über die Instanzen von S_1 und S_2 möglich, genau dann nämlich, wenn Instanzen von S_1 Instanzen von S_2 gar nicht verursachen. Analog besteht auch die Gefahr eines falschen negativen Kausalurteils: Instanzen von S_2 könnten von Instanzen von S_1 zwar in Situationen des Typs S_{Bed} verursacht werden, nicht aber in Situationen vom Typ S_{Bed^*} . Die Instanzierung von S_V (also die Verwendung des Verfahrens V zur Instanzierung von S_1) könnte aber (ohne Wissen des Experimentators) die Bedingungen S_{Bed} zu Bedingungen des Typs S_{Bed^*} verwandeln.

Ein Beispiel zur letztgenannten Möglichkeit: Der Kontakt von Enzymen E und Substrat X (Instanzierung von S_1) verursache in den Lösungsbedingungen eines bestimmten Puffers (Instanzierung von S_{Bed}) die Entstehung von Produkt P (Instanzierung von S_2). Situationen S_1 lassen sich durch Mischen der Komponenten instanzieren, also durch die Instanzierung von S_H , wobei H das Handlungsschema des Mischens ist. Wird aber zum Mischen ein Metallspatel verwendet, ändern sich die Lösungsbedingungen dahingehend, dass Metall-Ionen in Lösung sind, die die Enzyme ‚vergiften‘, sie also an ihrer chemischen Aktivität hindern. Je nach Enzymkonzentration und Dauer des Mischens bleibt der Effekt – die Entstehung von Produkt P – ganz aus. Schütteln ist ein weiteres Verfahren, das die Enzymaktivität senkt, da es die Konformation der Enzyme beschädigt. Deshalb verwendet der Biochemiker zum Mischen von Enzymlösungen das vorsichtige Schwenken oder das vorsichtige Auf-und-Ab-Pipettieren der Lösung.

Solche in Verfahren gegründeten Fehler lassen sich nur empirisch aufdecken, entweder durch inkonsistente Experimentalergebnisse bei der Verwendung *verschiedener* Verfahren zur Instanzierung von S_1 , oder durch unabhängige experimentelle Erkenntnisse, aus denen sich der

kausale Einfluss jenes Verfahrens auf die Instanziierung von S_2 ableiten lässt. Wichtig ist, dass prinzipiell eine Entdeckung solcher Fehler möglich ist, und dass sie daher nicht die Gefahr systematischer, im Begriff der Experimentalpraxis gründender Irrtümer bergen.

Keine der drei Irrtumsmöglichkeiten birgt die Gefahr eines nicht aufdeckbaren, systematischen Irrtums, wie er in Mackies Theorie gegeben war – denn diese unterlag dem Problem, Wirkungen einer gemeinsamen Ursache nicht von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen unterscheiden zu können. Stellt sich auch dieses Problem im v. Wright'schen Ansatz nicht als systematisches Problem? Um in einem Experiment in den Bedingungen S_{Bed} fälschlicherweise zu dem Urteil zu kommen, dass S_1 -Instanzen S_2 -Instanzen verursachen, da sie in Wirklichkeit eine gemeinsame Ursache – nämlich S_{gem} -Instanzen – haben, müsste in jedem Experiment eine S_{gem} -Instanz vorliegen. Dafür gibt es aber nur eine Möglichkeit: S_{gem} wird mit S_{Bed} instanziiert, weil $t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow t \in S_{\text{gem}}$. In diesem Falle würde die Instanziierung von S_{Bed} aber immer mit einer Instanziierung von S_1 und S_2 einhergehen. S_{Bed} würde sich aus diesem Grund gar nicht als Ausgangssituation für ein Experiment zur Prüfung von Kausalität zwischen S_1 - und S_2 -Instanzen eignen. Ferner wäre ein Experiment, in dem zwei Ereignisse der Typen S_1 und S_2 als Wirkungen einer gemeinsamen Ursache eintreten, zur Prüfung des Bestehens einer Kausalrelation zwischen S_1 - und S_2 -Instanzen nicht geeignet, weil S_1 in Experimenten dieser Art *ex hypothesi* nicht handelnd instanziiert wird. Meinem Ermessen nach ist der Ansatz von v. Wright damit nicht dem systematischen Problem von Mackies Ansatz ausgesetzt.

Die experimentelle Praxis zur Prüfung einer Kausalrelation zwischen Instanzierungen von S_1 und S_2 in Bedingungen S_{Bed} ist in Box 5 als Normensystem expliziert (worin neben den Ergebnissen der vorangehenden Darstellung einige unstrittige Ergänzungen aufgenommen sind). Das Normensystem liegt auch dem wissenschaftlichen Experimentieren zugrunde, obgleich dieses sich noch durch einige Zusatzbestimmungen auszeichnet (siehe 3.2.1).

Abschließend möchte ich noch den für die folgenden Teile der Arbeit wichtigen Begriff der kausalen Disposition einführen. Verfügt man in Form eines bewährten Kausalgesetzes über das Wissen, dass sich Gegenstände eines bestimmten Typs in bestimmten Bedingungen auf eine spezifische Art und Weise verhalten, kann die Disposition zu einem solchen Verhalten den Gegenständen durch eigene Prädikatoren zugeschrieben werden. Das Definitionsschema für einen kausalen Dispositionsprädikator P_1 lässt sich wie folgt angeben:¹⁴²

$$3-6) \quad x \in P_1 \Leftrightarrow A(x) \rightarrow B(x)$$

(Beispiel: $x \in \text{wasserlöslich} \Leftrightarrow x \in \text{in Wasser gegeben} \rightarrow x \in \text{sich auflösen}$)

¹⁴² Vgl. Hartmann 1990, 186.

Wenn man eine aus der rechtsseitigen Aussagenform gebildete Aussage äußern darf, so auch die entsprechende aus der linksseitigen Aussagenform gebildete Aussage, und umgekehrt.¹⁴³ Einem bestimmten Zuckerwürfel a schreiben wir Wasserlöslichkeit aber nicht nur dann zu, wenn wir durch das Anstellen eines entsprechenden Tests mit a die rechtsseitige Aussage gerechtfertigt haben. Wir schreiben in solchen Fällen Wasserlöslichkeit zu, weil wir uns sicher

Box 5: Normensystem zur experimentellen Prüfung einer Kausalrelation zwischen Instanziierungen von S_1 und S_2 in Bedingungen S_{Bed}

N1: Vorbereitung: Prüfe die Eignung der kausalen Relata S_1 und S_2 und bestimme Experimentalbedingungen S_{Bed} !

N1.1: Vergewissere dich, dass $\sim(t \in S_1 \rightarrow t \in S_2)$!

N1.2: Bestimme Bedingungen S_{Bed} , für die Folgendes gilt:

a) $\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow t \in S_1)$

$\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow t \in S_2)$

$\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow \sim(t \in S_1))$

$\sim(t \in S_{\text{Bed}} \rightarrow \sim(t \in S_2))$

b) Wurde in der Vergangenheit in S_{Bed} S_1 instanziiert, so folgte immer eine Instanziierung von S_2 .

N1.3: Vergewissere dich, dass es ein Handlungsschema H gibt, das sich über ein Verfahren V realisieren lässt, wobei für die Anwendung von V (die Instanziierung von S_V) gilt:

a) $((t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_V) \rightarrow t \in S_1)$

b) $\sim((t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_V) \rightarrow t \in S_2)$

c) $\sim((t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_V) \rightarrow \sim(t \in S_2))$

N2: Experiment: Führe in S_{Bed} ein Experiment zur Prüfung der Verursachung von S_2 -Instanzen durch S_1 -Instanzen durch!

N2.1: Instanziiere S_1 in S_{Bed} (durch Instanziierung von S_V)!

N2.2: Vergewissere dich, dass das durch die Instanziierung von S_1 eintretende Ereignis das einzige Ereignis dieses Typs ist!

N2.3: Registriere, ob S_2 instanziiert wird!

¹⁴³ Bei dieser Definition handelt es sich nicht um eine Ersetzungsdefinition (vgl. 1.1.2). Wenn unter einer Definition für einen Prädikator P aber allgemeiner eine mittels ‚ \Leftrightarrow ‘ formulierte Übereinkunft verstanden wird, die die Zuschreibungsbedingungen von P eindeutig festlegt, ist (3-6) dennoch als Definitionsschema zu bezeichnen.

sind, dass a sich auflösen würde, würden wir a in Wasser geben. Wir beanspruchen also, eine Begründung zu besitzen für die als kontrafaktische Aussage verstandene Aussage ‚a ε in Wasser gegeben → a ε sich auflösen‘. v. Wright zufolge besteht eine Möglichkeit solcher Begründung im Anstellen eines Tests – das kommt hier gerade nicht in Frage. Eine zweite Möglichkeit besteht aber in der Begründung durch ein Kausalgesetz, denn ein solches besitzt ja kontrafaktischen Gehalt (man denke auch an Mackies ‚sophisticated way‘ der Verifizierung kontrafaktischer Konditionale (siehe 3.1.2)). Im vorliegenden Fall könnte das Gesetz

$$3-7) \quad \forall x, t [(x \varepsilon \text{Zuckerwürfel} \ \& \ \langle x, t \rangle \varepsilon \text{ in Wasser gegeben}) \\ \rightarrow \langle x, (t + \tau) \rangle \varepsilon \text{ sich auflösen}]$$

gemeinsam mit der Aussage ‚a ε Zuckerwürfel‘ zur Begründung der kontrafaktischen Aussage dienen. Dies entspricht auch unserer normalsprachlichen Rechtfertigung: Dieses und jenes Ding ist wasserlöslich, weil es ein Zuckerwürfel ist, und Zuckerwürfel sich – wie wir experimentell feststellen konnten – auflösen, wenn man sie in Wasser gibt, was nichts anderes heißt, als wasserlöslich zu sein.

Die Frage nach der Möglichkeit, Dispositionsprädikatoren zu definieren, hat historisch zu Diskussionen geführt. Auf eines der Probleme solcher Definitionen will ich kurz eingehen. Carnap hat auf ein inhaltliches Problem des von ihm entworfenen Schemas der totalen Definition eines Dispositionsprädikators P_1 hingewiesen. Dieses Schema lautet:

$$3-8) \quad \forall x [x \varepsilon P_1 \leftrightarrow \forall z (A(x, z) \rightarrow B(x, z))]$$

Hier wird in $A(x, z)$ ausgesagt, dass x einem bestimmten Test unterworfen wird, indem es in eine Relation mit einem Objekt z (etwa einem Experimentalaufbau) gesetzt wird – im obigen Beispiel wird x in eine hinreichend große Menge Wasser gegeben. Mit $B(x, z)$ wird das Ergebnis des Tests ausgesagt, etwa, dass x sich in dem Wasser auflöst. Ein Problem liegt nun darin, dass die rechte Seite der bilateralen Subjunktion äquivalent ist mit

$$3-9) \quad \sim \exists z (A(x, z) \ \& \ \sim B(x, z)).$$

Dieser Satz ist aber auch dann wahr, wenn $A(x,z)$ nie instanziiert wurde, wenn also nie ein Test stattfand.¹⁴⁴ Carnap formulierte daher ein alternatives Schema in Form eines bilateralen Reduktionssatzes (die Bedeutung der Zeichen entspricht (3-8)):

$$3-10) \quad \forall x \forall z (A(x,z) \rightarrow [x \in P_1 \leftrightarrow B(x,z)]),$$

durch den P_1 allerdings nur noch bedingt (durch $A(x,z)$), nicht mehr unbedingt oder total definiert wird.

Das von mir angegebene Definitionsschema (3-6) von Hartmann unterscheidet sich von Carnaps ursprünglichem Schema (3-8) dadurch, dass es keine Quantifikation beinhaltet und dass die Relation zwischen Definiendum und Definiens nicht durch einen bilateralen Subjunktoren sondern durch den Regelpfeil formuliert wird. Analog zu Carnaps Kritik, die auf der Grundlage der quantorenlogischen Dualität formuliert ist, ließe sich gegen das von mir angegebene Definitionsschema einwenden, dass eine Aussage ‚ $A \rightarrow B$ ‘ in der klassischen (und intuitionistischen) Logik auch dann wahr ist, wenn A falsch ist. Die Beschränkung auf die klassische (bzw. intuitionistische) Logik gilt, weil $\sim A \vdash A \rightarrow B$ auf *ex falso quodlibet* beruht.¹⁴⁵ Folglich können wir einem Ding a , solange wir es noch nie in Wasser gegeben haben, auf jeden Fall zuschreiben, wasserlöslich zu sein. Es besteht aber – so Hartmanns Vorschlag zur Auflösung dieses Problems – gar kein Grund zu einer kategorischen Festlegung auf die Verwendung klassischer oder intuitionistischer Logik (Hartmann 1990, 186). Im Gegenteil kann sich ein jeder leicht Beispiele für Rechtfertigungsdiskurse ausdenken, in denen die Anwendung von *ex falso quodlibet* bei den anderen Gesprächsteilnehmern nur fragende Blicke hervorrufen würde. Es ist daher, so Hartmann, angemessen, die die intuitionistische und die klassische Logik auszeichnenden Erweiterungen der minimallogischen Regeln¹⁴⁶ nur in bestimmten Diskursituationen zuzulassen (Hartmann 1990, 87). Dies führt er folgendermaßen aus: Im Rahmen der klassischen bzw. intuitionistischen Logik bedeutet das Behaupten von $A \rightarrow B$ eine bedingte Begründungsverpflichtung für den Behauptenden, d.h., sobald jemand A rechtfertigen kann, hat er die Verpflichtung, B zu rechtfertigen (wenn er im argumentativen Sprachspiel verbleiben will). Dieser Verpflichtung kann er sich endgültig nur entledigen, indem er zeigt, dass $\sim A$. Man könnte es auch so formulieren: Solange sich $\sim A$ rechtfertigen lässt, darf er $A \rightarrow B$ behaupten. Dies spiegelt – so Hartmann – den Gehalt vieler Wenn-dann-

¹⁴⁴ Vgl. für die Darstellung etwa Essler *et al.* 2001, 249f.

¹⁴⁵ Vgl. etwa Hartmann 2003, 20. ‚ \vdash ‘ zeigt die Ableitungsrelation – hier in einem klassischen oder intuitionistischen Kalkül – an.

¹⁴⁶ Für die intuitionistische Logik ist das die Regel $\lambda \Rightarrow A$ mit ‚ λ ‘ als Zeichen für den Widerspruch (*ex falso quodlibet*), für die klassische Logik zusätzlich $\sim \sim A \Rightarrow A$ (Hartmann 2003, 17).

Aussagen jedoch nicht unbedingt wider, wie ich bereits in 1.1.2 demonstrierte. Die Aussage ‚Wenn die Milch kocht, läuft sie auf keinen Fall über‘ halten wir auch für falsch, wenn die Milch noch nicht kocht (ebd., 68). Allgemein gesprochen verlangen wir bei einer Behauptung $A \rightarrow B$ in der Regel, dass der Behauptende B *unter der Annahme*, dass A besteht (also gegeben die Fiktion, dass A), begründet (ebd.). In diesem minimallogischen Verständnis des Subjunktors kann man $A \rightarrow B$ also nicht mit der Aussage $\sim A$ rechtfertigen, sondern nur dadurch, dass man unter Verwendung zulässiger Regeln (wie etwa Definitionen oder Regeln der (Minimal-)Logik) zu B gelangt. Auch im Falle der kausalen Dispositionsprädikatoren lässt sich ein solches minimallogisches Subjunktverständnis veranschlagen: Wer ‚a ε wasserlöslich‘ behauptet, muss aus dem fingierten Sachverhalt ‚a ε in Wasser gegeben‘ die Aussage ‚a ε sich auflösen‘ ableiten können, wobei dies – im Falle der hier einzig interessierenden *kausalen* Dispositionen – durch eine Spezifizierung von a (etwa als Zuckerwürfel) und durch die Anführung eines Kausalgesetzes (wie (3-7)) geschieht.

3.1.4 Einwände gegen den handlungsbasierten Interventionismus

Ich möchte in 3.1.4 folgende drei Einwände diskutieren, die gegen den handlungsbasierten Interventionismus vorgetragen wurden oder vorgetragen werden können:

1. *Der Anthropozentrismuseinwand*: Indem der handlungsbasierte Interventionismus – im Unterschied zu Woodward's Interventionismus – in seiner „characterization of a manipulation (or intervention) [...] essential reference to human agency“ (Woodward 2003, 104) vornimmt, erwachsen zwei unliebsame Konsequenzen:

a) Die Existenz von Kausalrelationen ist von der Existenz von Akteuren abhängig:

„[I]f the agency approach were correct, it would follow that there could be no causal relations at times or places at which there are no agents“ (Menzies and Price 1993, 198).

b) Die spezifischen Kausalrelationen, die bei gegebener Existenz von Akteuren bestehen, hängen einerseits von deren Handlungsfähigkeiten ab:

„[I]n possible worlds in which agents have different powers from those they possess in the actual world, different causal relations obtain“ (ebd.),

andererseits von deren Meinungen und Erfahrungen:

„[I]f human beings [...] had different beliefs, attitudes, or experiences, then truth values of causal claims would be different [...]“ (Woodward 2003, 118).

2. *Der Zirkularitätseinwand*: Durch die Charakterisierung von Kausalität durch Handlungen ist der handlungsbasierte Interventionismus zirkulär, ebenso wie Woodward's Interventionismus, der in seiner ersten Interventionsbedingung (siehe Box 4, 2.2.3) explizit auf Kausalität Bezug nimmt. Denn Handlungen sind schließlich auch Ursachen.

3. *Der Einwand der Inadäquatheit*: Dem handlungsbasierten Interventionismus zufolge kann es kein Kausalwissen über Ereignissequenzen geben, in die wir aus praktischen Gründen nicht eingreifen können, wie etwa Planetenbewegungen.

Vorab möchte ich darauf hinweisen, dass der Anthropozentrismuseinwand zu Unrecht diesen Titel trägt, da im handlungsbasierten Interventionismus keinerlei Referenz auf Menschen sondern nur Referenz auf Handlungen stattfindet. Auch nicht-menschliche Handlungssubjekte, die im Besitz der planerischen Fähigkeiten sind, die das Experimentieren ermöglichen, können Kausalerkenntnis erzielen. Zur Entgegnung auf den Anthropozentrismuseinwand möchte ich nun v. Wrights Verständnis des Verhältnisses von Handlungen und Kausalität noch etwas genauer erläutern:

„The question how to come to know whether a [*certain*, JK] regularity satisfies this criterion of [causal, JK] lawlikeness is an *epistemic* question. [...] Is this all there is to the claim that causation is dependent on action? Shall we say that the dependence of the first on the second is only *epistemic*?“ (v. Wright 1974, 50).

Diese Frage wäre zu bejahen, wenn experimentelles Handeln nichts weiter als ein gutes Mittel wäre, Kausalrelationen zu entdecken. Das ist aber nicht der Fall, denn experimentelles Handeln ist nach v. Wright gezwungenermaßen das Mittel, welches wir zu diesem Zweck veranschlagen müssen. Denn der Begriff der Kausalität nimmt – in Form des (Begriffs des) kausalen kontrafaktischen Konditionals – v. Wright zufolge bereits implizit auf den Begriff der Handlung Bezug. Der Autor fährt nach der zuletzt zitierten Passage folgendermaßen fort:

„To answer these questions affirmatively would, however, be to misunderstand the nature of the claim. The dependence of causation upon action is *conceptual*. The dependence, moreover, is not directly one between cause and action, but between the notion of a (causal) counterfactual conditional and [the notion of, JK] action. And since there is an apparently indisputable conceptual relation between [the notion of, JK] causal connection and

[the notion of causal, JK] counterfactual conditionality, it follows by transitivity that there is also a conceptual relation between [the notion of, JK] causal connection and [the notion of, JK] action“ (ebd.).

Um den Begriff der Kausalität (richtig) gebrauchen zu können, muss man also auch den Begriff der Handlung (richtig) gebrauchen können. Denn der Begriff der Kausalität kann nur *angewendet* werden, wenn ein kausales kontrafaktisches Konditional verifiziert (bestätigt) werden kann. Ein solches nimmt nach dem hier vertretenen Ansatz aber Bezug auf etwas, was der Fall wäre, wenn der ‚Lauf der Dinge‘ *nicht* sich selbst überlassen wird. Nach v. Wright ist es aber überhaupt nur deshalb sinnvoll, davon zu reden, dass der ‚Lauf der Dinge‘ nicht sich selbst überlassen wird, weil es Handlungen gibt: Diese ‚Gegenstände‘ (im weiten Sinne) haben gerade die Eigenschaft, den ‚Lauf der Dinge‘ zu ändern, und dieser Eigenschaft entspricht ihr zentrales Begriffsmerkmal. Der Begriff der Kausalität ist also ohne den Begriff der Handlung sinnlos. In Bezug auf Punkt (a) des Anthropozentrismuseinwands ist deshalb zunächst anzuführen, dass man ebenso wenig von der Existenz von Kausalrelationen wie von ihrer Nicht-Existenz sprechen kann, wenn der Begriff der Handlung nicht zur Verfügung steht. Das heißt aber nicht, dass es keinen sinnvollen Bezug auf Verursachungsrelationen zwischen Ereignissen geben kann, die an Orten stattfinden, an denen sich kein Akteur aufhält, oder zu Zeiten, in denen vielleicht überhaupt kein Akteur existiert hat (und der sinnvolle Bezug auf solche Kausalrelationen setzt ihre Existenz voraus). Prinzipiell ist diese Möglichkeit dadurch gegeben, dass kausale Gesetze als über Zeitpunkte allquantifizierte Gesetze begründet werden und dass sie ferner auch als solche generellen Gesetze begründbar sind, die keinen Bezug auf individuelle Einzeldinge (und so auch nicht auf individuelle Orte) nehmen (vgl. hierzu 3.2.1). Der zuletzt ausgeführte Gedankengang impliziert, dass die Existenz spezifischer Kausalrelationen prinzipiell unabhängig davon ist, ob jemand sie durch einen passenden experimentellen Handlungsvollzug ans Licht gebracht hat oder nicht. Ist der Begriff der Kausalität auch ohne den Begriff der Handlung sinnlos, so sagt das Verfügen über diese beiden Begriffe folglich nichts darüber aus, was für bestimmte Kausalzusammenhänge sich beim Anstellen von bestimmten Experimenten als bestehend erweisen werden:

„[A]gency theories [of causation, JK] do not say that causal relations exist only when agents have actually performed the appropriate experimental manipulations“ (Menzies and Price 1993, 198).

„The existence of specific causal relations, and the operation of causal factors, is thus independent of agency and of the interference of agents with nature. One could express this by saying that causation is *ontically* independent of agency“ (v. Wright 1974, 49).

Gegen Punkt (b) des Anthropozentrismuseinwands lässt sich spezifischer noch folgendermaßen argumentieren: Erstens, dass die Existenz einer bestimmten Kausalrelation nicht von unseren (prinzipiell willkürlichen) Meinungen abhängt, zeigt sich daran, dass uns der Erfolg des zur Prüfung dieser Kausalrelation angestellten Experiments *widerfährt* (damit ist er unabhängig von unseren Meinungen). Zweitens, der Vorwurf, dass dem handlungsbasierten Interventionismus zufolge die Existenz spezifischer Kausalrelationen von unserem Handlungsvermögen abhängt, muss als Erwägung formuliert werden, dass ein anderes Handlungsvermögen unsererseits die Existenz anderer Kausalrelationen mit sich führte:

„[C]onsider a possible world which is exactly like the actual world except that by an accident of natural selection agents have a much more restricted set of manipulative powers. At first sight, it might appear that the agency approach is committed to saying, quite implausibly, that the truncated manipulative powers of the agents imply a truncated set of causal relations“ (Menzies and Price 1993, 198.).

Abgesehen von der Unklarheit, was genau unter einem „restricted set of manipulative powers“ verstanden werden soll (meint es schlechtere feinmotorische Fähigkeiten? In diesem Fall kann – wie in der aktuellen Welt auch – die Konstruktion von Instrumenten Abhilfe schaffen), kann diesem Einwand wie folgt begegnet werden: Das skizzierte Gedankenexperiment sowie jedes typgleiche Gedankenexperiment verweist auf eine Differenz zwischen den wirklich in einer Welt existierenden Kausalrelationen und den durch die Akteure jener Welt erkennbaren Kausalrelationen. Damit aber ist bereits zugestanden, dass in jener Welt nicht nur die Kausalrelationen existieren, die durch die dortigen Akteure erkannt werden, und ferner, dass diese Relationen durchaus erkennbar sind, nämlich von Akteuren der aktuellen Welt (vgl. auch ebd. 198f.).

Damit komme ich zum Zirkularitätseinwand. Bei einem solchen handelt es sich um einen epistemischen Einwand: Er betrifft die Begründung von Aussagen, oder – wie in diesem Fall – die Definition von Begriffen. Woodward's Interventionismus kann aufgrund der ersten Interventionsbedingung (siehe Box 4, 2.2.3) als zirkulär bezeichnet werden. Das hat folgende Konsequenz: Vor dem Hintergrund des von mir vertretenen Ansatzes zur Festlegung von Begriffen (siehe 1.1.2) ließe sich der Begriff ‚verursacht‘ bzw. ‚kausal relevant‘ im Woodward'schen Sinne nie einführen. Denn um die entsprechenden Ausdrücke im Einzelfall zuzuschreiben, müssen wir uns sicher sein, dass die Interventionsbedingungen erfüllt sind; aufgrund der ersten Interventionsbedingung müssen wir damit bereits Wissen von mindestens einer Kausalrelation haben, den Prädikator ‚verursacht‘ also mindestens in einem anderen Fall schon zuschreiben können (so auch Woodward selbst in 2003, 104).

Ein Vertreter des Woodward'schen Ansatzes muss den in Kap. 1 skizzierten Ansatz zur Festlegung von Begriffen natürlich nicht teilen, er muss nicht die Anforderung stellen, dass sich eine Sprache aus nicht-sprachlichen Handlungen ‚neu‘ rekonstruieren lassen muss. Wissenschaftler, so könnte er argumentieren, gehen eben immer schon davon aus, dass in bestimmten Fällen Kausalität vorliegt, und relativ zu dieser Menge M vorausgesetzter Kausalrelationen sichern sie weiteres Kausalwissen. Mit diesem Zugeständnis tritt allerdings dann ein Problem auf, wenn neue Mitglieder der Wissenschaftsgemeinschaft leugnen, dass die Fälle aus M Kausalrelationen sind. Sie könnten dagegen eine andere Menge M* als unstrittige Fälle von Kausalität behaupten, wobei sich die Fälle der Menge M* unter Zuhilfenahme der Kausalrelationen aus der Menge M *nicht* als Kausalrelationen auszeichnen lassen. Da es keine Kriterien zur Entscheidung zwischen den Mengen M und M* gibt, wird es zur bloßen Ansichtssache, welche der beiden Mengen anerkannt wird, und somit zur bloßen Ansichtssache, welche Kausalrelationen als existent zu behaupten sind.

Der handlungsbasierte Interventionismus wird vom Zirkularitätsvorwurf nicht getroffen, da ihm zufolge nicht auf Kausalwissen verwiesen werden muss, um Kausalität (bzw. den Prädikator ‚verursacht‘) zuzuschreiben. Es muss nur auf den gelingenden Vollzug von Handlungen, also auf Handlungswissen referiert werden. In 1.1.2 illustrierte ich, wie so eine Referenz in Situationen, in denen zunächst gar keine Sprache verfügbar ist, verständlich gemacht, wie die Rede über Handlungen aus solchen Situationen heraus eingeführt werden kann. Um eine Entgegnung auf den Zirkularitätseinwand in den Worten v. Wrights zu formulieren: Die Aussage, dass eine bestimmte Handlung H in Bedingungen S_{Bed} vollzogen wird, impliziert analytisch die Aussage, dass S_1 instanziiert wird, wobei S_1 das Handlungsergebnis von H-Vollzügen in S_{Bed} charakterisiert. Das einem kausalen kontrafaktischen Konditional nachempfundene Konditional ‚Wäre H in S_{Bed} vollzogen worden, wobei dies faktisch nicht der Fall war, wäre auch S_1 der Fall gewesen‘ ist, wie oben bemerkt, analytisch wahr:

„The relation between the [action-, JK] result and the action is intrinsic. The result must be there, if we are to say correctly that the action has been performed“ (v. Wright 1974, 49).

Dem Einwand der Inadäquatheit zufolge können wir Kausalrelationen nicht an Ereignisse zuschreiben, die wir experimentell nicht hervorbringen können. Da wir aber davon ausgehen, dass auch beispielsweise makrokosmische Ereignisse andere Ereignisse verursachen, also erzwingen können, scheint der handlungsbasierte Interventionismus inadäquat. Der Einwand lässt sich auf zwei Weisen ausräumen, deren Darstellung allerdings erst im weiteren Verlauf

der Arbeit möglich wird: Erstens lässt sich in experimentell nicht realisierbaren Fällen eine Kausalitätszuschreibung durch wissenschaftliche Gesetze begründen, wenn diese hinreichend allgemein formuliert sind (siehe 3.2.1). Zweitens lassen sich durch den Einsatz von Experimentalmodellen auch genuin neue Kausalerkenntnisse über experimentell nicht direkt untersuchbare Gegenstände erzielen (siehe 5.2.1).

3.2 Grundlagen wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis

In der Rekonstruktionsskizze in 1.3 habe ich bereits darauf hingewiesen, dass sich Experimentieren zwar als eine Praxis erweist, die Mittel zur Erzeugung von Manipulations- und Vorhersagewissen ist, dass die so hervorgebrachten Wissensbestände aber nicht zwingend effizient sind, wie es der Zweck vorschlägt, zu dem physiologische Praxis Mittel sein soll (vgl. 1.3): Einerseits soll wissenschaftliches Wissen in Anwendung und Lehre effizient sein – in 1.3 stellte ich bereits fest, dass dieser Effizienzanspruch etwa durch eine möglichst hohe Generalität des Wissens erlangt werden kann sowie durch weitere Eigenschaften einer zweckmäßigen Organisation des Wissensbestands. Andererseits sollte wissenschaftliches Wissen auch mit Blick auf seine weitere Akkumulation effizient sein: Die Art und Weise der Erzeugung (und die Organisation) des Wissensbestands sollte weitere Schritte des Wissenserwerbs anregen, der Wissensbestand und seine Akkumulation sollten also möglichst produktiv sein. In 1.3 wies ich bereits darauf hin, dass sich diese spezifischen Ansprüche an Wissenschaftlichkeit entweder durch Restriktionen von lebensweltlichen Praxen (wie der des Experimentierens) einlösen lassen müssen, oder durch Hinzuziehung weiterer Praxen.

In 3.2 werde ich zunächst zeigen, wie sich der wissenschaftliche Anspruch an Generalität durch Restriktionen der Experimentalpraxis erreichen lässt (3.2.1). Anschließend werde ich den Begriff der wissenschaftlichen Theorie vorstellen und argumentieren, dass die physiologische Praxis sich von vielen anderen wissenschaftlichen Praxen dadurch unterscheidet, dass sich die Formulierung von Theorien nicht dazu eignet, ihren Wissensbeständen eine zweckmäßige Organisation und Produktivität zu verleihen (3.2.2). In Kap. 5 werde ich demonstrieren, wie die physiologische Praxis diesen beiden Ansprüchen auf eine ganz eigene Art, nämlich durch verschiedene Praxen des Modellierens gerecht wird.

3.2.1 Wissenschaftliches Experimentieren

Durch Zusatzbestimmungen der Generalität, die von wissenschaftlichen Kausalgesetzen gefordert werden sollten, lassen sich direkt entsprechende Restriktionen für wissenschaftliches Experimentieren ableiten. Die umfänglichste mir bekannte Auflistung der von wissenschaftlichen Kausalgesetzen zu fordernden Zusatzbestimmungen findet sich in Hartmann 1993, 61-68.¹⁴⁷ Ich möchte hier diejenigen Bestimmungen aufführen, die noch nicht in dem in 3.1.3 entworfenen Begriff des lebensweltlichen, nicht-wissenschaftlichen Kausalgesetzes enthalten sind. Bei diesen handelt es sich um die gesuchten Zusatzbestimmungen der Generalität (siehe Box 6). Ich stelle (wissenschaftliche) kausale Gesetze im Text weiterhin abkürzend als Konditionale dar, in denen nur über Zeitpunkte quantifiziert wird. Insbesondere zum Einlösen der Generalitätsforderungen wird es hilfreich sein, die darin charakterisierten Situationstypen explizit als Quantifikationen über Dinge darzustellen (vgl. etwa das Beispiel (3-7) in 3.1.3).

Box 6: Zusatzbestimmungen der Generalität für *wissenschaftliche* Kausalgesetze

- 1) In wissenschaftlichen Kausalgesetzen wird weder durch Kennzeichnungen noch durch Eigennamen Bezug auf individuelle, konkrete Gegenstände genommen. Es werden ferner nur Ausdrücke verwendet, die sich ohne Verwendung solcher Eigennamen und Kennzeichnungen explizit einführen lassen.¹⁴⁸
- 2) Zu einem Kausalgesetz $\forall t(t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ darf es keine Aussagenformen $t \in S_{\text{Bed}^*}$ und $t \in S_{1^*}$ geben, die analytisch schwächer sind als $t \in S_{\text{Bed}}$ bzw. $t \in S_1$, wobei sich $\forall t(t \in S_{\text{Bed}^*} \ \& \ t \in S_{1^*} \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ als kausales Gesetz bewähren lässt.¹⁴⁹

Während die bisherige Formulierung lebensweltlicher Kausalgesetze einzig generell in Bezug auf die Zeitpunkte der Instanziierung der darin vorkommenden Situationstypen war, fordern die Bedingungen (1) und (2) in Box 6 auch ein höheres Maß an Generalität in Bezug auf die Gegenstände, um die es in der Charakterisierung der Situationstypen S_1 , S_2 und S_{Bed} geht.

¹⁴⁷ Hartmann formuliert diese als Ansprüche an „Naturgesetze“ (Hartmann 1993, 61).

¹⁴⁸ Hartmann 1993, 62ff. Hartmann weist darauf hin, dass Eigennamen für abstrakte Gegenstände (wie Zahlen) sehr wohl vorkommen dürfen. Ferner räumt er den häufig gegen diese Forderung formulierten Einwand aus, bestimmte Naturgesetze, wie etwa das Galileische Fallgesetz, bezögen sich sehr wohl auf individuelle, konkrete Einzeldinge, in diesem Fall etwa auf die Erde. Denn das Fallgesetz beispielsweise könne problemlos so formuliert werden, dass es für jeden Himmelskörper gilt, der mit der Erde die einschlägigen Eigenschaften teilt (ebd., 62).

¹⁴⁹ Vgl. Hartmann 67f.

Dass hierdurch dem in 1.3 formulierten Zweck für physiologische Praxis Rechnung getragen wird, steht außer Frage. Die Anerkennung der Bedingungen aus Box 6 als Anforderungen an wissenschaftliche Kausalgesetze ist also rational. Bei Forderung (1) handelt es sich um eine semantische Forderung, die zwar Einfluss auf die Formulierung eines Gesetzes hat, nicht aber auf die Experimentalpraxis. Anders ist es um Forderung (2) bestellt. Ich möchte nun zeigen, wie sie sich in der – folglich *wissenschaftlichen* – Experimentalpraxis niederschlägt. In 3.2.2 werde ich außerdem dafür argumentieren, dass das Einlösen von Forderung (2) noch durch eine Zusatzpraxis gestützt wird, nämlich durch das Erstellen eines passenden Klassifikations-systems für den untersuchten Gegenstandsbereich.

Zur Rechtfertigung einer bestimmt gestalteten wissenschaftlichen Experimentalpraxis, welche die Forderung (2) aus Box 6 erfüllt, führe man sich eine Situation vor Augen, in der ein gewisses Vorhersage- und Manipulationsinteresse in Bezug auf Lebewesen besteht, welchem bereits mit lebensweltlichen Praxen (etwa der nicht-wissenschaftlich gestützten Kultivierungs- und Heilpraxis) begegnet wird. Dieses Wissen kann schon als sicheres Kausalwissen (gemäß Box 5 in 3.1.3) vorliegen, wodurch allerdings noch keine Gewähr besteht, dass *alle* im Antecedens des Kausalgesetzes auftretenden Bestimmungen von S_1 und S_{Bed} auch *relevant* sind, um die gewünschten Vorhersagen oder Manipulationen durchzuführen: Gewisse Situationsmerkmale aus S_1 und S_{Bed} können schlicht irrelevant für die Hervorbringung einer S_2 -Instanz sein. Ferner könnte sich zeigen, dass ein gewisser Zusammenhang der Manipulierbarkeit nicht nur für Individuen der in S_1 und S_{Bed} spezifizierten Art gilt, sondern für eine viel größere Klasse an Individuen (auch dies bedeutete, dass einige Bestimmungen von S_1 und S_{Bed} sowie entsprechende Bestimmungen von S_2 gestrichen werden können). Drittens könnte – je nachdem, wie allgemein die Situationstypen S_1 , S_{Bed} und S_2 gefasst sind – ein Interesse daran bestehen, *Varianten* von S_2 vorhersagen oder gezielt instanzieren zu können. Es stellt sich dann die Frage, welche Bestimmungen von S_1 und S_{Bed} relevant für das Eintreten einer bestimmten Variante von S_2 sind. Insgesamt stellen sich also Fragen nach ‚schlechthin‘ relevanten Bestimmungen von S_1 und S_{Bed} , sowie Fragen nach Bestimmungen von S_1 und S_{Bed} , die zur Instanzierung bestimmter Varianten von S_2 relevant sind. Die experimentell basierte Beantwortung dieser Fragen erhöht den Grad der Generalität des Manipulations- und Vorhersagewissens. Das gilt insbesondere auch für die Identifizierung der Antecedens-Bestimmungen, die für Varianten von S_2 relevant sind, da man das kausale Gesetz dann in Form einer Funktion darstellen kann, die bestimmten Antecedens-Bedingungen eine entsprechende S_2 -Variante zuordnet, sodass an die Stelle vieler ähnlicher Gesetze *ein* kausales Gesetz tritt.

Wenn die – gegebenenfalls im Rahmen von Relevanzerwägungen noch zu modifizierende – Regularität der Instanziierung von Situationen der Typen S_1 und S_2 in Bedingungen S_{Bed} als *Phänomen* bezeichnet wird, kann die experimentell gestützte Beantwortung der Relevanzfragen als wissenschaftliche Erforschung des Phänomens bezeichnet werden. Die wissenschaftliche Erforschung eines Phänomens basiert auf dem vergleichenden Experimentieren mit Kontroll- und Experimentiergruppen, die sich in definierten Elementen von S_1 und S_{Bed} unterscheiden. Der Erfolg dieses Experimentierens ist daher an möglichst vollständiges Wissen um die Situationselemente aus S_1 und S_{Bed} sowie an eine möglichst vollständige Kontrollierbarkeit dieser Bedingungen gebunden. Damit lässt sich rechtfertigen, dass Experimente in einem durch Experimentierapparate definierten Experimentierraum¹⁵⁰ durchzuführen sind. ‚Experimentierapparate‘ ist dabei im weiten Sinne der eigens hergestellten und somit (bestmöglich) bekannten und kontrollierbaren Experimentalbedingungen zu verstehen. Hierunter fallen auch Mess- und Detektionsinstrumente sowie Instrumente, die gegebenenfalls erforderlich sind, um das Experiment zu starten (vgl. Lange 1999, 107).

In den Experimentierraum wird der zuvor (gegebenenfalls unter Anwendung von Instrumenten) ausgewählte und präparierte Untersuchungsgegenstand eingeführt – die Gesamtheit von Experimentierapparaten und Untersuchungsgegenstand wird als Experimentalanordnung bezeichnet (Situationstyp S_{EA1}). Durch eine Starthandlung (deren Vollzug eine Instanziierung von S_{SH} sei), die die Experimentalanordnung verändert (das Eintreten dieser Veränderung sei der Situationstyp S_{EA2}), wird das Experiment gestartet. Je nach Interesse und empirischem Einzelfall wird als Experimentalergebnis (Situationstyp S_{EE}) das Eintreten eines bestimmten Verlaufs oder das Eintreten eines Zustands an der Experimentalanordnung (bzw. am Untersuchungsgegenstand) beschrieben.¹⁵¹ Die gesamte Experimentalbeschreibung umfasst also folgende Schritte:

1. Beschreibung der Auswahl und Präparation des Untersuchungsgegenstands,
2. Beschreibung der Experimentalanordnung (S_{EA1}),
3. Beschreibung des Vollzugs der Starthandlung (S_{SH}),
4. Beschreibung der durch die Instanziierung von S_{SH} stattfindenden Änderung der Experimentalanordnung (S_{EA2}),

¹⁵⁰ Dieser Ausdruck ist Lange 1999, 107 entlehnt.

¹⁵¹ Vgl. Lange 1999, 107. Lange spricht anstatt von Experimentalanordnung von „Versuchsanordnung“ (ebd., im Original durch Fettdruck hervorgehoben).

5. Beschreibung des nach Zeitintervall τ vorliegenden Experimentalergebnisses S_{EE} (ein sich ohne weiteres Zutun einstellender Verlauf an der Experimentalanordnung oder Zustand der Experimentalanordnung).

Erweist sich das Experiment als reproduzierbar, ist es zur Bewährung des kausalen Gesetzes $\forall t(t \in S_{EA2} \rightarrow (t + \tau) \in S_{EE})$ geeignet. Im Antecedens ließen sich entsprechend der obigen Darstellung Umgebungsbedingungen (oben: S_{Bed}) sowie die durch die Starthandlung instanziierten Bedingungen (oben: S_1) unterscheiden. Ich werde gleich demonstrieren, dass im wissenschaftlichen Experimentieren oft eine andere Unterscheidung im Antecedens getroffen wird.

Um ein solches Gesetz in ein möglichst allgemeines Gesetz zu überführen, werden durch Veränderung von S_{EA1} und S_{SH} diejenigen Situationselemente von S_{EA2} identifiziert, ohne die Reproduzierbarkeit nicht mehr gewährleistet ist – der ursprüngliche Situationstyp S_{EA2} wird also um schlechthin irrelevante Elemente verkürzt.¹⁵² Die verbleibenden Situationselemente (ohne die Reproduzierbarkeit nicht mehr gewährleistet ist) werden meist als *Randbedingungen* bezeichnet (Lange 1999, 112). Ferner werden diejenigen Situationselemente von S_{EA2} identifiziert, die zugunsten einer interessanten Variante des Experimentalergebnisses variiert werden können.¹⁵³ Die so variierbaren Situationsbestandteile der Experimentalanordnung werden meist als *Anfangsbedingungen* bezeichnet (ebd.). Im Antecedens des Kausalgesetzes werden Rand- und Anfangsbedingungen zweckmäßigerweise getrennt notiert. Obgleich die Unterscheidung von Bedingungen dieser zwei Typen zur Steigerung der Generalität zentral ist, möchte ich sie der Einfachheit halber nicht in das Formelbild aufnehmen und weiterhin $\forall t(t \in S_{Bed} \ \& \ t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ schreiben; Rand- und Anfangsbedingungen können sich dann sowohl in Elementen von S_{Bed} als auch in Elementen von S_1 finden. Weiterhin nutze ich ‚ S_{Bed} ‘ zur Bezugnahme auf ‚Umgebungsbedingungen‘ und ‚ S_1 ‘ zur Bezugnahme auf die in diesen Bedingungen meist am Untersuchungsgegenstand erzeugte Situation (deren Eintreten Ursache für die Instanzierung von S_2 ist).

Je nachdem, ob mit dem Bestehen von Situationen des Typs S_2 das Vorliegen eines Zustands an Untersuchungsgegenständen der betrachteten Art ausgesagt wird oder das Stattfinden von

¹⁵² Experimentelle Relevanzprüfungen zur Identifikation von schlechthin relevanter Situationselemente wurden bereits von J. S. Mill unter dem Titel ‚Method of Difference‘ diskutiert. Eine übersichtliche Darstellung bietet Schurz 2014, 183 und 187.

¹⁵³ Relevanzprüfungen beider Art sollten immer im Vergleich zu einer hinsichtlich des gerade zu prüfenden Situationselements *nicht* variierten Kontrollgruppe vorgenommen werden. Gewisse, nicht als Variation intendierte Besonderheiten *konkreter* Experimentalsituationen könnten nämlich das Ergebnis beeinflussen. Sind solche Faktoren anwesend, schlagen sie sich auch in den Ergebnissen der Kontrollgruppe nieder und sind so zu erkennen.

Ereignissen bzw. Verläufen von Ereignissen, die Untersuchungsgegenstände dieser Art einschließen, lässt sich die wissenschaftliche Erforschung eines Phänomens zur Formulierung von Zustands- oder Verlaufsgesetzen nutzen. Die Aussage eines Zustandsgesetzes lautet: Wenn in gewissen Bedingungen (S_{Bed}) ein bestimmter Zustand am Untersuchungsgegenstand eintritt (ausgedrückt in S_1'), dann tritt (auch) ein gewisser anderer oder weiterer Zustand (ausgedrückt in S_2') am Untersuchungsgegenstand ein. Hier werden also Zustände am Untersuchungsgegenstand korreliert. Ein zentraler Aspekt von Zustandsgesetzen liegt diesem Verständnis nach darin, dass sie auf der Grundlage von Kausalwissen formuliert werden. Auf diese Weise werden nur solche Zustandsänderungen im Gesetz korreliert, für die gilt, dass das Eintreten des einen Zustands das Eintreten des anderen kausal ‚erzwingt‘. Im Falle eines Verlaufsgesetzes ist eine gewisse Veränderungssequenz (ein komplexes Ereignis bzw. ein Verlauf) von Interesse. In einem solchen Gesetz sind Situationen des Typs S_2 immer Ereignisse, über deren genauen zeitlichen Verlauf spezifischer informiert werden kann, etwa durch $(t+\tau_1) \in S_2^*$ & $(t+\tau_2) \in S_2^{**}$ & ...¹⁵⁴ Wissenschaftliche Kausalgesetze lassen sich also immer als Zustands- oder Verlaufsgesetze spezifizieren. Für lebensweltliche Kausalgesetze werde ich diese Ausdrücke nicht verwenden.

Schließlich möchte ich noch anmerken, dass zeitliche Dauer natürlich nicht die einzige Messgröße ist, die zur Bildung quantifizierender wissenschaftlicher Gesetze verwendet wird. Hartmann 1993, 92ff. hat demonstriert, wie man den Begriff der Größe (und somit auch alle Begriffe für bestimmte Größen) als Abstraktor über den Begriff der (im konkreten Fall zu operationalisierenden) Maßfunktion einführen kann. Dieser Vorschlag, den ich aus Platzgründen nicht im Detail darstellen werde, ist insofern interessant, als dass er eine Alternative zum Verständnis von Ausdrücken für Größen als theoretische Terme bietet.¹⁵⁵

Die in den vorigen Passagen vorgestellten Relevanzprüfungen stellen Zusatzbestimmungen oder Restriktionen dar, denen *wissenschaftliches* Experimentieren im Vergleich zum lebensweltlichen Experimentieren unterliegt. Durch diese wird insbesondere der Generalitätsforderung (2) aus Box 6 genüge getan. Bevor ich in 3.2.2 demonstriere, wie dies in einem noch umfänglicheren Ausmaß möglich ist, möchte ich im Rest von 3.2.1 den Begriff des statistischen Gesetzes einführen, der in den Begriff des wissenschaftlichen Zustands- und Verlaufsgesetzes eingeschlossen werden sollte.

¹⁵⁴ Meine Darstellung von Zustands- und Verlaufsgesetzen geht auf Lange 1999, 107 zurück, nimmt aber einige Ergänzungen vor.

¹⁵⁵ So ein Verständnis findet sich in der klassischen Wissenschaftstheorie des 20. Jhd. (siehe etwa Hempel 1974). Zum Begriff des theoretischen Terms siehe 3.2.2.

Die Erzeugung oder Vorhersage eines interessanten Zustands oder Verlaufs kann dadurch erschwert werden, dass sich derselbe in bestimmten Bedingungen S_{Bed} nach der Instanziierung von S_1 nicht immer sondern nur manchmal einstellt. Dies ist besonders in Bezug auf das Verhalten von Lebewesen zu erwarten. In diesem Fall ist die Formulierung eines gesetzmäßigen Zusammenhangs auf einen Anteilswert oder eine Wahrscheinlichkeit $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1)$ zu relativieren, also auf die Wahrscheinlichkeit dafür, dass S_2 zu $t+\tau$ instanziiert ist, wenn zu t die Bedingungen S_{Bed} bestanden und S_1 instanziiert war. Bei der Formulierung eines entsprechend relativierten Zusammenhangs bezieht man sich natürlich auch auf alle künftigen Instanzierungen: Man geht also davon aus, dass dem Zusammenhang eine Beständigkeit insofern innewohnt, als dass er – theoretisch – auf einen richtigen Anteilswert relativiert werden kann.

Oft erlaubt es gerade das lebensweltliche Vorwissen, eine Hypothese über diesen richtigen Wert zu formulieren: $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = p$. Wie eine nicht auf einen Anteilswert relativierte Kausalhypothese kann die Anteilswert-Hypothese experimentell getestet werden. Die n -fache Wiederholung eines solchen Experiments, bei dem die Anzahl des Eintretens von S_2 in den Bedingungen S_{Bed} nach handelnder Hervorbringung von S_1 als Zufallsvariable X quantifiziert wird, liefert eine Stichprobe vom Umfang n . X wird auch als Anzahl der ‚Erfolge‘ bezeichnet. Sofern man davon ausgehen kann, dass das Anstellen der einzelnen Experimente den (unbekannten) Anteilswert nicht ändert, ist X binomialverteilt. Aus der konkreten Realisierung von X , $X = k$, lässt sich die relative Häufigkeit der Erfolge, $h = k/n$, errechnen. Mit dieser ist es bereits möglich, die Anteilswert-Hypothese $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = p$ zu falsifizieren, oder – im Falle ‚erfolgloser‘ Falsifizierung – schwach zu bestätigen. Der zu diesem Zweck durchgeführte Parametertest für den Anteilswert p rechtfertigt eine Aussage folgender Art: Wenn die Hypothese (die ‚ H_0 -Hypothese‘) $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = p$ richtig ist, dann wird eine Stichprobe (vom Umfang n) mit einem Akzeptanzkoeffizienten γ (etwa 95 %) eine relative ‚Erfolgs‘-Häufigkeit h liefern, die im ‚Akzeptanzbereich‘, einem Intervall mit der Untergrenze p_u und der Obergrenze p_o , liegt. Befindet sich h nicht im Akzeptanzbereich, muss die Hypothese $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = p$ relativ zu dem Stichprobenumfang n und dem Akzeptanzkoeffizienten γ verworfen werden. Liegt h im Akzeptanzbereich, kann sie (relativ zu γ und n) als schwach bestätigt angesehen werden (Schurz 2014, 190). Die Bestätigung ist schwach, weil h auch im entsprechend errechneten Akzeptanzbereich anderer hypothetischer Anteilswerte p^* , p^{**} , ... liegen würde bzw. liegt. h würde die entsprechenden Hypothesen über den Anteilswert also ebenfalls bestätigen (ebd.).

Ein höherer Grad an Bestätigung ist nur für ein Konfidenzintervall von p_u bis p_o zu erlangen. Dieses wird auf der Grundlage des durch die Stichprobe (vom Umfang n) erhaltenen Schätzwerts für $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1)$ – d.h. auf der Grundlage der relativen Häufigkeit $h = k/n$ – und einem Vertrauenskoeffizienten γ (etwa 95%) bestimmt. Die Aussage, zu der eine solche Intervallschätzung berechtigt, lautet: Diejenigen Anteilswerte $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1)$, in deren Akzeptanzbereich h liegt, sind mit einem Vertrauen von γ durch das Intervall von p_u bis p_o ($[p_u, p_o]$) gegeben.

Wenn für die Instanziierung von S_2 in Bedingungen S_{Bed} nach einer Instanziierung von S_1 nur ein Anteilswert p oder ein Anteilswert-Intervall $[p_u, p_o]$ angegeben werden kann, ist von einem statistischen Gesetz der Form $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = p$ bzw. $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = r$ mit $r \in [p_u, p_o]$ zu sprechen. Einzig statistische Gesetze mit Anteilswert-Intervallen können als stark bestätigt angesehen werden – aus pragmatischen Gründen wird anstelle eines Anteilswert-Intervalls aber oft ein Anteilswert angegeben, etwa $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = 0,8$ bei $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) = r$ mit $r \in [0,79, 0,82]$.

Auch für statistische Gesetze sind experimentelle Relevanzprüfungen durchzuführen, in denen mittels entsprechender Kontrollgruppen die statistische Relevanz einzelner Bestimmungen von S_{Bed} und S_1 für das Eintreten von S_2 geprüft wird. Zum Zweck der einfacheren Darstellung charakterisiere ‚S‘ vorübergehend den Situationstyp, der die Situationselemente aus S_{Bed} und S_1 vereint. Es geht dann darum, zu prüfen, ob der Anteilswert des Eintretens von S_2 in S verschieden ist vom Anteilswert des Eintretens von S_2 in S^* , wobei in Situationen des Typs S^* alle Situationselemente von Situationen S vorliegen, mit Ausnahme des jeweils zu prüfenden Situationselements $S_{\text{prüf}}$. Die Differenz dieser Anteilswerte, die als bedingte Korrelation zwischen $S_{\text{prüf}}$ und S_2 bezeichnet wird, ist ein Maß für die Relevanz von $S_{\text{prüf}}$ (vgl. ebd., 180).

Die Differenz der relativen Häufigkeiten von S_2 -Instanziierungen, welche aus (gleich großen) Stichproben der Experimentiergruppe (Bedingungen S^*) und der Kontrollgruppe (Bedingungen S) errechnet werden, spiegeln aber noch nicht die Differenz der Anteilswerte $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S)$ und $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S^*)$ wider. Es muss erst getestet werden, ob es zu dieser Abweichung der beiden relativen Häufigkeiten nicht auch zufällig bei $p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S) = p((t+\tau) \in S_2 \mid t \in S^*)$ hätte kommen können. Auch dies kann wieder als Test einer H_0 -Hypothese (relativ zu einem Akzeptanzkoeffizienten γ) geschehen, die zweckmäßigerweise als $\text{diff}=0$ formuliert wird, wobei die Zufallsvariable diff die Differenz der beiden Zufallsvariablen quantifiziert, welche durch die Anteilswert-Schätzfunktionen der Experimentier- und der Kontrollgruppe gegeben sind (vgl. ebd., 193f.). Wenn die Differenz der aus den Stichproben errechneten rela-

tiven Häufigkeiten außerhalb des Akzeptanzbereichs liegt, der in Form von zwei diff-Werten gegeben ist, dann können die Anteilswerte der beiden Gruppen (relativ zu γ und relativ zur identischen Stichprobengröße) als verschieden bewertet werden.

Selbstverständlich können auf diese Weise nicht nur ‚negative‘, sondern auch ‚positive‘ Relevanzprüfungen durchgeführt werden: Sowohl der Ausschluss als auch der Einbezug gewisser Bestimmungen in die Bedingungen der Experimentiergruppe können den Anteil eintretender S_2 verändern. Darüber hinaus kann im Falle eines statistischen Gesetzes – wie im Falle eines nicht-statistischen Gesetzes – eine Unterscheidung von Varianten von S_2 interessant sein, denen in unterschiedlichen Antecedens-Bedingungen jeweils unterschiedliche Anteilswerte zuzuordnen sind.

3.2.2 Produktive Wissensakkumulation und zweckmäßige Wissensorganisation: Theorien in der Physiologie?

In 3.2.1 habe ich demonstriert, wie Zusatzbestimmungen an wissenschaftliches Experimentieren die Generalität des wissenschaftlichen Wissensbestands erhöhen können. Bis zu diesem Punkt der Darstellung kann wissenschaftliche (physiologische) Praxis also als Praxis vorgestellt werden, die Mittel dazu ist, Manipulations- und Vorhersagewissen (über Lebewesen) zu akkumulieren, welches in Bezug auf Anwendung und Lehre insofern als effizient anzusehen ist, als es ein hohes Maß an Generalität besitzt. Auch wenn ein auf diese Weise erzeugter Wissensbestand nur aus sehr generellen Gesetzaussagen besteht, kann seine Effizienz einerseits noch durch eine zweckmäßige Organisation gesteigert werden – wenn die generellen Gesetzaussagen in Form von zufälligen Listen vorliegen, die die Länge von Telefonbüchern haben, ist das für ihre Anwendung und Lehre weniger effizient, als wenn sie beispielsweise in Form eines Aussagensystems vorliegen, in denen weniger generelle Aussagen aus einer kleinen Menge sehr genereller Aussagen (und entsprechenden Zusatzprämissen) abgeleitet werden können. Außerdem besteht nach 1.3 noch die Forderung nach einer Effizienzsteigerung der Wissensakkumulation im Sinne der Produktivität des Wissensbestands.

In 3.2.2 möchte ich die Grundmerkmale eines Begriffs der wissenschaftlichen Theorie bestimmen, der sich insofern sinnvoll in die Konzeptualisierung einer wissenschaftlichen Praxis einfügt, als er geeignet ist, Vorhersage- und Manipulationswissen eine zweckmäßige Organisation zu verleihen und es darüber hinaus produktiv für weitere wissenschaftliche Forschung zu machen. Für eine Wissenschaft, die auf die Konstruktion von Theorien im hier skizzierten Sinne zielt, ergeben sich unmittelbare Konsequenzen für die wissenschaftliche Forschung und

für die Integration und Aufbereitung des dabei erzielten Wissens. In der Entwicklung dieses Theorie-Begriffs werde ich versuchen, den Bezug zur physiologischen Praxis herzustellen, auch wenn dies bisweilen etwas gezwungen wirken mag. Ich werde schließlich (so wie auch viele andere Autoren) zu dem Schluss kommen, dass von physiologischen Theorien wenn überhaupt nur in einem sehr weiten Sinne geredet werden kann und dass eine Konzeptualisierung physiologischer Praxis selbst mit diesem weit gefassten Theorie-Begriff nicht als deskriptiv adäquat zu bewerten ist. In Kapitel 5 werde ich zeigen, dass in der Konzeptualisierung physiologischer Praxis verschiedene Modell-Begriffe den Begriff der Theorie ersetzen können und dass eine diese Modell-Begriffe einschließende Konzeptualisierung auch deskriptiv adäquat genannt werden kann. Dennoch möchte ich auf den Begriff der Theorie hier verhältnismäßig ausführlich eingehen, da sich einige Merkmale der Theorienkonstruktion – wie beispielsweise das Erstellen klassifikatorischer Systeme über einen Gegenstandsbereich – auch in eine auf den Modell-Begriffen basierende Konzeptualisierung aufnehmen lassen. Ferner wird der (obgleich deskriptiv nicht adäquate) Begriff der physiologischen Theorie (wobei ‚Theorie‘ in einem sehr weiten Sinne verwendet wird) in Kap. 5.2.4 eine entscheidende Hilfestellung bieten, den Begriff des theoretischen Modells auf die Physiologie zu übertragen.

Bevor ich beginne, will ich noch einmal daran erinnern, dass Craver physiologische Theorien mit Mechanistischen Erklärungen identifiziert (siehe 2.2.2). Damit weicht er von Begriffen der wissenschaftlichen Theorie ab, die in der Tradition der Wissenschaftstheorie insbesondere im 20. Jhd. entworfen wurden. Der Ausdruck ‚Theorie‘ ist – anders etwa als der Ausdruck ‚Erklärung‘ (vgl. Kap. 4) – kein Ausdruck, der aus lebensweltlichen Kontexten in die Konzeptualisierung von Wissenschaften überführt wurde. Aus diesem Grund ist er lebensweltlich auch nicht zu rekonstruieren. Hinter dem Begriff ‚Theorie‘, wie er in der klassischen, insbesondere Logisch-Empiristischen Wissenschaftstheorie verwendet wird, verbirgt sich aber ein in den eben genannten Hinsichten – Wissensorganisation und Produktivität – hilfreiches Instrument für das Treiben von Wissenschaft (die für das Erstellen von Theorien erforderlichen Handlungen sind natürlich lebensweltlich bekannt). Aus diesem Grund verwende ich – abweichend von den Mechanisten – den Ausdruck ‚Theorie‘ auch im Sinne dieses ‚klassischen‘ Begriffs: Meiner Ansicht nach lassen sich die wesentlichen Merkmale dieses Theorie-Begriffs auf der Grundlage meiner Zweckbestimmung aus 1.3 – aber nur, insofern diese nicht auf den Bereich der Lebewesen spezifiziert ist – sowie auf der Grundlage des in 3.2.1 gelegten Fundaments wissenschaftlicher Praxis rechtfertigen.

Die Konzeptualisierung wissenschaftlicher Theorien im 20. Jhd. ist eigentlich durch zwei Auffassung geprägt – durch die bereits erwähnte, aus dem Logischen Empirismus hervorge-

gangene syntaktische Auffassung und durch die von J. P. Sneed initiierte und insbesondere von W. Stegmüller weiterentwickelte semantische Auffassung. Ersterer identifiziert eine Theorie mit einer Menge von (Gesetzes-)Aussagen, während letztere eine Theorie mit der Definition einer Menge von Modellsystemen identifiziert, die sich aus spezifischen Entitäten zusammensetzen und sich gemäß bestimmten Gesetzen verhalten. Da es im Rahmen der syntaktischen Auffassung ebenfalls sinnvoll ist, von theoretischen Modellsystemen zu sprechen, auf die sich die Gesetze der (syntaktisch verstandenen) Theorie anwenden lassen (siehe 5.2.4), und da es ferner im Rahmen der semantischen Auffassung erforderlich ist, die Definition der Modellmenge selbst als Aussagenmenge auszuformulieren (siehe 5.2.4), kann der Unterschied beider Auffassungen in vielen Hinsichten als ein Unterschied der Darstellungsweise oder Formalisierung angesehen werden.¹⁵⁶ Neuere Autoren wie etwa Schurz 2014 nehmen daher auch Aspekte beider Auffassungen in ihren Theorie-Begriff auf.¹⁵⁷ Ich werde den nun zu rekonstruierenden Begriff der wissenschaftlichen Theorie an der syntaktischen Auffassung orientieren und in 5.2.4 aus der semantischen Auffassung nur den Begriff des theoretischen Modells entlehnen. In der Rekonstruktion der syntaktischen Auffassung werde ich neben einigen eigenen Ergänzungen insbesondere auch die von Hartmann 1993 erarbeiteten Neuerungen gegenüber der klassischen, Logisch-Empiristischen Version des Theorie-Begriffs berücksichtigen. Ich werde nach der Rekonstruktion die Unterschiede zwischen der neueren und der klassischen Version noch einmal gesammelt gegenüberstellen. Allgemein gilt für meine Rekonstruktion des Theorie-Begriffs, dass sie an den Kontext meines Projekts angepasst ist – viele (i.d.R. speziellere) Begriffsmerkmale oder Streitpunkte, die historisch Anlass zu Kontroversen gaben, werde ich nicht berücksichtigen, sofern sie im Kontext meiner Arbeit nicht relevant sind.

Theorien werden in der syntaktischen Auffassung als Zusammenfassungen des wissenschaftlichen Wissens über einen „Gegenstandsbereich“ (Hartmann 1993, 73) angesehen. Ich werde darunter einen Bereich an Dingen und die Regularitäten des Eintretens von Zuständen und Ereignissen an diesen Dingen verstehen. Solche Gegenstandsbereiche sind offenkundig entweder dadurch abgesteckt, dass sie aus lebensweltlichen Kontexten bekannt sind, wie etwa das Verhalten der Tiere und das Verhalten der Pflanzen, die Bewegungen (unbelebter) Körper oder das Verhalten von Stoffen. Sie können prinzipiell aber auch erst über die Anwendung bestimmter Instrumente erschlossen werden. Das gilt etwa für den Gegenstandsbereich der

¹⁵⁶ Das gilt zumindest, wenn man die grundlegende Motivation der Vertreter der semantischen Theorieauffassung, ein neues Verständnis theoretischer Terme geben zu müssen, ablehnt, weil man ein neues Verständnis dieser Terme nicht für nötig hält (vgl. 5.2.4).

¹⁵⁷ Siehe Schurz 2014, Kap. 5.

tierischen (oder der pflanzlichen) Gewebe, der erst über die Zergliederung von Lebewesen zugänglich wird, sowie für den Gegenstandsbereich der Zellen, der im 17. Jhd. durch die Anwendung des Mikroskops auf Gewebsschnitte offengelegt wird. In Übereinstimmung mit der Bestimmung des Gegenstands der historisch entstandenen Physiologie (siehe Einleitung) lassen sich folgende Gegenstandsbereiche physiologischer Theorien angeben: Das Verhalten von Tieren und Pflanzen, die Geschehnisse an tierischen und pflanzlichen Geweben, die Geschehnisse an Zellen sowie das Verhalten der aus Tieren und Pflanzen entnommenen oder hergestellten Stoffe. Weil in der modernen Chemie für Stoffe theoretische Modelle¹⁵⁸ verwendet werden, die von Verbänden verschiedener Atome (also von Molekülen) handeln, werde ich den letztgenannten Gegenstandsbereich auch als den Gegenstandsbereich der Biomoleküle bezeichnen.

Das Zusammenfassen wissenschaftlichen Wissens muss Mittel zu irgendeinem Zweck sein. Im Rahmen meines Projekts stünde als Kandidat für einen solchen Zweck die Einlösung der nach 3.2.1 noch verbleibenden Effizienzforderungen aus – die Stützung von Anwendung und Lehre wissenschaftlichen Wissens durch eine entsprechend zweckmäßige Organisation und die Verleihung von Produktivität an wissenschaftliches Wissen. Bei beidem handelt es sich, so werde ich im Folgenden zeigen, um allgemein anerkannte zentrale Leistungen der Ausarbeitung von Theorien gemäß der syntaktischen Auffassung. Ich beginne die Rekonstruktion dieses Theorie-Begriffs mit einigen Forderungen, die aus der erstgenannten Effizienzforderung resultieren.

Wenn eine Theorie als Zusammenfassung wissenschaftlichen Wissens über einen Gegenstandsbereich Z angesehen wird, die die Anwendung und Lehre des Wissens erleichtern soll, so lässt sich an die Abgrenzung von Z folgende Forderung stellen: Die zu Z gehörenden Ereignisse sollten nicht in kausalen Beziehungen zu Ereignissen *außerhalb* von Z stehen. Z sollte also in diesem Sinne ‚kausal abgeschlossen‘ sein. Anders ausgedrückt sollten für jedes Ereignis aus Z alle kausal relevanten Faktoren mit dem Vokabular der Theorie erfassbar sein. Denn würde diese Forderung nicht gestellt, so müsste man im Fall der Anwendung einer Theorie T (zwecks einer bestimmten Manipulation oder Vorhersage) stets auch die nicht in T zusammengefassten Wissensbestände berücksichtigen, da diese für den konkreten Fall relevantes Kausalwissen enthalten könnten. Damit würde die durch die Zusammenfassung von Wissen beabsichtigte Zweckmäßigkeit für die Anwendung (und so auch für die Lehre) wieder aufgehoben werden. Diese Forderung nach ‚kausaler Abgeschlossenheit‘ besagt nichts ande-

¹⁵⁸ Vgl. für den Begriff des theoretischen Modells 5.2.4.

res, als dass Phänomene, die sich an den Dingen des Gegenstandsbereichs erforschen lassen, auch wirklich als Phänomene dieses Gegenstandsbereichs angesehen werden können.

Kausalwissen über die in Z stattfindenden Ereignisse wird erst im Gang der wissenschaftlichen Erforschung der Phänomene aus Z erzeugt. Aus diesem Grund kann die anfängliche Charakterisierung (Abgrenzung) von Z durch lebensweltliches Wissen oder durch den Verweis auf den Gebrauch bestimmter Instrumente erst im Laufe der Erforschung von Z durch eine scharfe Abgrenzung ersetzt werden. Dass Lichteinstrahlung etwa in den Gegenstandsbereich eingeschlossen werden muss, der anfänglich über die Verwendung des Mikroskops auf Gewebsschnitte charakterisiert ist (der Gegenstandsbereich der Zelllehre oder -theorie), zeigt sich erst in Experimenten, die Lichteinstrahlung als Ursache gewisser Ereignisse in diesem Gegenstandsbereich (etwa bestimmter Bewegungen von Zellen oder Plastiden) identifizieren. Alle an Entitäten aus Z experimentell instanzierbaren Ereignistypen, deren experimentelle Instanzierung zur Vermehrung des Kausalwissens über die Entitäten und Geschehnisse aus Z beitragen, sind daher zu Z zu rechnen, können also in der Terminologie der Theorie über Z charakterisiert werden. Das heißt nicht, dass Ereignisse bestimmten Typs nicht auch Teil unterschiedlicher Gegenstandsbereiche sein können: Gewebe sowie Zellen können mechanischem Druck und Bestrahlung ausgesetzt, mit Flüssigkeiten behandelt und elektrisiert werden. Ähnlich wie die Forderung nach der kausalen Abgeschlossenheit von Z lässt sich der von Hartmann an Theorien gestellte Anspruch begründen, die Phänomene in Z *möglichst vollständig* zu erfassen,¹⁵⁹ d.h. mit passenden Gesetzen möglichst alle kausalen Regelmäßigkeiten in Z zu erfassen. Denn Theorien, die in dieser Hinsicht unvollständig sind, bergen die Gefahr, falsche Manipulationsvorschriften und Vorhersagen zu liefern, weil in einem konkreten Anwendungsfall stets kausal relevante Situationsbestimmungen vorliegen könnten, die in der Theorie nicht berücksichtigt sind.

Das Einlösen des Vollständigkeitsanspruchs sowie das Erlangen einer scharfen Abgrenzung von Z wird maßgeblich durch die Einführung (und ständige Verbesserung) eines klassifikatorischen Systems K für die Entitäten (Dinge) von Z befördert. K ist eine Menge von Dingprädikatoren Q_1, \dots, Q_n , die auf verschiedenen Klassifikationsstufen (Klassen, Unterklassen, Unterunterklassen, usf.) Entitäten von Z einteilen (da es hier nur um die grundlegende Idee des klassifikatorischen Systems geht, unterscheide ich die Klassifikationsstufen nicht im Symbolismus).¹⁶⁰ Es kann durchaus mehrere klassifikatorische Systeme K, K*, K**, usf. für densel-

¹⁵⁹ Vgl. für diese Forderung etwa Hartmann 1993, 76 und 78.

¹⁶⁰ Siehe zum Begriff des klassifikatorischen Systems etwa Hartmann 1993, 92f. Hartmann unterscheidet jedoch nicht mehrere Klassifikationsstufen in einem System. Ferner schränkt er die klassifizierenden Prädikatoren nicht auf Dingprädikatoren ein.

ben Bereich Z geben, die sich prinzipiell vollständig unterscheiden können, es faktisch aber meist nur auf tiefen Klassifikationsstufen tun.¹⁶¹

Die Zuschreibung klassifikatorischer Termini kann durchaus eine Situation voraussetzen, die allein durch die Anwendung von Instrumenten geschaffen wird. So hängt die Zuschreibung von Termini für Gewebe von der Zergliederung und eventuell von dem Gebrauch von Lupen-
gläsern ab, die Zuschreibung von Termini aus dem Gegenstandsbereich der Zellen (also Termini für Zellen sowie zelluläre und extrazelluläre Bestandteile) von der Anwendung eines Mikroskops. Der Gebrauch dieser Termini ist über Definitionen (oder zumindest über einseitige Prädikatorenregeln)¹⁶² dergestalt zu regeln, dass ihre eindeutige Zuschreibung – gegebenenfalls in Situationen der Anwendung entsprechender Instrumente – möglich ist. Folglich muss die Lehre dieser Termini sowie die Einigung im Falle des Dissens bezüglich der Zuschreibbarkeit eines solchen Terminus letztlich durch exemplarisch einführbares (und imperativ kontrollierbares) Vokabular gewährleistet sein (vgl. 1.1.2). Das Definiens für einen klassifikatorischen Terminus kann durchaus auch Termini enthalten, die nicht exemplarisch einführbar sind. Diese müssen dann entweder mittels Prädikatorenregeln (bspw. Definitionen) einzig durch Prädikatoren ersetzbar sein, die exemplarisch einführbar sind. Oder es handelt sich um Dispositionsprädikatore bzw. Prädikatore, die mittels Dispositionsprädikatore definiert sind. In diesem Fall müssen die in den Definienda der Dispositionsprädikatore auftretenden Prädikatore exemplarisch einführbar sein bzw. durch exemplarisch einführbare Terme definiert sein.¹⁶³ Das Definiendum von klassifikatorischen Prädikatore kann auch Größen enthalten – die Zuschreibung der Ausprägung einer Größe ist letztlich ebenfalls exemplarisch lehr- und lernbar sowie imperativ kontrollierbar.¹⁶⁴ Dispositionsprädikatore und Größen spielen vor allem bei der Definition von Prädikatore zur Bezeichnung von Stoff-

¹⁶¹ Im letzteren Fall kann man auch von verschiedenen klassifikatorischen Sub-Systemen, also Alternativen für gewisse Teile eines klassifikatorischen Systems K sprechen. Ein Beispiel sind die verschiedenen Klassifikationen für Neurone. Morphologische Klassifikationen von Neuronen zerlegen die Klasse der Neurone entweder nach dem Kriterium der Neuritenanzahl (uni-, bi- oder multipolare Neurone), nach der Beschaffenheit der Dendriten (bedornete oder nicht bedornete), nach der spezifischen Gestalt der Besetzung des Somas durch die Dendriten (etwa Pyramidenzellen oder Sternzellen), nach ihrer spezifischen Verbindung mit Zellen anderer Typs (motorische Neurone, sensorische Neurone oder Interneurone) oder nach der Axonlänge (Golgi-Typ-I-Neurone (=Projektionsneurone) oder Golgi-Typ-II-Neurone (=lokale Schaltkreisneurone)). Neurone werden aber auch chemisch nach den von ihnen produzierten Neurotransmittern klassifiziert (etwa cholinerge oder dopaminerge Neurone).

¹⁶² Z.B. $x \in \text{Käfer} \Rightarrow x \in \text{Insekt}$ (vgl. Hartmann 1993, 108).

¹⁶³ Zum Definitionsschema der (kausalen) Dispositionsprädikatore siehe 3.1.3.

¹⁶⁴ Eine Maßfunktion, über die durch invarianten Bezug ein Größenausdruck eingeführt wird (vgl. meine Anmerkung in 3.2.1), ist natürlich durch die Angabe eines bestimmten Verfahrens zu operationalisieren, das in der Konstruktionsvorschrift eines Messinstruments besteht, in der Vorschrift der Herstellung einer bestimmten Relation zwischen Messinstrument und Messobjekt sowie in einem Messverfahren, das sich prinzipiell auf das Abzählen von Skalenstrichen beläuft (vgl. Hartmann 1993, 102ff.). Vgl. insbesondere für Einführung der dabei nötigen geometrischen Begriffe Janich 1997, und für die Einführung der arithmetischen Ausdrücke etwa Hartmann 1990.

fen eine große Rolle. Man denke etwa an Prädikatoren zur Bezeichnung der Disposition zu einer bestimmten Flammenfärbung, der Disposition zum Schmelzen bei einer bestimmten Temperatur, der Disposition zum Drehen der Polarisationssebene linear polarisierten Lichts in einem bestimmten Winkel, etc.¹⁶⁵

Die frühen Schriften der Zellehre bezeugen die Entstehung eines immer komplexer werdenden klassifikatorischen Systems über den durch die Mikroskopie von Gewebsschnitten eröffneten Gegenstandsbereich, welches seinen Ursprung bei lebensweltlichem (und aus diesem Grund exemplarisch einführbarem) Vokabular nimmt, das teils immer noch in der Lehre der Zellbiologie verwendet wird. So beschrieb R. Hooke als erster die von ihm beim Mikroskopieren von Kork entdeckten ‚Kämmerchen‘ (*cellulae*) (vgl. Jahn 1987, 8), J. E. Purkyně nennt die „mikroskopischen Körperchen mit Kernen“ *Enchyma* (ebd., 25), J. Müller spricht von ‚Bläschen‘ (ebd., 26) und M. Schultze gibt die 1861 gängige Definition von ‚Zelle‘ als „bläschenförmige Gebilde mit Membran“ (Schultze 1861, 137) an. R. Brown beschrieb als erster den in den Kämmerchen sichtbaren *Kern* (*nucleus cellulae*), dessen *körniges Inneres* (*Nucleolus*) erstmals von M. Schleiden dokumentiert wird (vgl. Jahn 1987, 19f.). Schleiden spricht ferner von dem von ihm als Pflanzengallerte bezeichneten membranumschlossenen *Schleim* (dem späteren Cytoplasma)¹⁶⁶ und liefert damit ein Beispiel für die Normierung eines Terminus (‚Pflanzengallerte‘) mittels eines Prädikators, dessen Verwendung durch die Zuschreibung einer (das Fließverhalten betreffenden) Disposition erfolgt (‚Schleim‘). Passend dazu spricht Schultze von der „Zellsubstanz“, die er auch „Protoplasma“ nennt, als der „zähflüssigen“ Umgebung des Kerns (Schultze 1861, 138) und versucht sich an einer Neudefinition des Terminus ‚Zelle‘ als eines „Klumpchen[s] Protoplasma, in dessen Innerem ein Kern liegt“, wobei „[d]er Kern sowohl als das Protoplasma [...] Teilprodukte der gleichen Bestandteile einer anderen Zelle [sind]“ (ebd., 139f.). Ein weiteres Beispiel für einen Terminus, bei dessen Einführung ein Dispositionsprädikator verwendet wird, ist die von Schleiden beschriebene *verhältnismäßig feste* „Wandung“ (Schleiden 1838, 53) um die Pflanzengallerte.

Inwiefern fördert das Erstellen eines klassifikatorischen Systems über einen Gegenstandsbereich Z das Einlösen des Anspruchs, die Phänomene aus Z vollständig zu erforschen und Z so scharf wie möglich abzugrenzen? Entscheidend dafür ist die Zusatzbestimmung, dass jede Teilmenge K' von K , die alle und nur die Prädikatoren *einer* Klassifikationsstufe von K enthält, eine Zerlegung (von Z) bilden soll. K' bildet genau dann eine Zerlegung von Z , wenn die Elemente von K' disjunkt sind (keiner Entität lassen sich zwei oder mehr klassifizierende Ter-

¹⁶⁵ Im Logischen Empirismus lassen sich Stoffprädikatoren auf diese Weise nicht definieren, da hier das Definitionsschema für Dispositionsprädikatoren nicht akzeptiert wird (vgl. 3.1.3).

¹⁶⁶ Vgl. Schleiden 1838, 51f.

mini dieser Stufe zuschreiben), wenn sich in Z zu jedem Element von K' eine Anwendung findet und wenn K' erschöpfend ist (Z lässt sich mit K' einteilen, ohne dass nicht klassifizierte Entitäten übrig bleiben).¹⁶⁷ In der Erforschung eines Gegenstandsbereichs Z werden Zerlegungen erst schrittweise aus einem immer umfänglicher werdenden, anfangs provisorischen Vokabular erstellt (wie die Beispiele aus der Zellehre demonstrieren). Auch wenn eine Zerlegung bereits verfügbar ist, kann sie immer weiter verfeinert werden. Weil die Zerlegung der Entitäten eines Gegenstandsbereichs mit dem Anspruch auf vollständige Klassifikation einhergeht, liefert sie die Möglichkeit, Experimente zu Kausalrelationen zwischen Ereignissen an allen möglichen Entitäten aus Z zu organisieren. Damit fördert sie die vollständige Erforschung der Phänomene aus Z sowie die scharfe Abgrenzung dieses Gegenstandsbereichs.

Um diesen Ansprüchen wirklich gerecht zu werden, ist neben der Klassifikation der Entitäten von Z noch eine Klassifikation aller Zustände und Ereignisse erforderlich, die an diesen Entitäten vorliegen können. Analog zu den Dingprädikatoren Q_1, \dots, Q_n lassen sich zu diesem Zweck klassifikatorische Zustands- und Ereignisprädikatoren einführen, deren Verwendung wie die Verwendung der Dingprädikatoren zu regeln ist. Zustände und Ereignisse an Geweben sind die Einwirkung mechanischer Kräfte, das Aufnehmen und Abgeben von Flüssigkeiten, das Anschwellen, Wachsen und Verformen, das Kontrahieren, der Zustand der Bestrahlung oder der elektrischen Reizung, das Leiten von Elektrizität, das Zusammenwachsen, u.a.

Auch in oder an Zellen (bzw. zellulären Bestandteilen) lassen sich Ereignisse und Zustände dieser Typen finden, ferner die Vesikel-Abschnürung und -Bewegung, genauer die Exo-, Endo- und Pinozytose an der Plasmamembran sowie der vesikuläre ‚Transport‘ entlang des Endomembransystems, der Abbau zelleigener- sowie zellfremder Bestandteile (durch die Bildung eigener, als Lysosomen bezeichneter Kompartimente), die (Neu-)Bildung von Kompartimenten und Organellen, d.h. des Endoplasmatischen Retikulums, des Golgi-Apparats, der Endosomen, der Mitochondrien und Plastiden, der Vesikel sowie (in manchen Zellen) der Vakuolen, die Kondensation von Chromosomen im Zellkern, der Aufbau der Teilungsspindel, die Kernteilung mit ihren verschiedenen, beobachtbaren Stadien, die Zellteilung, das Kollabieren und Platzen ganzer Zellen oder einzelner Bestandteile, die Reduktion aller Kompartimente und Organellen vor der Apoptose (dem im Gegensatz zur Nekrose ‚geordneten‘ Zell-

¹⁶⁷ Vgl. Hartmann 1993, 92f. und Essler *et al.* 2000, 34f. Essler *et al.* sprechen genaugenommen nur von Zerlegungen, wenn die Klassifikation über die Bildung von Äquivalenzklassen geschieht, wobei die Zerlegung eines Gegenstandsbereichs in Äquivalenzklassen mittels *eines* Äquivalenzrelators (wie ‚gleichlang‘) vorgenommen wird (ebd., 43). Die oben im Text angegebenen drei Merkmale, die sie allein für solche Zerlegungen in Äquivalenzklassen vorsehen, lassen sich aber problemlos auf Klassifikationen übertragen, die nicht über Äquivalenzrelatoren vorgenommen werden (siehe etwa Hartmann 1993, 93). Aus diesem Grund verwende ich ‚Zerlegung‘ nicht nur für Klassifikationen mittels Äquivalenzrelatoren.

tod), die Aufnahme einer Zelle durch eine andere Zelle in Form von Phagozytose, das Verschmelzen von Zellen, das Ablagern von Körnern (Stärkekörnern, Eiweißablagerungen, u.a.) im Cytoplasma, Cytoplasma-Strömung und Partikelbewegung innerhalb der Zelle, verschiedenen starke Stoffwechselaktivität, u.a.

Biomolekülen lässt sich zuschreiben, bestrahlt zu werden, in räumliche Nähe zueinander gebracht zu werden, sowie auf vielfältige Weise miteinander zu reagieren. Klassifikationen dieser Reaktionen finden sich in der Organischen Chemie, für bestimmte Reaktionen sowie für Komplexe solcher Reaktionen existieren im biochemischen Kontext aber auch eigene Ereignis- und Zustandsprädikatoren. Beispiele sind die Aktivierung von Molekülen durch Phosphorsäureester- oder Thioester-Bildung, Ausbildung von Sekundär-, Tertiär-, und Quartärstrukturen von Polypeptiden, Mizellen-, Lysosomen- und Layer-Bildung von Lipiden, Blockierung oder Freilegung von reaktiven Zentren an Enzymen, Andocken von Polymerasen an Nukleinsäuren, Replikation, Transkription und Translation von Nukleinsäuren (einschließlich Ereignissen wie der Bildung der Replikationsgabel, der Ausbildung von Supercoils der Nukleinsäuren während der Replikation oder Transkription, der Übersetzung von RNA-Codons in Aminosäuren, usf.), Modifikation (beispielsweise Glykosylierung, Methylierung, Desaminierung) von Proteinen, Lipiden, Zuckern und Nukleinsäuren, u.a. Diese Prädikatoren beinhalten teils technische Ausdrücke („Andocken“, „Übersetzen“, „Blockieren“), was darauf zurückzuführen ist, dass molekulare Ereignisse faktisch nicht völlig isoliert von den anderen physiologischen Gegenstandsbereichen erforscht werden, sondern als Ereignisse an den Komponenten zellulärer „Maschinen“ (vgl. Kap. 5).

Es hat offensichtlich wenig Sinn, mit klassifikatorischen Zustands- und Ereignisprädikatoren ebenfalls Zerlegungen anzustreben. Denn Disjunktivität lässt sich von einer solchen Prädikatorenmenge zu Z nicht fordern – eine Entität kann durchaus gleichzeitig in zwei Zuständen (oder Ereignissen) vorliegen, eine Zelle etwa im Zustand hoher Stoffwechselaktivität und im Zustand der Bestrahlung durch Licht. Ich halte es für das zweckmäßigste, im klassifikatorischen System K jedem Element Q_i eine Menge M_{Q_i} zu assoziieren, welche alle und nur die Zustands- und Ereignisprädikatoren umfasst, die den Entitäten Q_i zuschreibbar sind. Es wird also beansprucht, dass M_{Q_i} vollständig und erschöpfend ist (d.h. Entitäten Q_i ist immer mindestens ein Element aus M_{Q_i} zuschreibbar), aber nicht disjunkt. Mit der Erzeugung und ständigen Verbesserung eines so verstandenen klassifikatorischen Systems K lässt sich der Anspruch der Theorie, das Kausalwissen über Z immer vollständiger zusammenzufassen und zu

einer immer klareren Abgrenzung von Z zu gelangen, einlösen, da es die Formulierung immer differenzierterer Kausalaussagen gestattet.¹⁶⁸

Das Erstellen eines klassifikatorischen Systems für einen Gegenstandsbereich Z fördert nicht nur die vollständige Erforschung der Phänomene von Z sowie dessen Abgrenzung – klassifikatorische Systeme können ebenfalls in dem Sinne *sinnvoll* sein, als dass sie dem Wissen über Z eine Form verleihen, die seine Anwendung und Lehre verbessert und dieses Wissen ferner produktiv macht. Ich möchte dies nun zunächst für den erstgenannten Punkt (Verbesserung von Anwendung und Lehre) demonstrieren. Eine Menge von Kausalerkenntnissen etwa über verschiedene Zellen oder Zellbestandteile könnte in Bezug auf Anwendung und Lehre dadurch effizient gestaltet werden, dass versucht wird, möglichst viele Gesetze über Entitäten zu formulieren, die zur Klasse von Prädikatoren *sehr genereller* Klassifikationsstufe gehören. In biologischen Lehrbüchern wird eine solche Form der Organisation stets bestmöglich zu erreichen versucht, indem etwa das Phänomen der Zellteilung allgemein für *Zellen* (unabhängig welchen Typs) dargestellt wird. Dasselbe gilt für Phänomene des zellulären Metabolismus, für Phänomene der ‚Kommunikation‘ zwischen Zellen, für Phänomene der Zellmotilität, u.a. Trotz dieser Versuche, möglichst viel Wissen in möglichst allgemeiner Form (nämlich als Wissen über Entitäten einer sehr umfassenden Klasse – der der Zellen) zu vermitteln, finden sich bei der Untersuchung von wirklichen Zellen eines bestimmten Typs stets Ausnahmen, auf die auch in den Lehrwerken ständig verwiesen wird. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, besteht gerade in einer (in diesem Sinne) sinnvollen Einteilung von Zellen in Unterklassen, sodass sich – immer noch auf einer sehr generellen Ebene – wissenschaftliches Wissen über Neurone, Muskelzellen, Sinneszellen, sekretorische Zellen, Haarzellen, u.a. zusammenfassen lässt. Diese Organisationsform physiologischen Wissens ist offensichtlich in Bezug auf Anwendung und Lehre zweckmäßiger, als eine unorganisierte Ansammlung von Erkenntnissen über Zellen bestimmter Typen (in der dann etwa das Phänomen der Zellteilung für Zellen jeden Typs gesondert charakterisiert wird). Dass sie wesentlich durch eine entsprechend sinnvolle Klassifikation erreicht wird, die auf der Grundlage experimenteller Erfahrung erarbeitet wird, geht aus der soeben gegebenen Skizze hervor.

Nun möchte ich auf die Produktivitätssteigerung durch sinnvolle Klassifikation zu sprechen kommen. Auch wenn in der Literatur die Produktivität einer Theorie meist nur mit der Einführung theoretischer Terme assoziiert wird (s.u.), wurde vereinzelt darauf hingewiesen, dass auch die Klassifikation eines Gegenstandsbereichs produktiv sein kann. Eine absolut *unpro-*

¹⁶⁸ Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Erzeugung und Verbesserung des Systems zu Z selbst auf der Grundlage der fortschreitenden experimentellen Erforschung von Z geschieht.

duktive Klassifikation liegt bei einer Zerlegung des Gegenstandsbereichs in zwei Klassen vor, nämlich in die Klasse aller Dinge, die P sind, und die Klasse aller Dinge, die nicht P sind. Die Vollständigkeit dieser Klassifikation über den Gegenstandsbereich sowie die Tatsache einer eindeutigen Zuordnung der Gegenstände zu diesen Klassen ist hier eine logische Konsequenz der klassifizierenden Kriterien.¹⁶⁹ Eine Klassifikation dagegen, die sich *empirisch* als Zerlegung *erweist*, wie etwa – so Hempels heute vielleicht kontroverses Beispiel – „die Aufteilung von Menschen in Männer und Frauen auf der Basis primärer Geschlechtsmerkmale“, deutet „auf ein empirisches Gesetz“.¹⁷⁰ Dies regt wissenschaftliche Forschung zu der Frage an, warum ausgerechnet ein solcher gesetzmäßiger Zusammenhang besteht.¹⁷¹

Eine in diesem Sinne verstandene Produktivität lässt sich auch ganz allgemein klassifikatorischen Systemen in der Physiologie zuschreiben. Denn in Bezug auf die Klassifikation von Entitäten kann immer die Frage aufgeworfen werden, warum es gerade diese Typen von Entitäten gibt und nicht andere, oder warum die Entitäten einer Klasse gerade in diesen und jenen Zuständen und Ereignissen vorliegen können und nicht in anderen.

Bis zu diesem Punkt lässt sich meine Darstellung folgendermaßen zusammenfassen: Wissenschaftliches Wissen wird zum Zweck seiner (möglichst guten) Anwendung und Lehre am besten nach den betreffenden Gegenstandsbereichen zusammengefasst, die historisch teils als Bereiche nicht-wissenschaftlichen Interesses vorliegen, oder erst durch die Verwendung bestimmter instrumenteller Verfahren erschlossen werden. Vor dem Hintergrund der historisch entstandenen Physiologie (siehe Einleitung) sind physiologische Theorien für den unvermittelt zugänglichen Bereich des Verhaltens von Lebewesen sowie für die instrumentell zugänglichen Bereiche der Geschehnisse an Geweben, an Zellen (bzw. zellulären Bestandteilen) sowie an Biomolekülen denkbar. Da es für die bestmögliche Anwendung des Wissens über einen Gegenstandsbereich Z erforderlich ist, dass das Wissen über Z möglichst vollständig ist (wobei alle kausalen Einflussfaktoren auf Ereignisse in Z zu berücksichtigen sind, Z also klar abgegrenzt ist), werden Zerlegungen von Z durch ein klassifikatorisches System (oder mehrere klassifikatorische Systeme) angestrebt. Ein solches System ermöglicht die Formulierung von Kausalhypothesen und somit die Organisation von Experimenten prinzipiell zu allen Phä-

¹⁶⁹ Vgl. Hempel 1974, 52. Dies gilt natürlich nur unter der Voraussetzung, dass keine Gegenstände zugeordnet werden sollen, die *weder P noch nicht P* sind, an die die Zuschreibung, (nicht) P zu sein, also einen Kategorienfehler darstellt.

¹⁷⁰ Hempel 1974, 52. Hempels Begriff empirischer Gesetze ist bekanntlich nicht auf kausale Gesetze beschränkt (siehe Kap. 4.2.3), für ihn wäre auch ‚Wenn etwas ein Mensch ist, dann ist es männlich oder weiblich‘ ein empirisches Gesetz. Fälle dieser Art lassen sich aber leicht in kausale Terminologie überführen, wie ‚Dieses und jenes Zeugungsverfahren verursacht das Heranwachsen eines Dings, das ein menschlicher Organismus ist und das entweder männliche oder aber weibliche Merkmale aufweist‘.

¹⁷¹ Es wird also eine Gesetzeserklärung, bzw. eine Erklärung für das Bestehen einer bestimmten Kausalrelation verlangt (siehe Kap. 4).

nomenen des Gegenstandsbereichs, ist aber selbst auch von experimentellen Erkenntnissen abhängig. In der Physiologie sind solche Klassifikationen besonders sinnvoll, die es gestatten, möglichst viele wissenschaftliche Erkenntnisse als Erkenntnisse über Entitäten möglichst genereller Klassifikationsstufe zusammenzufassen. Hierdurch wird der physiologische Wissensbestand übersichtlicher, und daher besser anwendbar und lehrbar. Außerdem ist es erstrebenswert, im Hempel'schen Sinne produktive Klassifikationen vorzunehmen, da an diese immer Forschungsfragen angeschlossen werden können.

Wäre es angemessen, auf der Grundlage dieses Ergebnisses den Begriff der Theorie in die Konzeptualisierung physiologischer Praxis aufzunehmen? Es gibt meiner Ansicht nach zwei Gründe, warum diese Frage nicht unbedingt zu bejahen ist. Erstens besitzt der ‚klassische‘ Begriff der Theorie noch zwei weitere Merkmale, die dafür verantwortlich sind, dass Theorien wissenschaftliches Wissen noch wesentlich effizienter organisieren und wesentlich produktiver machen als meiner bisherigen Darstellung zufolge. Ein Theorie-Begriff, der diese Merkmale besitzt, lässt sich für die Physiologie aber nicht veranschlagen, weshalb hier allein von Theorien in einem sehr weiten Sinne geredet werden könnte. Zweitens erweist sich die Konzeptualisierung der Physiologie auch mit einem derart weit verstandenen Theorie-Begriff nicht als deskriptiv adäquat. Ich möchte nun zunächst ausführlich auf die zwei verbleibenden Merkmale des Theorie-Begriffs eingehen und anschließend die beiden Gründe für die Unangemessenheit der Rede von physiologischen Theorien ausführen.

Ein Höchstmaß an Zweckmäßigkeit für Anwendung und Lehre kann einem wissenschaftlichen Wissensbestand durch seine Axiomatisierung verliehen werden – die Formulierung axiomatischer Theorien wird aus diesem Grund auch in verschiedenen Wissenschaftsbereichen angestrebt und der Ausdruck ‚Theorie‘ nicht selten für axiomatisierte Theorien reserviert.¹⁷² Axiomatisierung wird durch die Formulierung sehr genereller Grundgesetze erreicht, aus denen die die einzelnen Phänomene des Gegenstandsbereichs betreffenden Gesetze logisch abgeleitet werden können (unter Hinzunahme von Prämissen, die allgemeine Merkmale der Situationen charakterisieren, in denen Phänomene dieser Art auftreten¹⁷³). Gestattet eine Menge solcher Grundgesetze die Ableitung aller Gesetze über die Phänomene des Gegenstandsbereichs, sind sie als Axiome zu bezeichnen (Lange 1999, 130). Der Wissensbestand erhält damit eine hierarchische Organisation in Bezug auf die Generalität der Gesetzaussagen; die Axiome können als ‚Kern‘-Gesetze bezeichnet werden, in deren Peripherie sich immer noch sehr generelle, aber abgeleitete Gesetze finden (Schurz 2014, 255). In der Regel wird darüber

¹⁷² Vgl. hierzu etwa Schurz 2014, 255.

¹⁷³ Diese Prämissen werden von Schurz 2014 als allgemeine System-Bedingungen bezeichnet (siehe 5.2.4).

hinaus eine sehr kleine Anzahl an Axiomen angestrebt. Dieses Interesse sollte nicht als ästhetisches Interesse gewertet werden.¹⁷⁴ Die Vereinigung des gesamten empirischen Gehalts des Wissens über einen Gegenstandsbereich in einer möglichst kleinen Aussagenmenge vereinheitlicht den Wissensbestand (Schurz 2014, 260) und ist damit in Bezug auf Anwendung und Lehre sehr zweckmäßig.

Ein Paradebeispiel für eine axiomatisierte Theorie ist die als Klassische Mechanik vorliegende Zusammenfassung wissenschaftlichen Wissens über die Bewegungen von Körpern (wobei diese Bewegungen eine gewisse Geschwindigkeit nicht überschreiten und die Körper eine gewisse Größe nicht unterschreiten dürfen).¹⁷⁵ Die zwei Newtonschen Gesetze $F = m \cdot a$ und $actio = reactio$ fungieren als Axiome, aus denen – unter Hinzunahme von Prämissen, die allgemeine Situationselemente charakterisieren – zahlreiche speziellere Gesetze abgeleitet werden können, wie Keplers Planetengesetze, Galileis Fallgesetz, Archimedes Hebelgesetz, Hookes Gesetz, u.a. (Schurz 2014, 258f.).

Dass eine axiomatisierte Zusammenfassung wissenschaftlichen Wissens in Bezug auf Anwendung und Lehre wesentlich effizienter ist, als die Organisationsform, die ich oben für physiologisches Wissen skizzierte, ist offensichtlich. Denn einem axiomatisierten System liegt in der Regel eine verhältnismäßig kleine Anzahl an Axiomen zugrunde, aus denen die weniger generellen Aussagen abgeleitet werden können. In den Zusammenfassungen physiologischen Wissens (so wie ich sie oben skizzierte) besteht der Ableitungszusammenhang definitiv nicht. Ferner liegt hier das Ziel darin, für die Entitäten möglichst allgemeiner Klassifikationsstufe möglichst *viele* Gesetzesaussagen zu finden, um nicht *noch mehr* Gesetzesaussagen für die Entitäten weniger genereller Klassifikationsstufen zu erhalten.

Eine axiomatisierte Theorie ist auch auf eine andere Weise produktiv als eine (gute) Klassifikation. Die hohe Generalität der Axiome ermöglicht nicht nur die Ableitung bisher bekannter, speziellerer Gesetze; sie ermöglicht auch die Ableitung von Hypothesen über bislang nicht untersuchte Phänomene. Beispielsweise ließ sich aus der Klassischen Mechanik, die für den gesamten Bereich der Bewegungen von Körpern formuliert wurde, und dem zunächst nur auf Himmelskörper angewendeten speziellen Begriff der Gravitationskraft die Hypothese ableiten, dass auch zwischen Körpern auf der Erde gravitative Anziehung bestehen müsse, was H. Cavendish 1798 experimentell zu bestätigen gelang (vgl. ebd., 260).

Offensichtlich ist diese Form der Produktivität einer axiomatischen Theorie höher als die Form der Produktivität, die allein aus einer (guten) Klassifikation erwächst. Im letzteren Fall

¹⁷⁴ So eine Wertung findet sich etwa bei I. M. Bochenski 1954, 80f.

¹⁷⁵ Vgl. Schurz 2014, Kap. 5.2.

liegt die Produktivität schließlich schlicht in der Möglichkeit, eine gewisse Frage stellen zu können, nämlich warum es gerade Entitäten dieser und jener Typen gibt und warum die Entitäten einer bestimmten Klasse stets in gewissen Zuständen oder Ereignissen anzutreffen sind (und nicht in anderen). Aus der Möglichkeit, Entitäten, Zustände und Ereignisse auf eine bestimmte Weise klassifizieren zu können, folgt aber noch kein Hinweis auf Antworten zu solchen Fragen. Dagegen folgen aus einer axiomatisierten Theorie konkrete Hypothesen und damit auch Anregungen zu Experimentalprozeduren zur Testung dieser Hypothesen: Wenn Körper verhältnismäßig großer Masse allein aus dem Grund, dass sie Masse haben, Anziehungskräfte aufeinander ausüben, dann *müssen* auch Körper geringerer Masse solche Anziehungskräfte aufeinander ausüben, wobei sich aus dem Begriff der Gravitationskraft Eigenschaften von Experimentalaufbauten herleiten lassen, die geeignet wären, eine solche Hypothese zu prüfen. H. Cavendishs Experiment von 1798 erbrachte den ersten Nachweis gravitativer Anziehungskräfte im Labor, ein Experiment, dessen Aufbau einerseits nur vor dem Hintergrund der Mechanik und dem Newtonschen Gravitationsgesetz Sinn hatte (denn dem letztgenannten Gesetz zufolge ist die gravitative Anziehungskraft zwischen zwei Körpern nur proportional zu ihren Massen und antiproportional zum Quadrat ihres Abstands), andererseits von diesem theoretischen Hintergrund auch nahegelegt wurde.¹⁷⁶

Neben der axiomatisierten Struktur liegt ein weiteres zentrales Merkmal wissenschaftlicher Theorien darin, dass sie theoretische Terme enthalten. Die Formulierung von Theorien mithilfe theoretischer Terme macht Theorien zu Erzeugnissen, die sich einer (kreativen) Erfindungsgabe verdanken. Sie fördert ebenfalls die zweckmäßige Organisation wissenschaftlichen Wissens (indem sie seine Axiomatisierung ermöglicht) sowie die Produktivität dieses Wissens. Da es sich bei theoretischen Termen um eine Klasse besonderer Terme (Prädikatoren) handelt, möchte ich vor der Darstellung des Begriffs des theoretischen Terms nochmals an die Terme erinnern, die gemäß meiner bisherigen Darstellung in Theorien auftauchen: Es handelt

¹⁷⁶ Letzteres gilt natürlich nicht für die konkreten Eigenschaften der technischen Realisierung. Cavendishs Experimentalaufbau besteht im Kern aus einem hölzernen Stab, an dessen beiden Enden je eine kleine Bleikugel befestigt ist. Der Stab wird an einem Draht aufgehängt, derart, dass er parallel zum Erdboden ausgerichtet ist und das System somit eine Torsionswaage bildet: Die Kraft, die zur Drehung des Stabs (in der Ebene parallel zum Erdboden) aufgewendet wird, wird als potenzielle Energie in der Aufhängung gespeichert. Im ruhenden Zustand des Stabes, in dem Zustand also, in dem die potenzielle Energie der Aufhängung = 0 ist, wird neben den kleinen Bleikugeln je eine große Bleikugel derart installiert, dass sich die großen Bleikugeln auf entgegengesetzten Seiten des Stabs befinden, dass sie auf dem Rand des durch Drehung des Stabs beschriebenen Kreises liegen und dass sie je den gleichen Abstand zu der ihr benachbarten kleinen Kugel aufweisen. Cavendish beobachtete eine Auslenkung des Stabs, was das Wirken gravitativer Anziehung belegte und aufgrund des bekannten Verhältnisses von Krafteinwirkung und Auslenkungswinkel der Torsionswaage einen genauen Wert für die Anziehungskraft lieferte, wodurch die erste genauere Bestimmung der Gravitationskonstante möglich wurde (siehe für eine kurze Skizze des Experiments etwa Feynman *et al* 2015, 98f.).

sich um die klassifikatorischen Termini für Entitäten, Ereignisse und Zustände (einschließlich Dispositionstermen) sowie um Ausdrücke für Größen.¹⁷⁷

Unter theoretischen Termen wurden ursprünglich drei Arten von Termen verstanden: Dispositionsprädikatoren, quantitative Terme (also Terme für Größen sowie Terme zur Prädikation bestimmter Ausprägungen von Größen) und Prädikatoren für Dinge, die sich der direkten Erfahrung entziehen und die aus diesem Grund theoretische Entitäten oder Konstrukte genannt werden.¹⁷⁸ Beispiele für letztere sind ‚Molekül‘, ‚Ion‘, ‚Atom‘, ‚Filter‘ (aus der psychologischen Filtertheorie der Aufmerksamkeit), ‚Langzeitgedächtnis‘ oder ‚Begriffsknoten‘ (aus der psychologischen Theorie propositionaler Netze (vgl. Hartmann 1993, 117f.)). Termen dieser drei Klassen wurde als gemein angesehen, dass ihnen keine klare Bedeutung mittels vollständiger Definitionen durch Beobachtungsterme¹⁷⁹ zugewiesen werden kann, wie es eine „*enger gefaßte These des Empirismus*“ (Hempel 1974, 31) von den Termen einer wissenschaftlichen Theorie forderte. Denn Dispositionsterme und Terme für Größen sowie deren spezifische Ausprägungen wurden allenfalls als bedingt oder partiell (etwa operational) definierbar angesehen (vgl. ebd., 31ff.). Terme für theoretische Entitäten unterlägen einem vergleichbaren Mangel: Sie würden nämlich allein aufgrund bestimmter beobachtbarer Effekte an Experimentalapparaturen zugeschrieben; ihre Verwendung sei also ebenso wie die der Dispositionsprädikatoren einzig durch bilaterale Reduktionssätze (vgl. 3.1.3) zu regeln. Auch wenn es für einen theoretischen Term eine Menge verschiedener Reduktionssätze gibt, bildeten diese in der Regel keine totale (nicht-bedingte) Definition, da das Disjunkt der Testbedingungen all dieser Reduktionssätze in der Regel nicht logisch wahr sei (vgl. ebd., 34).

Da ich für Dispositionsterme und Terme für Größen bereits Hartmanns alternativen Vorschlag anerkannte, möchte ich den Ausdruck ‚theoretischer Term‘ hier auf Terme für theoretische Entitäten oder Konstrukte beschränken. In Bezug auf diese findet sich beim späteren Hempel, beim späteren Carnap sowie bei Hartmann ein Verständnis, das mit der ursprünglichen, Hempel zufolge nicht einlösbaren Forderung bricht, dass theoretischen Termen eine (vollständige) Bedeutung verliehen werden *müsse*. Vielmehr sei ein angemessenes Verständnis theoretischer Terme durch eine Betrachtung ihrer *Funktion* in Theorien zu erlangen (ebd., 87). Eine Theorie T soll letztlich dazu dienen, eine Vorhersage zu tätigen, oder die empirischen Konsequenzen

¹⁷⁷ Hinzu kommen natürlich logische Partikeln und mathematische Ausdrücke.

¹⁷⁸ Vgl. Hartmann 1993, 109-111. In Bezug auf die theoretischen Entitäten schreibt Hempel, dass sie „unmittelbar erfahrungsmäßiger Signifikanz ermangeln“ (Hempel 1974, 40).

¹⁷⁹ Bei den Beobachtungstermen handelt es sich um „eine Menge von Termen, die bestimmte, direkt beobachtbare Merkmale physischer Objekte bezeichnen“ (Hempel 1974, 29), die also in meiner Konzeptualisierung den Termen gleichen, die exemplarisch einführbar oder mittels exemplarisch einführbarer Terme definierbar sind. Hempels Verständnis wendet sich gegen das phänomenalistische Verständnis der Beobachtungsterme, demzufolge mit denselben allein *Sinnesempfindungen* bezeichnet werden (vgl. ebd., 29f.).

eines Handlungsvollzugs zu antizipieren. T soll also im Einzelfall dazu dienen, eine Aussage $t_1 \in S_1 \rightarrow t_2 \in S_2$ zu begründen, wobei die Situationstypen S_1 und S_2 – es handelt sich schließlich um einen praktischen (ggf. lebensweltlichen) Kontext – in einem Vokabular formuliert sind, das exemplarisch einführbar oder durch exemplarisch einführbares Vokabular definierbar ist.¹⁸⁰ Die Begründung geschieht durch die Ableitung

$$3-11) \quad t_1 \in S_1, T \vdash t_2 \in S_2.^{181}$$

T enthält aber möglicherweise kein Gesetz $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$, wobei $\tau = t_2 - t_1$, sie enthält also kein passendes Gesetz in einem Vokabular, das frei von theoretischen Termen ist. Die Ableitung in (3-11) könnte vielmehr auf einem Gesetz

$$3-12) \quad \forall t(t \in S_{T,1} \rightarrow (t + \tau) \in S_{T,2})$$

basieren, das von theoretischen Entitäten handelt (angezeigt durch den Index ‚T‘). Die Theorie muss also auch Zuordnungsregeln enthalten, die den Übergang von der Rede über nicht-theoretische Entitäten zur Rede über theoretische Entitäten regulieren und umgekehrt. In diesem Falle etwa:

$$3-13) \quad \forall t(t \in S_1 \rightarrow t \in S_{T,1}) \\ \forall t(t \in S_{T,2} \rightarrow t \in S_2).^{182}$$

Für die Ableitung (3-11) – also für das ‚Funktionieren‘ der Theorie – ist es nun vollkommen irrelevant, ob man für die theoretischen Terme von T (mittels vollständiger Definitionen) feste Bedeutungen angeben kann oder nicht (Hempel 1974, 87ff.).¹⁸³

Im Rahmen dieser Auffassung, der zufolge in der Anwendung einer Theorie die Rede über theoretische Entitäten stets von der Rede über nicht-theoretische Entitäten ausgehen und schließlich auch wieder zu einer solchen Rede zurückführen muss (vgl. Hempel 1974, 40),

¹⁸⁰ Es kann sich auch um Vokabular handeln, das aus einer anderen, als bewährt angesehenen Theorie stammt. Vgl. hierfür etwa Hempel 1974, 72ff.

¹⁸¹ Eine ähnliche Formulierung findet sich in Hempel 1974, 87.

¹⁸² Siehe hierzu – obgleich in einer anderen Formalisierung – Hartmann 1993, 115.

¹⁸³ Wenn man dennoch von der Bedeutung eines theoretischen Terms sprechen möchte, so kann man dies nur insofern, als dass der Term durch die Gesamtheit (oder eine Teilmenge) der Sätze einer Theorie eine (partielle) Bedeutung erhält (Hempel 1974, 45). Denn seine Bedeutung muss sich aus seiner Funktion in der durch die Theorie möglichen Ableitungen ergeben, bei denen stets auch weitere Sätze der Theorie relevant sind (Hartmann 1993, 112).

sollte es einen guten Grund dafür geben, überhaupt damit zu beginnen, theoretische Terme in eine Theorie einzubauen. Tatsächlich lassen sich zwei gute Gründe angeben: Hartmann zufolge dienen theoretische Terme der Formulierung sehr genereller Grundgesetze und damit prinzipiell der Axiomatisierung von Wissensbeständen (Hartmann 1993, 113). Hempel und Carnap führen ebenfalls diese Funktion theoretischer Terme an,¹⁸⁴ betonen aber deutlicher die Funktion der Produktivitätssteigerung (welche man zumindest in vielen Fällen auf die Axiomatisierung zurückführen kann (s.o.)): Carnap führt dies für die Produktivität von Faradays und Maxwells Theorie des Elektromagnetismus aus, die auf der Annahme kleiner Magnetpole und Ladungsträger basiert, welche sich beim Stromfluss durch einen Körper wirklich bewegen. Der mathematisierten Theorie zufolge müssten sich Störungen in einem elektromagnetischen Feld in Form von Wellen fortpflanzen. Da die Theorie keine Einschränkungen in Bezug auf die Frequenz der Wellen enthielt, versuchte man experimentell Wellen verschiedener Frequenz zu erzeugen, was unter anderem zur Entdeckung der Röntgenstrahlen und der Radiowellen führte (Carnap 1969, 240f.).

Wie man zu einer Theorie gelangt, die theoretische Entitäten enthält, ist prinzipiell gleichgültig. Die Theorie muss allein empirisch bestätigt sein bzw. bestätigt werden können, indem sie die Ableitung von empirisch bewährten Gesetzesaussagen gestattet, nicht aber die Ableitung von Gesetzesaussagen, die sich empirisch als nicht zu bewähren herausstellen.¹⁸⁵ In dem prinzipiell kreativen Prozess des Entwerfens von Theorien mit bestimmten theoretischen Entitäten spielt faktisch die Arbeit mit Modellen eine entscheidende Rolle. Die Gegenstände des Bereichs Z werden dazu etwa als Zusammensetzungen aus gewissen (theoretischen) Entitäten charakterisiert, wobei man sich in der (obgleich nicht notwendigerweise vollständigen) Spezifizierung dieser theoretischen Entitäten mittels bestimmter Eigenschaften an anderen, bekannten Entitäten orientiert (welche in der Spezifizierung folglich als Modelle für die theoretischen Entitäten genutzt werden). Beispielsweise dienen Wasserwellen in Bezug auf ihr mathematisch beschreibbares Bewegungsverhalten als Modell für die Spezifizierung elektromagnetischer Wellen. Ich möchte an dieser Stelle nur auf die Publikationen von J. Leplin (1980) sowie S. Psillos (1995) verweisen, die sich mit dieser Form der Modellanwendung in der Konstruktion theoretischer Entitäten befassen. Diese Form der Modellanwendung entspricht grundsätzlich derjenigen, die ich in 5.2.2 spezifisch für den Bereich der Physiologie unter dem Titel der ‚Forschungsmodelle‘ diskutieren werde.

¹⁸⁴ Vgl. etwa Carnap 1969, 231.

¹⁸⁵ Insbesondere sollte die Theorie auch konsistent sein, also keine Ableitung einander logisch widersprechender Aussagen ermöglichen (vgl. etwa Hartmann 1993, 76).

Mit der Einführung des Begriffs der theoretischen Terme schließe ich die Rekonstruktion des Begriffs der wissenschaftlichen Theorie ab. Nun gehe ich zur Erläuterung der beiden oben genannten Gründe für meine Ansicht über, dass in der hier zu rekonstruierenden Physiologie der Begriff der Theorie wenn überhaupt dann nur in einem sehr weiten Sinne zu verwenden ist, und dass eine Konzeptualisierung der Physiologie selbst mit einem solchermaßen weit verstandenen Theorie-Begriff nicht als empirisch adäquat bezeichnet werden kann.

Dem oben gegebenen Theorie-Begriff zufolge ist eine wirkliche Theorie – man könnte auch von einer Theorie im *engen* Sinne sprechen – über einen Gegenstandsbereich Z ein axiomatisiertes Aussagensystem mit unterschiedlichen Generalitätsebenen, zwischen denen (unter Hinzunahme entsprechender Zusatzprämissen, s.o.) eine Ableitungsbeziehung besteht. Auf der Grundlage eines klassifikatorischen Systems, das Z (eventuell auf verschiedenen Klassifikationsstufen) zerlegt, wird beansprucht, mit den aus der Theorie ableitbaren Gesetzen niedrigsten Generalitätsgrads möglichst alle Phänomene in Z zu erfassen, wodurch Z gleichzeitig möglichst scharf abgegrenzt wird. Die Formulierung der Axiome basiert oft (obgleich nicht zwingend) auf der Verwendung theoretischer Terme. Die Axiomatisierung verleiht einem Wissensbestand eine besonders zweckmäßige Organisation für Anwendung und Lehre. Ferner macht sie – insbesondere, wenn sie auf der Verwendung theoretischer Terme basiert – den Wissensbestand produktiv, da sie die Ableitung neuer empirischer Hypothesen gestattet, aus denen bereits Anregungen zu ihrer Überprüfung hervorgehen.

Versuche zur Konstruktion axiomatischer Theorien sind in der Biologie eine Seltenheit – die klassischen Paradebeispiele stammen aus Bereichen, die im Rahmen meiner Arbeit, also im Rahmen der Physiologie, nicht von Interessen sind, nämlich aus der Populationsgenetik und der Evolutionsbiologie.¹⁸⁶ Lange stellt dementsprechend in seiner Diskussion der wissenschaftlichen Erforschung molekularer Regulationsmechanismen der Proteintranslation fest, dass der Gang der Forschung hier keineswegs (wie etwa in der Entwicklung der Mechanik) zum Auffinden einer sehr kleinen Menge von Grundgesetzen geführt hat, die als Axiome taugen. Im Gegenteil wurden immer mehr kausal relevante Faktoren entdeckt, was schließlich zu einer immer größeren Menge an Gesetzesaussagen führte (Lange 1999, 146). Darüber hinaus tauchen zumindest in den faktischen physiologischen Wissensbeständen meiner Einschätzung nach keine oder kaum genuin physiologische (d.h. nicht-chemische bzw. nicht-physikalische) theoretische Terme auf. Von physiologischen Theorien im engen Sinne lässt sich daher in der Physiologie nicht sprechen.

¹⁸⁶ Vgl. etwa Schaffner 1993, 319f.

Dennoch lassen sich klassifikatorische Systeme über die vier physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche erstellen und zur Einlösung des Anspruchs nutzen, das Wissen über jeden Gegenstandsbereich möglichst zu vervollständigen und den Gegenstandsbereich möglichst klar abzugrenzen. Weil durch die Zusatzforderung möglichst sinnvoller Klassifikation (s.o.) den bloßen Zusammenfassungen von Wissen über die vier Gegenstandsbereiche zumindest ansatzweise zweckmäßige Organisation und Produktivität verliehen wird, könnte der bisherigen Darstellung zufolge jedoch von physiologischen Theorien in einem sehr weiten Sinne von ‚Theorie‘ gesprochen werden.

Auch ein solch weit gefasster Theorie-Begriff fügt sich allerdings nicht gut in eine Konzeptualisierung der physiologischen Praxis ein, solange diese als eine Rekonstruktion der faktisch vorzufindenden physiologischen Praxis gelten soll, solange also deskriptive Adäquatheit der Konzeptualisierung beansprucht wird. Dies möchte ich nun genauer erläutern. Die vier Gegenstandsbereiche der Physiologie lassen sich als vier Gegenstandsbereiche auszeichnen, da sie (mit Ausnahme des unmittelbar zugänglichen Bereichs des Verhaltens der Lebewesen) alle mit unterschiedlichen Methoden zugänglich gemacht werden. Prinzipiell wäre es möglich, wissenschaftliches Wissen über einen der Gegenstandsbereiche zu akkumulieren, ohne wissenschaftliches Wissen über einen der anderen Bereiche zu sammeln. Ich will das für den Bereich des Verhaltens von Lebewesen und für den Bereich der Gewebe demonstrieren. Dass man über das Verhalten von Lebewesen wissenschaftliches Wissen akkumulieren kann, ohne überhaupt Kenntnis von nur einem Gewebe zu besitzen, ist leicht einzusehen. Aber auch über Gewebe ließe sich *experimentelles*, also wissenschaftliches Wissen ansammeln, das in keine Verbindung zu experimentellem (wissenschaftlichem) Wissen über das Verhalten von Lebewesen gebracht wird. Man könnte etwa experimentell erforschen, was für nutzbringende Eigenschaften gewisse Gewebe oder sogar Zusammensetzungen von Geweben haben, und zwar völlig unabhängig von ihrer ‚Funktion‘ im Lebewesen. In vorwissenschaftlichen Zeiten galt Wissen dieser Art (Wissen zur Verwendung von Häuten, Knochen, Sehnen, Fettgewebe, etc.) bekanntlich fast ausschließlich das Interesse. Auf verschiedene Lebewesen bezöge man sich dann nur als auf die Orte, an denen bestimmte Gewebe vorzufinden sind, ebenso wie man sich auf Gesteine als Abbau-Orte von Erzen bezieht. Durch eine möglichst sinnvolle Klassifikation ließe sich solches Wissen über Gewebe ganz unabhängig von wissenschaftlichem Wissen über das Verhalten von Lebewesen in einer Theorie über Gewebe zusammenfassen (wobei ‚Theorie‘ im weiten Sinn verstanden wird). Die Vorstellung eines derartigen Szenarios könnte sogar noch dahingehend erweitert werden, dass *gleichzeitig* wissenschaftliches Wissen über das Verhalten von Lebewesen akkumuliert und in einer (oder mehreren) Theorien zusammenge-

fasst wird. Es wird schlicht kein Bezug zwischen dem wissenschaftlichen (Kausal-)Wissen über Lebewesen und dem wissenschaftlichen (Kausal-)Wissen über Gewebe hergestellt.

Obgleich ein solches Szenario offensichtlich möglich ist, erscheint es uns fremd, denn in faktischer physiologischer Praxis wird Wissen über die vier Gegenstandsbereiche nicht isoliert voneinander akkumuliert, dargestellt und angewendet. Gewebe werden in der Regel als Gewebe erforscht, die eine bestimmte *Funktion im Lebewesen*, also eine bestimmte Relevanz für das Verhalten eines Lebewesens haben. Ebenso werden zelluläre Bestandteile eines Gewebes mit Blick auf ihre Funktion in diesem Gewebe erforscht und molekulare Ereignisse mit Blick auf ihre Funktion in Ereignissen an zellulären Bestandteilen.¹⁸⁷ Die faktische Erzeugung physiologischen Wissens ist aus diesem Grund in der Konsequenz immer auf die Erzeugung von Manipulations- und Vorhersagewissen *über Lebewesen* ausgerichtet, weshalb ich in 1.3 den Zweck der hier zu rekonstruierenden physiologischen Praxis auch entsprechend formulierte.

Obgleich sich in physiologischen Lehrwerken zu einem der vier Gegenstandsbereiche auch immer Passagen finden, die *einzig* von Phänomenen *dieses* Gegenstandsbereichs handeln (in zellbiologischen Lehrwerken geht es beispielsweise streckenweise nur um Zellen bzw. deren Bestandteile), findet immer eine Einbettung statt, die der eben genannten Orientierung in der Erzeugung des Wissens entspricht: Lehrwerke, in denen es um Gewebe geht (wie Lehrwerke der makroskopischen Anatomie, die auch funktionelle Informationen enthalten, sowie die Werke der Physiologie) stellen bei der Besprechung der Gewebe auch immer den Bezug zum Verhalten von Lebewesen her. Ähnlich wird in Werken der mikroskopischen Anatomie, der Zellbiologie und der Zellphysiologie immer die ‚Bedeutung‘ gewisser Ereignisse an Zellen für Ereignisse an Geweben und für das Verhalten von Lebewesen herausgestellt. Werke der molekularen Biologie und Biochemie kontextualisieren die molekularen Ereignisse stets in Bezug auf Zellen bzw. zelluläre und extrazelluläre Bestandteile, Gewebe und Lebewesen.

Nicht nur in der Erzeugung und Darstellung sondern auch in der Anwendung physiologischen Wissens – etwa in der Planung der Manipulation eines Lebewesens durch Medikamente – wird gleichzeitig Wissen aus verschiedenen Gegenstandsbereichen angewendet: Einem *Lebewesen* ist das Medikament auf eine bestimmte Weise zu verabreichen, das Medikament wird sich im *Verdauungssystem* auflösen und durch die *Darmepithelien* ins *Blut* gelangen (Gewebe); von dort wird es in bestimmte *Zellen* transportiert, wo es schließlich ein bestimmtes *Enzym* spezifisch binden und auf diese Weise inhibieren wird (Biomoleküle).

Aus Gründen der deskriptiven Adäquatheit ist daher der Einbezug des Begriffs der Theorie in die Konzeptualisierung der Physiologie zweifelhaft, auch wenn er in einem weiten Sinne ver-

¹⁸⁷ Vgl. dazu die Einleitung.

anschlagt wird. In Kap. 5 werde ich dafür argumentieren, dass die Aufnahme verschiedener Modell-Begriffe in die Konzeptualisierung einer Physiologie (nach der Zweckbestimmung aus 1.3) die Möglichkeit schafft, physiologischem Wissen eine ganz eigene Form zweckmäßiger Organisation und Produktivität zu verleihen. Diese eigentümliche Organisations- und Produktivitätsform übertrifft meinem Ermessen nach auch diejenige Form von zweckmäßiger Organisation und Produktivität, die durch die Formulierung von physiologischen Theorien (im weiten Sinne) ermöglicht wird. Außerdem kann ein diese Modell-Begriffe einschließender Physiologie-Begriff in Bezug auf die Kontextualisierung von Wissen der verschiedenen Gegenstandsbereiche in Forschung, Darstellung (Lehre) und Anwendung als deskriptiv adäquat bezeichnet werden.

Obleich der Begriff der Theorie letztlich nicht in die Konzeptualisierung aufgenommen werden sollte, hat 3.2.2 auch einen positiven Wert für das Projekt meiner Arbeit: Auch für eine mit Modell-Begriffen konzeptualisierte Physiologie ist das Erstellen klassifikatorischer Systeme (welche die vier Gegenstandsbereiche zerlegen) ein vernünftiges Gebot (siehe 5.2.2). Der weite Begriff der physiologischen Theorie wird sich ferner in 5.2.4 als heuristisch wertvoll erweisen, um den Begriff des theoretischen Modells in die Konzeptualisierung der Physiologie einzuführen.

Ich möchte nun zum Abschluss von 3.2.2 noch die oben angekündigte Gegenüberstellung der wesentlichen Unterschiede zwischen dem hier rekonstruierten Theorie-Begriff und dem klassischen Theorie-Begriff des Logischen Empirismus (wie er besonders vom späten Carnap und späten Hempel vertreten wurde) vornehmen. Denn obgleich jener substanziell an diesen angelehnt ist, enthält er einige, im Wesentlichen auf Hartmann zurückgehende Neuerungen. Die Gegenüberstellung soll einerseits der besseren Einordnung des hier vertretenen Theorie-Begriffs dienen, andererseits wird die Einführung des Begriffs des wissenschaftlichen Lehrmodells (in 5.2.3) auf der Kenntnis der zentralen Merkmale des ‚klassischen‘ Logisch-Empiristischen Theorie-Begriffs aufbauen.

Der Logisch-Empiristischen Auffassung¹⁸⁸ zufolge besteht eine Theorie aus einer logischen (syntaktischen) Struktur und einer semantischen Struktur. Die logische Struktur ist eine Menge von Formeln eines Logikkalküls, die neben logischen Partikeln und Variablen einzig aus anonymen Termen gebildet sind. Einige der Terme sind primitiv, d.h. sie sind in keiner Formel definiert. Andere Terme sind nicht primitiv, d.h. sie werden in entsprechenden Formeln durch primitive Terme definiert (oder durch andere nicht-primitive Terme, die ihrerseits durch primitive Terme definiert sind). Definitionen werden dabei durch bilaterale Subjunktion und

¹⁸⁸ Die folgende Darstellung beruht auf Spector 1965, 121-125.

nicht – wie im Kontext meiner Arbeit – durch zweiseitigen Regelpfeil gebildet. Ferner lassen sich einige der Formeln als primitiv bezeichnen, da sie nicht aus anderen Formeln ableitbar sind. Andere Formeln sind nicht-primitiv, also (aus primitiven Formeln) ableitbar. Die semantische Struktur stellt eine (partielle) Interpretation dieser logischen Struktur dar. Sie entsteht durch eine (direkte) Bedeutungszuweisung an einige Terme mittels semantischer Regeln (die von den Logischen Empiristen ebenfalls durch bilaterale Subjunktion ausgedrückt werden). Bei diesen direkt interpretierten Termen handelt es sich um Beobachtungsterme. Die Interpretation der gesamten Formelmenge ist partiell, da in dem durch die direkten Bedeutungszuweisungen abgesteckten sachlichen Kontext nicht alle Terme eine direkte Bedeutungszuweisung zulassen.¹⁸⁹ Terme, auf die letzteres zutrifft, sind theoretische Terme (im weiten Sinne der Logischen Empiristen, s.o.). Sie erhalten allein eine (partielle) Bedeutung durch die Zuordnungsregeln, also durch Formeln, in denen sie mittels Subjunktoren mit Beobachtungstermen verknüpft werden (wobei diese Verknüpfungen keine vollständigen Definitionen bilden). Bei den primitiven Termen handelt es sich in der Regel um theoretische Terme.

Neben den logischen und mathematischen Ausdrücken gibt es in der klassischen Auffassung also theoretische Terme (Terme für theoretische Entitäten, Dispositionen und Größen) und Beobachtungsterme. In der hier vorgestellten neueren Auffassung gibt es neben logischen und mathematischen Ausdrücken theoretische Terme (Terme für theoretische Entitäten), klassifikatorische Terme (die auch Terme für Dispositionen enthalten) und Ausdrücke für Größen. Ich wies bereits darauf hin, dass es sich bei klassifikatorischen Termen entweder um Beobachtungsterme in Hempels Sinne handelt oder um Terme, deren Verwendung mittels solcher Beobachtungsterme geregelt ist. Letztlich behandeln beide Auffassungen also die Ausdrücke für Größen sowie die Terme für Dispositionen in unterschiedlicher Weise.¹⁹⁰

Die von Hartmann präsentierte neuere Auffassung räumt außerdem der Unterscheidung der logischen und semantischen Struktur einer Theorie keinen zentralen Stellenwert mehr ein, obgleich es etwa zur Konsistenzprüfung sinnvoll sein kann, die logische Struktur der Theorie herauszuarbeiten. In einer axiomatisierten Theorie würden die Axiome (einschließlich der zur

¹⁸⁹ Natürlich könnten alle Terme *irgendwie* interpretiert werden. Man zielt mit der Interpretation aber auf eine Aussagenmenge ab, die die Ableitung von allquantifizierten, der empirischen Bewährung fähigen Konditionalen gestattet, welche von den Phänomenen eines bestimmten Gegenstandsbereichs handeln, bzw. solche Phänomene ausdrücken. Faktisch orientiert man die Erzeugung der logischen Struktur und ihre Interpretation natürlich an Aussagen, die eine Wissenschaft bereits hervorgebracht hat. Durch die dargestellte logische Analyse werden dann eventuelle logische Schwächen des betrachteten Wissensbestands aufgedeckt.

¹⁹⁰ An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, dass Hartmann ebenfalls noch solche Abstraktoren vorsieht, die keine Ausdrücke für Größen sind (zu solchen Abstraktoren zählen zum Beispiel Ausdrücke für Zahlen, aus dem biologischen Kontext ließe sich der Ausdruck ‚Gen‘ anführen) sowie die ideale (wie etwa geometrische) Gegenstände bezeichnenden Ideatoren. Ideatoren werden über ein eigenes Abstraktionsverfahren – die Ideation – eingeführt (Hartman 1993, 108f.). Aus Einfachheitsgründen habe ich diese Ausdrücke aus meiner Darstellung ausgelassen.

Ableitung weiterer Gesetze notwendigen Hilfsprämissen) primitive Formeln sein, die abgeleiteten Gesetze wären nicht-primitive Formeln. Die semantischen Regeln der klassischen Auffassung sind in der neueren Auffassung die durch einseitigen oder zweiseitigen Regel Pfeil festgelegten semantischen Regeln für klassifikatorische Termini (bei zweiseitiger Übergangserlaubnis handelt es sich um Definitionen).

Schließlich sei noch angemerkt, dass in den Logisch-Empiristischen Darstellungen dem von Hartmann formulierten Vollständigkeitsanspruch sowie dem von mir formulierten Anspruch der scharfen Abgrenzung des Gegenstandsbereichs einer Theorie zumindest explizit kein großes Gewicht beigemessen wird. Es mag einerseits in diesem Umstand gründen, dass auch die Erstellung eines klassifikatorischen Systems für den Gegenstandsbereich der Theorie bei diesen Autoren eine weniger zentrale Bedeutung besitzt. Andererseits könnte dies auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass der klassische Logisch-Empiristische Theorie-Begriff in erster Linie für physikalische Theorien entworfen wurde, in denen die Klassifikation nicht so ein zentrales Anliegen darstellt, wie in der Biologie, in der Psychologie oder in den Sozialwissenschaften.

Abschließend möchte ich noch auf einen Unterschied der wissenschaftstheoretischen Projekte von Hartmann (und auch von mir) auf der einen Seite und von den Logischen Empiristen auf der anderen Seite aufmerksam machen. Hartmanns und auch meine eigenen hier präsentierten wissenschaftstheoretischen Ausführungen gehen von der Frage aus, wie Wissenschaft ausgehend von lebensweltlichen Kontexten als eine Praxis rekonstruiert werden kann, die Mittel zu einem gewissen Zweck ist, während die Logischen Empiristen eher den Zweck verfolgten, bereits vorliegende wissenschaftliche Theorien logisch zu analysieren.

3.3 Zusammenfassung

In Kap. 3 machte ich den ersten Schritt der Rekonstruktion der Grundlagen einer physiologischen Praxis, die Mittel dazu ist, Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen möglichst effizient zu akkumulieren. In 3.1 argumentierte ich dafür, dass Manipulations- und Vorhersagewissen durch Ursache-Wirkungs-Wissen gegeben ist, wobei sicheres Ursache-Wirkungs-Wissen in Experimenten erzeugt wird. Auf Grundlage der Bestimmung dieses lebensweltlichen Begriffs des Experimentierens (vgl. Box 5 in 3.1.3) schloss sich die Frage an, wie sich den weiteren, durch die Zweckbestimmung in 1.3 festgesetzten Merkmalen wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis beikommen ließe. Es handelt sich um die Merkmale, die sich hinter dem Ausdruck ‚Effizienz‘ in der Zweckangabe verbergen (Produktivität des wis-

senschaftlichen Wissens und zweckmäßige Wissensorganisation in Bezug auf Anwendung und Lehre). Ein möglichst hohes Maß an Generalität des wissenschaftlichen Wissens (vgl. Box 6 in 3.2.1) erhöht zweifellos dessen Zweckmäßigkeit in Bezug auf Anwendung und Lehre und lässt sich durch Zusatzbestimmungen des Experimentierens einlösen, welche es folglich zu *wissenschaftlichem* Experimentieren machen (vgl. 3.2.1). Diese Zusatzbestimmungen bestehen darin, dass in der experimentellen Erforschung eines Phänomens (einer Regularität zwischen Ereignissen) stets Relevanzprüfungen durchzuführen sind, um auf diese Weise möglichst generelle Kausalerkenntnisse zu erlangen.

Während sich der Generalitätsforderung durch Zusatzbestimmungen für wissenschaftliches Experimentieren begegnen ließ, ist das Ergebnis von Kap. 3 mit Blick auf die Forderungen nach Produktivität sowie weiteren Bestimmungen für eine zweckmäßige Organisation physiologischen Wissens eher ernüchternd. Andere wissenschaftliche Disziplinen begegnen diesen Forderungen durch die Formulierung von axiomatisierten Theorien (die theoretische Terme enthalten), die in der Physiologie aber offenkundig nicht möglich ist (vgl. 3.2.2). Zwar lässt sich physiologisches Wissen aus verschiedenen Gegenstandsbereichen (dem des Verhaltens der Lebewesen, dem der Gewebe, dem der Zellen und dem der Biomoleküle) in nicht-axiomatisierten Theorien – Theorien ‚im weiten Sinne‘ – zusammenfassen. Deren Leistungen zweckmäßiger Organisation und Produktivität sind aber insbesondere im Vergleich zu axiomatisierten Theorien sehr bescheiden. Außerdem lässt sich selbst von Theorien in diesem weiten Sinne nicht sprechen, wenn die hier in Grundlagen zu konstruierende physiologische Praxis deskriptiv adäquat in Bezug auf wirkliche physiologische Praxis sein soll. Denn in letzterer werden die Gegenstände aus jenen Gegenstandsbereichen stets im Zusammenhang (letztlich mit einer Ausrichtung auf das Verhalten von Lebewesen) erforscht und das so gewonnene Wissen auch entsprechend ‚integriert‘ dargestellt und angewendet.

Die Unterschiede, die sich bis zu diesem Punkt meiner Darstellung zwischen der Mechanistischen Konzeptualisierung physiologischer Praxis und dem von mir unterbreiteten Alternativvorschlag ausmachen lassen, sind überschaubar. In beiden Konzeptualisierungen nimmt der Begriff des Experiments einen zentralen Stellenwert ein. In Experimenten des von mir vertretenen Begriffs geht es um die Bewährung von Kausalwissen, in der Mechanistischen Konzeptualisierung sind Experimente zur Bewährung von Kausalwissen als auch Experimente zur Bewährung von Konstitutionswissen vorgesehen. Auch wenn man Experimente der letztgenannten Art außer Acht lässt, findet sich aber ein methodischer Unterschied in den Konzeptualisierungen. Craver übernahm schlicht Woodward's Manipulationistischen Ansatz, in welchem Experimentieren als Mittel zum Gewinn von Manipulationswissen ausgezeichnet wird.

Diese Rechtfertigung ist ungenügend, wenn man den Zweck, zu dem physiologische Praxis Mittel sein soll, nicht nur in der Erzeugung von Manipulationswissen, sondern ebenfalls in der Erzeugung von Vorhersagewissen sieht (was Craver tut (vgl. 2.1)). Indem ich unter Referenz auf v. Wrights Argumentation zeigte, dass Experimentieren als Mittel zum Erwerb von Kausalwissen verstanden werden kann, wobei der Besitz von Kausalwissen dem lebensweltlichen Verständnis nach den Besitz auch von Vorhersagewissen einschließt, konnte ich den Einbezug von Experimenten in die wissenschaftliche (physiologische) Praxis noch etwas besser rechtfertigen.

Betrachtet man den Stand meines bisherigen Rekonstruktionsvorschlags unabhängig von der Mechanistischen Konzeptualisierung, sind mindestens noch zwei Ergänzungen wünschenswert. Erstens ein Vorschlag für eine Praxis, die dem physiologischen Wissen eine zweckmäßigere Organisation in Bezug auf Anwendung und Lehre verleiht, zweitens ein Vorschlag für eine Praxis, die die Akkumulation physiologischen Wissens produktiver macht. Wie bereits angedeutet, kann meiner Ansicht nach beiden Erfordernissen mit Begriffen des Modells bzw. Modellierens begegnet werden, auf die ich in Kap. 5 eingehe.

Insofern mein Rekonstruktionsvorschlag eine kritische Alternative zur Mechanistischen Konzeptualisierung bieten soll, stehen ebenfalls noch (mindestens) zwei Punkte aus: Erstens sollte der in der Mechanistischen Konzeptualisierung zentrale Begriff der wissenschaftlichen Erklärung im Rahmen meiner alternativen Konzeptualisierung lokalisiert werden: Inwiefern lässt sich in der von mir vorgeschlagenen Konzeptualisierung von wissenschaftlichen Erklärungen sprechen? Dabei gilt besonderes Interesse natürlich der Frage, ob sich der Begriff bzw. die Begriffe wissenschaftlicher Erklärung, die in der hier vertretenen Konzeptualisierung als angemessen begründet werden können, von den beiden Begriffen der Mechanistischen Erklärung unterscheiden. Mein Ziel ist es, zu zeigen, dass es keinen Anlass dazu gibt, von einer besonderen Form Konstitutiver Mechanistischer Erklärungen zu sprechen. Zweitens – und damit zusammenhängend – sollte aus meiner weiteren Konzeptualisierung hervorgehen, dass es ausreichend ist, *einen* (nämlich den in Kap. 3 explizierten) Begriff experimenteller Praxis in die Konzeptualisierung der Physiologie einzubeziehen, dass also kein Bedarf am Begriff einer weiteren experimentellen Praxis besteht, die auf die Entdeckung von Konstitutionswissen zielt. Für beide Anliegen kann meiner Ansicht nach ebenfalls der Einbezug von Begriffen wissenschaftlicher Modelle fruchtbar gemacht werden.

Wie ich bereits in der Rekonstruktionsskizze in 1.3 schrieb, halte ich es für das sinnvollste Vorgehen, mich zuerst der Frage nach den im Rahmen meiner Konzeptualisierung begründbaren Erklärungsbegriffen zuzuwenden und anschließend der Frage nach den Begriffen wis-

senschaftlicher Modelle. Denn obgleich die Untersuchung der Modell-Begriffe in vielen Hinsichten unmittelbar an das Kapitel 3 anschließt, setzt sie an entscheidenden Punkten Begriffe der wissenschaftlichen Erklärung voraus.

Kapitel 4: Die Erklärungs-begriffe der Physiologie

Im vorliegenden Kapitel rekonstruiere ich gemäß der Rekonstruktionsskizze in 1.3 den Begriff bzw. die Begriffe wissenschaftlichen Erklärens, die in der Physiologie Anwendung finden können. Ich werde also (in 4.1) eine Übersicht über lebensweltliche Erklärungsverständnisse geben und auf diesen aufbauend verschiedene Erklärungs-begriffe normieren. In 4.2 werde ich zunächst prüfen, im Sinne welcher Begriffe des lebensweltlichen Erklärens auch von *wissenschaftlichen* (physiologischen) Erklärungen gesprochen werden kann, wobei ich diese Entscheidung auf der Grundlage der bisher erarbeiteten Grundbestimmungen physiologischer Praxis (vgl. 3.2) fälle. Dann werde ich die so bestimmten Begriffe wissenschaftlichen (physiologischen) Erklärens gegen übliche Einwände verteidigen, die in der Debatte um wissenschaftliche Erklärungen vor allem gegen den DN/IS-Begriff erhoben wurden (und die die Mechanisten motivierten, alternative Erklärungs-begriffe einzuführen (vgl. 2.3.2)).

Ich werde auch die Unterschiede zwischen meinen Begriffen wissenschaftlichen Erklärens und den Mechanistischen Erklärungs-begriffen herausstellen (in 4.1.3 und 4.2.1). In 2.3 habe ich bereits methodische und inhaltliche Kritik an dem zentralen Merkmal der Mechanistischen Erklärungs-begriffe geübt, die ich hier noch einmal wiederholen möchte: Craver wollte die Konzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen durch eine Unterscheidung objektiver Erklärungen und bloß abbildender – beschreibender – erklärender Texte rechtfertigen. Diese Unterscheidung beabsichtigte er einerseits durch eine Betrachtung unserer normal-sprachlichen Redeweise über Erklärungen zu begründen, andererseits durch Evidenzen aus wissenschaftlichen Diskursen – den Publikationen von Katz und Miledi. Beide Begründungs-fundamente erwiesen sich aber als nicht sehr tragfähig (vgl. 2.3.2), weshalb die Angemessenheit der Mechanistischen Erklärungs-begriffe nach wie vor fraglich ist. Darüber hinaus konfrontierte ich diese in 2.3.3 mit zwei inhaltlichen Problemen. Erstens ist der Gehalt der Erklärungen kein Gehalt potenzieller Beschreibungen (nach dem Beschreibungsbegriff in 1.1.3) – es ist vielmehr ein erschlossener Gehalt bzw. ein (in einem noch zu klärenden Sinne) konstruierter Gehalt. Zweitens werden Mechanistische Erklärungen auf der Grundlage von experimentellen Erkenntnissen erstellt. Diese besitzen aber auch nach dem von den Mechanisten anerkannten Manipulationistischen Ansatz nicht die Form von Beschreibungen. Craver führt an keiner Stelle aus, was mit dem Ausdruck ‚Beschreibung‘ im Mechanistischen Erklärungs-begriff anderes gemeint sein könnte als eben eine Beschreibung, wie wir sie aus lebensweltlichen Kontexten kennen (vgl. 1.1.3). An einer Stelle spricht er von Modellen anstatt von Beschreibungen (vgl. 2.2.2), führt aber nicht aus, was er damit meint. Die Mechanistischen Er-

klärungs-begriffe sind also nach wie vor nicht ganz klar. Indem ich in 4.2 die zuvor von mir entwickelten Begriffe wissenschaftlicher Erklärung erfolgreich gegen die Einwände verteidige, die gegen den DN/IS-Begriff erhoben wurden, weise ich sie auch für Kritiker des DN/IS-Begriffs als gute Alternativen zum Mechanistischen Erklärungs-begriff aus.

Im folgenden Kapitel werde ich nicht mehr gegen die Unterscheidung von objektiven Erklärungen und erklärenden Texten argumentieren, da ich dies bereits in 2.3 getan habe. Ich werde Erklären also nur als eine Form sprachlichen Handelns verstehen. Auf dieser Grundlage komme ich in Kap. 4 zu folgenden (weiteren) Differenzen zwischen den von mir vorgeschlagenen (wissenschaftlichen) Erklärungs-begriffen und den Mechanistischen Erklärungs-begriffen: Bei der Sammlung von lebensweltlichen Erklärungs-verständnissen, die ich in 4.1 präsentiere, habe ich kein lebensweltliches Analogon für KME gefunden. Diese ähneln allerdings den von mir so bezeichneten Maschinenfunktionserklärungen, bei denen es sich aber um eine bestimmte Form der Kausalerklärung handelt. Tatsächlich werde ich in Kap. 5 diejenigen Erzeugnisse, die in der Mechanistischen Konzeptualisierung als KME bezeichnet werden, mit dem Begriff der Maschinenfunktionserklärung und dem Begriff des wissenschaftlichen Modells konzeptualisieren. Die ÄME stehen den von mir rekonstruierten Begriffen wissenschaftlicher Erklärung näher – eine Übereinstimmung findet sich aber auch hier nicht. Erstens sind die von mir vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung keine Beschreibungen (obgleich Teile von ihnen Beschreibungen sein können). Zweitens betreffen sie keine Mechanismen. Auch ÄME lassen sich in meinem Ansatz als ‚modellgestützte‘ Erklärungen rekonstruieren (vgl. Kap. 5). Diese Ergebnisse bestätigen die These, dass in der Mechanistischen Konzeptualisierung dem Begriff des Modells nicht oder nicht genügend Rechnung getragen wurde.

4.1 Lebensweltliche Erklärungs-verständnisse

In der nun anzustellenden Übersicht über lebensweltliche Erklärungs-verständnisse wird sich zeigen, dass der Begriff des Erklärens als Oberbegriff verschiedener Tätigkeiten verstanden werden kann, denen allen gemein ist, dass sie der Wissensvermittlung dienen – durch die Art des jeweils vermittelten Wissens lassen sich die verschiedenen Erklärungs-verständnisse voneinander abgrenzen. Dabei ist zu beachten, dass es sich offensichtlich nicht bei jeder Wissensvermittlung um Erklären handelt. Wer sich etwa erkundigt, wann ein bestimmter Teich angelegt wurde, zielt auf Wissenserwerb, die Information über die Zeit der Anlegung des Teichs ist aber keine Erklärung. Wird einer Dozentin mitgeteilt (wird sie darüber informiert), dass noch

genug Kreide im Seminarraum ist, sagen wir nicht, es werde ihr *erklärt*, dass genug Kreide im Raum ist.

Obleich nicht alle Arten des Erklärens für das Projekt meiner Arbeit relevant sind, möchte ich sie dennoch alle vorstellen; unter anderem soll diese Übersicht ja demonstrieren, dass ein lebensweltliches Analogon zum Begriff der KME *nicht* aufzufinden ist. Die Differenzierung lebensweltlicher Arten des Erklärens zeigt sich in den unterschiedlichen Weisen, in denen zum Erklären aufgefordert werden kann, bzw. in denen Erklärungen erfragt werden können. Die jeweilige Art von Erklärung, die mit einer Aufforderung ‚Bitte erkläre ...!‘ verlangt wird, wird in unserer Normalsprache (mehr oder minder eindeutig) durch eine Fragepartikel (etwa ‚warum‘, ‚was‘ oder ‚wie‘) bestimmt. Da ich es als unstrittig ansehe, dass jede Aufforderung zu einer Erklärung in der Form ‚Bitte erkläre‘ + Fragepartikel formuliert werden kann, werde ich also die Frage-Partikeln durchgehen und gegebenenfalls verschiedene Erklärungsarten unterscheiden, die mit Aufforderungen ein und derselben Fragepartikel eingefordert werden können. Diese nach Fragepartikeln sortierte Darstellung ist bloß heuristisch. Durch sie gehen in die hier darzulegenden Verständnisse lebensweltlicher Erklärungen keine kontingenten Eigenschaften unserer Normalsprache ein, da die Unterscheidung verschiedener Erklärungsverständnisse gemäß Kap. 1 nicht auf dem normalsprachlichen Wortlaut beruht, sondern auf dem, was durch das Erklären jeweils getan wird. Diese Methode wird zu der Einsicht führen, dass zu Erklärungen mancher Art offensichtlich durch Verwendung verschiedener Fragepartikeln aufgefordert werden kann, worauf ich im Einzelnen hinweisen werde. Außerdem wird sie offenbaren, dass sich manch eine scheinbar eigenständige Erklärungsart auf eine andere reduzieren lässt. In 4.1.1 stelle ich die Arten der mit ‚warum‘ verlangten Erklärungen zusammen und in 4.1.2 die mit den Partikeln ‚wie‘ und ‚was‘ eingeforderten Arten. Am Ende von 4.1.2 sind in Tab. 2 die wichtigsten Eigenschaften der mit ‚warum‘, in Tab. 3 die wichtigsten Eigenschaften der mit ‚wie‘ und ‚was‘ erfragten Erklärungen zusammengestellt. Im Abschnitt 4.1.3 gebe ich einige allgemeine Anmerkungen zu den lebensweltlichen Erklärungsbegriffen.

4.1.1 Erklärungen zu Warum-Fragen

Ich möchte die Darstellung mit Erklärungen beginnen, die durch die Partikel ‚warum‘ erfragt werden. Zunächst betrachte ich eine Gruppe von Erklärungen, die als Genese-Erklärungen für Tatsachen bezeichnet werden können, weil es in ihnen um die Vermittlung von Wissen darüber geht, warum eine bestimmte Tatsache besteht. In den Genese-Erklärungen lassen sich drei Unterarten unterscheiden: Genese-Erklärungen durch Handlungsbegründung, Genese-

Erklärungen durch Handlungsangabe und Genese-Erklärungen durch Ursachenangabe. Die letztgenannten sind im Kontext meiner Arbeit von besonderer Relevanz (ich kürze sie daher mit ‚GEU‘ ab).

Zur Illustration möchte ich Aufforderungen anführen, die Erklärungen dieser drei Unterarten verlangen:

4-1) Bitte erkläre, warum du gekommen bist!

4-2) Bitte erkläre, warum dieser Baum umfiel!

4-3) Bitte erkläre, warum das (dieses) Auto zerkratzt ist!

Für alle drei Beispiele lässt sich das *explanandum* der verlangten Erklärung in einer singulären Aussage A der Form ‚ $a \in P$ ‘ darstellen, wobei außerhalb des Kontexts der Anwendung logischer Regeln die Zustandkopula ‚ ε ‘ in (4-1) durch die Tatkopula ‚ π ‘ und in (4-2) durch die Ereigniskopula ‚ ι ‘ ersetzt werden kann (vgl. 1.1.2). Entsprechend ist P dann ein Handlungsprädikator (in (4-1)), ein Ereignisprädikator (in (4-2)) oder ein Zustandsprädikator (in (4-3)). Aussagen drücken Sachverhalte aus, und es ist unstrittig, dass es in den Beispielen um die entsprechenden Sachverhalte, nicht um die Aussagen als Aussagen geht. Denn (4-2) etwa könnte in einer passenden Situation auch lauten:

4-2*) Bitte erkläre, warum dieses Nadelgehölz umfiel!

Ferner gehen alle drei Beispiele davon aus, dass der jeweilige Sachverhalt eingetreten ist, d.h. dass die jeweilige Aussage A eine Tatsache ausdrückt. Die Partikel ‚warum‘ besitzt offenkundig die Funktion, anzuzeigen, dass das zu vermittelnde Wissen gerade auf das Tatsache-Sein des jeweiligen Sachverhalts zielt. Würde jemand versuchen, mit uns ein Erklärungssprachspiel zu beginnen, indem er uns in der Art von (4-1) auffordert, wobei aber klar ist, dass wir nicht gekommen waren, würde wir nicht in das Sprachspiel einsteigen. Daran würde auch sein Hinweis nichts ändern, dass es vielleicht keine Tatsache sei, dass wir gekommen waren, wohl aber ein (möglicher) Sachverhalt. Hempel 1965, 334 weist ebenfalls auf diesen Punkt hin. In seiner Diskussion analoger Erklärungen versteht er das *explanandum* ebenfalls als das Tatsache-Sein eines Sachverhalts, nicht als den Sachverhalt selbst. Bei Salmon verhält es sich auch so: „The explanandum is the fact to be explained“ (Salmon 1992, 339).

Wie sind die erklärenden Antworten beschaffen, mit denen wir uns in den einzelnen Fällen zufriedengeben? Gemeinsam ist ihnen, dass sie auf das Bestehen einer Tatsache B verweisen

(die zum Zeitpunkt von A noch bestehen kann, dies aber nicht zwingenderweise tut). In der Spezifizierung von B lässt sich ein Unterschied zwischen (4-1) auf der einen und (4-2) und (4-3) auf der anderen Seite feststellen. In einer Antwort auf (4-1) erwarten wir eine *Grundangabe*: Die Aussage B drückt den Sachverhalt aus, dass der Akteur, dem in der Aussage A ein Handlungsprädikator zugeschrieben wird, gewisse Überzeugungen besitzt und gewisse Zwecke verfolgt. In praktischen Kontexten werden oft elliptische (verkürzte) Erklärungen geliefert:¹⁹¹ Wenn jemand mit (4-1) zur Erklärung aufgefordert wird, warum er in einem Tutorium erscheint, kann er schlicht antworten, dass er sein Verständnis des Unterrichtsstoffs verbessern will. Die zur Erklärung auffordernde Person wird ihm dann die nicht explizierte Überzeugung zuschreiben, dass er Teile des Stoffs nicht verstanden hat und den Besuch des Tutoriums als adäquates Mittel zur Verbesserung seines Verständnisses ansieht. Solche Genese-Erklärungen *durch Handlungsbegründung* (vgl. Tab. 2 am Ende von 4.1.2) bestehen also in der Angabe eines Grunds in Form von Zwecken (Interessen) und Überzeugungen.

In (4-2) und (4-3) wird kein Grund verlangt; das Bestehen des *explanandum*-Sachverhalts wird vielmehr ‚begreiflich gemacht‘, indem auf ein anderes Geschehen B verwiesen wird. Befriedigende Antworten auf (4-2) könnten lauten:

4-4) Der Baum fiel um, weil Tom ihn fällte.

4-5) Der Baum fiel um, weil es so stürmte.

Befriedigende Antworten auf (4-3) wären:

4-6): Das Auto ist zerkratzt, weil Tom es zerkratzt hat.

4-7): Das Auto ist zerkratzt, weil es stark gehagelt hat.

Im jeweils ersten Fall – (4-4) und (4-6) – wird das Bestehen des *explanandum*-Sachverhalts A als Handlungsergebnis (wie in (4-6)) bzw. als analytische Konsequenz einer Handlung (wie in (4-4))¹⁹² ausgewiesen. Der als *explanans* angegebene Sachverhalt B ist hier also der Sachverhalt, dass eine bestimmte Handlung vollzogen wurde, weshalb solche Erklärungen Genese-Erklärungen *durch Handlungsangabe* genannt werden können (vgl. Tab. 2). Im jeweils zweiten Fall – (4-5) und (4-7) – wird das Bestehen des *explanandum*-Sachverhalts A als eine Wir-

¹⁹¹ Siehe für den Begriff elliptischer Erklärungen 4.2.2.

¹⁹² Ich setze dabei voraus, dass ‚der Baum ist gefällt‘ das Ergebnis des Handlungsschemas Baumfällen ist, während ‚der Baum ist umgefallen‘ eine analytische Konsequenz der Handlung, also eine analytische Implikation von ‚der Baum ist gefällt‘ ist.

kung ausgewiesen. Die *explanantes*-Sachverhalte B – der Hagelfall und das Ereignis des Sturms – sind die Sachverhalte, in deren Eintreten die jeweilige Ursache besteht. Daher lassen sich diese Erklärungen als Genese-Erklärungen *durch Ursachenangabe* („GEU“) bezeichnen (vgl. Tab. 2).

Eine Genese-Erklärung der Tatsache A lässt sich verteidigen, falls sie bezweifelt wird. Durch die Äußerung eines Zweifels wird ein Rechtfertigungssprachspiel eingeleitet, in dem es entweder um die Rechtfertigung der Aussage B geht, oder um die Rechtfertigung der Aussage, dass die Genese des Sachverhalts A im Sinne der jeweiligen Erklärungs-Unterart auf das Eintreten von B zurückgeht. Auch Rechtfertigungen werden oft mithilfe der Partikel ‚warum‘ eingefordert, die Rechtfertigung einer Aussage C also durch ‚Warum C?‘ Die Aussage C ist bei der Rechtfertigung einer Genese-Erklärung also entweder mit der Aussage B identisch, oder mit der Aussage, dass das Eintreten von Sachverhalt B zur (je nach Unterart spezifischen) Genese von Sachverhalt A führte.

Ich möchte nun prüfen, wie dieser zweite, interessantere Fall der Rechtfertigung für die drei Unterarten der Genese-Erklärung beschaffen ist. Handelt es sich um eine Genese-Erklärung durch Handlungsbegründung, so wird in dem Rechtfertigungsdiskurs eine Begründung dafür gegeben, dass – gegeben die in Aussage B ausgedrückten Überzeugungen – die in Aussage A zugeschriebene Handlung als ein adäquates Mittel zur Erreichung der in Aussage B angegebenen Zwecke zu bewerten ist (vgl. 1.1.1). Im Fall des Zweifels an einer Erklärung durch Handlungsangabe ist zu rechtfertigen, dass Sachverhalt A Ergebnis oder analytische Konsequenz der in Aussage B zugeschriebenen Handlung ist. Hierzu muss gegebenenfalls der in Aussage B zugeschriebene Handlungsprädikator sowie die in der Aussage A zugeschriebenen Prädikatoren geklärt und anschließend $B \rightarrow A$ demonstriert werden.

Für die Angemessenheit einer GEU lässt sich argumentieren, indem man die singuläre Kausalbehauptung rechtfertigt, dass das Eintreten von B das Eintreten von A verursachte. Dies gelingt durch Anführen eines kausalen Gesetzes $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ und folgende zusätzliche Nachweise: Wird der Zeitpunkt, zu dem B eintrat, mit der Konstante ‚ t_1 ‘ bezeichnet, so muss A zu $t_1 + \tau$ eingetreten sein. Ferner muss – gegebenenfalls durch Ergänzung passender Situationsbestandteile, die zu t_1 bzw. $t_1 + \tau$ vorlagen – gezeigt werden, dass mit B S_1 und mit A S_2 instanziiert war. Wird anschließend auch das kausale Gesetz bezweifelt, ist dies entweder praktisch zu rechtfertigen (vgl. Kap. 3.1.3) oder aus einem allgemeineren kausalen Gesetz abzuleiten (s.u.).

Erklärungssprachspiele müssen von solchen Rechtfertigungspraxen unterschieden werden, denn Erklären und Rechtfertigen sind Mittel zu unterschiedlichen Zwecken. Auf Warum-

Fragen, die auf eine Rechtfertigung zielen, erhalten wir – in der Formulierung von G. Schurz – „reasons for belief“, auf Warum-Fragen, die auf Erklärungen (genauer gesagt auf GEU) zielen, erhalten wir Informationen über „[r]easons for being“, d.h. „causes in a broad sense“ (Schurz 2014, 351). Ferner erlaubt es diese Unterscheidung, von falschen Erklärungen zu sprechen, was ich als deskriptiv angemessen empfinde (oft stehen alternative Erklärungen im Raum, von denen höchstens eine richtig ist).

Warum wir uns für Rechtfertigungen interessieren, ist offenkundig. Warum aber sollten wir uns dafür interessieren, was zur Genese einer gewissen Tatsache führte? Eine Genese-Erklärung für die Tatsache A vermittelt Wissen darüber, was zum Eintreten von A führte, und dieses Wissen kann – so mein Vorschlag für eine Antwort auf diese Frage – von erheblicher Relevanz dafür sein, wie man auf A reagiert, es kann also relevant für die weitere Handlungsplanung sein. Wenn nicht der gestrige Sturm sondern ein Biber den Baum in unserem Garten fällte, sollten wir uns an einen Biberbeauftragten wenden, um einer möglichen Biberplage im umliegenden Land vorzubeugen. Wenn zur Erklärung von Toms Unwohlsein seine Infektion mit dem neuartigen Corona-Virus angeführt wird, sollten wir seinen Umgang auch in den folgenden Tagen meiden. Wird hingegen der Pollenflug als Erklärung angeführt, können wir ihm ein Antiallergikum mitbringen. Lässt sich Tims Erscheinen im Tutorium damit erklären, dass er den Stoff nicht verstanden hat, sollten wir die Vorträge, die er ständig über den Stoff zu halten pflegt, mit Vorsicht rezipieren. Lässt sich sein Erscheinen allerdings mit seinem Interesse an der Tutorin erklären, deren Gunst er überzeugt ist, durch ausgezeichnete Wortbeiträge gewinnen zu können, dürfen wir uns auch weiterhin von ihm belehren lassen.

Information über die Genese der Tatsache A hat also prinzipiell großen Einfluss darauf, wie wir (bzw. wie wir *nicht*) auf A reagieren (sollten). Genese-Erklärungen sind also ein adäquates Mittel dazu, praktisch relevantes Wissen über die uns umgebenden Umstände zu erhalten. Natürlich kommt es vor, dass wir ohne Hintergedanken – also einfach aus Neugier – eine Genese-Erklärung erfragen. Das ändert aber nichts an der Tatsache, dass Genese-Erklärungen adäquate *Mittel* dazu sind, praktisch relevantes Wissen zu beziehen (vgl. 1.1.1). Selbst wenn wir bloß aus Neugier fragen, *kann* das vermittelte Wissen praktisch relevant für uns werden.

Bevor ich zur Darstellung von Erklärungen komme, die mit den Partikeln ‚wie‘ und ‚was‘ eingefordert werden können, möchte ich hier noch zwei Arten von Erklärungen anführen, die mit der Partikel ‚warum‘ erfragt werden, und in denen ebenfalls Ursachenwissen vermittelt wird. In GEU wird das Bestehen eines bestimmten Sachverhalts A durch Verweis auf das Bestehen eines ebenfalls bestimmten (aber verschiedenen) Sachverhalts B erklärt, dessen Eintreten das Eintreten von A verursachte. Oft fragen wir aber auch allgemein nach einer Erklärung

dafür, warum Sachverhalte eines gewissen *Typs S* überhaupt manchmal eintreten, unabhängig davon, ob zur Zeit des Fragens Sachverhalte dieses Typs auch wirklich bestehen.¹⁹³ Wir fragen nicht nur nach einer Erklärung dafür, warum der Rhein gerade anschwillt oder ein bestimmter Teich derzeit eintrübt, sondern aktualisieren auch Aufforderungen der Art:

4-11) Bitte erkläre, warum Flüsse (überhaupt manchmal) anschwellen!

4-12) Bitte erkläre, warum klare Teiche (überhaupt manchmal) trüb werden!

In (4-11) und (4-12) geht es offensichtlich nicht darum, dass gerade irgendetwas der Fall ist. Eine Antwort auf (4-11) könnte lauten, dass Flüsse anschwellen, wenn Schneeschmelze stattfindet oder wenn es starken Niederschlag gegeben hat. (4-12) könnte mit einem Verweis auf massive Nährstoffzufuhr in den Teich begegnet werden (eine Erklärung, die zur weiteren Frage Anlass geben wird, *warum* dieser Zusammenhang von Verursachung vorliegt, s.u.). In Erklärungen dieser Art wird *generelles* Ursachenwissen vermittelt, weshalb man sie *Allgemeine Kausalerklärungen* nennen könnte. Hier wird als *explanans* ein generelles Kausalgesetz angegeben (bzw. mehrere solche Gesetze, falls es verschiedene potenzielle Ursachen gibt). Das Succedens dieses Gesetzes bestimmt den Sachverhaltstyp, der in der Erklärungsaufforderung genannt wird, oder es impliziert analytisch eine Aussagenform, die diesen Sachverhaltstyp ausdrückt (vgl. Tab. 2).

Zur Vorstellung der noch verbleibenden Art von Erklärungen, die mit der Partikel ‚*warum*‘ eingefordert werden, greife ich auf das Beispiel zurück, an welchem Hempel diese Erklärungsart illustriert. Hempel hat seinerseits das Beispiel von W. Dray übernommen (Hempel 1965, 452 f.):

4-13) Bitte erkläre, warum das Auftreten eines Lecks im Öltank eines Autos dazu führt, dass sein Motor abwürgt!

In der durch (4-13) verlangten Erklärung ist das *explanandum* offensichtlich das Bestehen einer in einem Kausalgesetz ausdrückbaren Kausalrelation selbst, weshalb Erklärungen dieser Art *Erklärungen von Kausalrelationen* (vgl. Tab. 2) genannt werden können. Eine adäquate Antwort könnte besagen, dass

¹⁹³ Vgl. zum Begriff des Sachverhaltstyps 1.1.2.

„as a result of the leak, the oil drained out, which deprived the cylinders and pistons of lubrication, thus leading to frictional heating and expansion of the pistons and cylinder walls, so that the metals locked tightly and the engine stopped“ (ebd., 452).

Allgemein lässt sich formulieren: Ist das *explanandum* der Erklärung die durch

$$4-14) \forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_n)$$

ausgedrückte Kausalrelation, besteht das *explanans* im Anführen einer Sequenz kausaler Gesetze der Art

$$4-15) \forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau_1) \in S_2), \forall t(t \in S_2 \rightarrow (t + \tau_2) \in S_3), \dots \\ \dots, \forall t(t \in S_{n-1} \rightarrow (t + \tau_{n-1}) \in S_n) \text{ (mit } \sum_{i=1}^{n-1} \tau_i = \tau)$$

Gemeinsam mit GEU lassen sich also drei Formen der Erklärung unterscheiden, bei denen es um Ursachenwissen geht: GEU, Allgemeine Kausalerklärungen und Erklärungen von Kausalrelationen. Da sich auch die beiden zuletzt erörterten kausalen Erklärungsarten für wissenschaftliches Erklären als bedeutsam erweisen, möchte ich auch hier danach fragen, wie solche Erklärungen im Fall des Zweifels verteidigt werden können, und ferner, warum wir uns überhaupt für Erklärungen dieser Art interessieren.

Wird eine Allgemeine Kausalerklärung oder eine Erklärung einer Kausalrelation angezweifelt, muss das bzw. müssen die zur Erklärung angegebenen kausalen Gesetze gerechtfertigt werden. Dies kann praktisch erfolgen (siehe Kap. 3.1.3) oder sprachlich, durch Ableitung aus allgemeineren Kausalgesetzen.¹⁹⁴ Da sowohl Fragen nach Rechtfertigung als auch Fragen nach Erklärung mit ‚warum‘ gestellt werden können, sind Fragen der Art ‚Warum verursacht das Eintreten einer Situation des Typs S_1 das Eintreten einer Situation des Typs S_2 ?‘ doppeldeutig. Sie können als Fragen nach der Rechtfertigung des kausalen Gesetzes $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ aufgefasst werden, oder als Fragen nach der Erklärung der durch das kausale Gesetz ausgedrückten Kausalrelation.

¹⁹⁴ Es wird nachgewiesen, dass das zu rechtfertigende Gesetz ein Spezialfall des zur Rechtfertigung dienenden Gesetzes ist, indem gezeigt wird, dass die in jenem Gesetz spezifizierten Situationen vom Typ der in diesem Gesetz spezifizierten Situationen sind. Um dies zu zeigen, kann die abkürzende, im Text gewählte Darstellungsform für kausale Gesetze, in der Zeitpunkte als einzige logische Subjekte auftreten, zugunsten der ausführlichen Darstellungsform aufgegeben werden, in der die im Antecedens sowie im Succedens charakterisierten Situationen explizit durch Quantifikationen über Dinge charakterisiert werden (vgl. das Beispiel (3-7) in 3.1.3). Das zu rechtfertigende Gesetz lässt sich dann, gegebenenfalls unter Hinzuziehung von Definitionen der verwendeten Ausdrücke, logisch aus dem allgemeineren Gesetz ableiten.

Die Frage, zu welchem Zweck Allgemeine Kausalerklärungen und Erklärungen von Kausalrelationen Mittel sind, ist leicht zu beantworten, da es in beiden um die Vermittlung von generellem Kausalwissen geht. Kausalwissen, wie es durch Allgemeine Kausalerklärungen bereitgestellt wird, verschafft Kap. 3 zufolge die Fähigkeit zu gezielter Manipulation und Vorhersage. Eine Verfeinerung des Kausalwissens, wie es die Erklärungen von Kausalrelationen zusätzlich liefern, erweitert die Möglichkeiten der Manipulation (man kann nun auch gezielt in die vermittelnden Ursachen eingreifen). Weiß man etwa, dass massive Nährstoffzufuhr in klaren Teichen Wassertrübung verursacht, kann man gezielt versuchen, solche Nährstoffzufuhr zu vermeiden oder Nährstoffe aus dem Teich zu entfernen. Angenommen, man könne diese Kausalrelation zusätzlich noch damit erklären, dass Nährstoffüberschuss zu einer wachsenden Destruenten-Population im Teich führt, dass deren gesteigerte Sauerstoffkonsumption derart hoch ist, dass die Wasserpflanzen nicht mehr genügend Zellatmung betreiben können, dass dies den Tod der Pflanzen zur Folge hat, wodurch dem Wasser noch mehr Nährstoffe zugeführt und noch mehr Sauerstoff entzogen wird, sodass die Destruenten-Population irgendwann so groß wird, dass sie das Wasser eintrübt. Gegeben diese Erklärung, kann man dem Eintrüben von Teichen auf vielfältigere Weise entgegenwirken, etwa durch das Installieren von Fontänen, die den Sauerstoffgehalt des Wassers erhöhen, durch das Entfernen von Destruenten aus dem Sediment, usf.¹⁹⁵

4.1.2 Erklärungen zu Wie- und Was-Fragen

Ich möchte nun zunächst auf die mit der Partikel ‚wie‘ gebildeten Erklärung verlangenden Aufforderungen zu sprechen kommen. Mit der Frage-Partikel ‚wie‘ können wir zu *Verfahrenserklärungen* auffordern:

4-16) Bitte erkläre, wie man Fleisch konserviert!

4-17) Bitte erkläre, wie ich von hier zum Bahnhof komme!

¹⁹⁵ Zum Abschluss von 4.1.1 möchte ich anmerken, dass ich eine Art von Erklärungen, die mit Warum-Frage eingefordert werden, unberücksichtigt gelassen habe, um die Darstellung nicht zu überlasten. Es handelt sich um Erklärungen dafür, warum überhaupt Gegenstände (z.B. soziale Institutionen oder Naturdinge) einer bestimmten Art existieren. Erklärung verlangende Aufforderungen dieser Art lassen sich teils mit Genese-Erklärungen beantworten. Die Existenz einer bestimmten sozialen Institution könnte durch eine Genese-Erklärung bzw. eine Menge von Genese-Erklärungen durch Handlungsbegründung und durch Handlungsangabe gegeben werden. Die Existenz von bestimmten Naturdingen wird heute in der Regel durch (wissenschaftliche) GEU gegeben, z.B. indem das Entstehen bestimmter chemischer Elemente in der Geschichte des Universums kausal erklärt wird. Erklärungen dieser Art können aber auch mythologisch oder religiös sein.

Beide Aufforderungen zielen auf Handlungswissen, das sich auf die Herstellung einer bestimmten (bezweckten) Situation bezieht. Aufforderungen des Typs (4-16) sind allgemein formuliert und fordern allgemeines Verfahrenswissen, wobei dieses Verfahren eine Praxis sein kann, oder nicht. (4-17) bezieht sich dagegen auf Wissen darüber, wie eine ganz bestimmte Situation aus einer einmaligen Ausgangssituation zu erreichen ist. Der Unterschied ist hier aber nicht relevant, denn (4-17) könnte auch ein allgemeines ‚Verfahren‘ erfragen, wie *man* von dem gekennzeichneten Ort zum Bahnhof kommt. Erklärungen, die Aufforderungen der Formen (4-16) sowie (4-17) genügen, lassen sich also als Verfahrenserklärungen begreifen, in denen allgemeines Wissen darüber vermittelt wird, wie sich eine Situation bestimmten Typs herstellen lässt (vgl. Tab. 3 am Ende von 4.1.2). Das Verfahren kann natürlich zweckmäßigerweise als Normensystem dargestellt werden. Warum wir Verfahrenserklärungen einfordern, ist offenkundig. Rechtfertigen lassen sich die analytischen Normen des Normensystems durch eine Explikation der darin verwendeten Ausdrücke, die synthetischen Normen durch einen Verweis auf entsprechendes Kausalwissen.

Bevor ich zu einer zweiten Art von Erklärungen komme, die mit der Partikel ‚wie‘ eingefordert werden, möchte ich an dieser Stelle kurz die Erklärungen ansprechen, die mit der Partikel ‚wo‘ erfragt werden:

4-18) Bitte erkläre, wo der Bahnhof ist!

Ich schiebe die Darstellung dieser Erklärungsart hier ein, weil sie sich offenkundig auf Verfahrenserklärungen reduzieren lassen: Es soll erklärt werden, wo sich etwas befindet, d.h. wo etwas aufzufinden ist, wie (mit welchem konkreten ‚Verfahren‘) man zu dem Ding oder Ort gelangen kann. Aus diesem Grunde betrachte ich Erklärungen, die mit der Partikel ‚wo‘ eingefordert werden, nicht weiter.

Ich komme nun zur zweiten Art der Erklärung verlangenden Aufforderungen, die üblicherweise mit der Partikel ‚wie‘ gebildet werden und die *Maschinenfunktionserklärungen* genannt werden können, wie zum Beispiel:

4-19) Bitte erkläre, wie diese Wasseruhr funktioniert!

Unter Maschinen verstehe ich mit R. Lange „Geräte, zu deren Leistung es gehört, bestimmte Verläufe durch Zwangsführungen in zweckmäßige Bahnen zu lenken“ (Lange 1999, 142). Eine Maschine ist also ein Artefakt, das aus verschiedenen Komponenten konstruiert wurde,

sodass man durch eine Handlung der Inbetriebnahme einen zwangsgeführten Verlauf von Ereignissen an den Maschinenkomponenten instanziierten kann, der damit endet, dass ein gewisses, für den Nutzer interessantes Leistungsereignis (die Leistung der Maschine) instanziiert wird. Prinzipiell können an Maschinen durch unterschiedliche Handlungen der Inbetriebnahme auch unterschiedliche Leistungen instanziiert werden.

Eine Antwort auf eine Aufforderung zu einer Maschinenfunktionserklärung besteht in der zeichnerischen oder sprachlichen Charakterisierung des Bauplans der Maschine und in einer Erläuterung, wie das durch Inbetriebnahme herbeigeführte Ereignis an einer der Komponenten durch die Verursachung von Ereignissen an anderen Komponenten letztlich zur Instanziiierung des Leistungsereignisses führt (vgl. Tab. 3). Um dies für die Wasseruhr aus Beispiel (4-19) auszuführen, nehme ich an, sie sei der Wasseruhr des Ktesibios nachempfunden – das Leistungsereignis besteht also in der gleichmäßigen Aufwärtsbewegung einer Figur, dergestalt, dass ihr ausgestreckter Zeigestab auf einer an einer Säule befindlichen Skala stets die richtige Tageszeit anzeigt.

Eine Maschinenfunktionserklärung für diese Uhr wird mit einer Information über deren Bauplan beginnen: Vom Boden eines Wasserspeicherbeckens führt eine zylinderförmige Röhrenleitung abwärts zu einem ebenfalls zylindrischen Regulierbehälter und mündet in die obere seiner parallel zum Erdboden ausgerichteten Grundflächen. Der Regulierbehälter ist vollständig geschlossen, mit Ausnahme dieses Zulaufs und eines Ablaufs, der sich im unteren Bereich des Zylindermantels befindet und von geringerem Querschnitt ist als der Zulauf. In dem Regulierbehälter befindet sich ein (etwa aus Kork bestehender) zylindrischer Schwimmer mit einseitiger kegelförmiger Zuspitzung. Der (Kreis-)Umfang seiner Grundfläche ist etwas kleiner als der (Kreis-)Umfang der Zylinderbasis des Regulierbehälters, sodass er im Behälter auf und ab bewegt werden kann. Der Schwimmer ist so orientiert, dass die Kegelspitze in Richtung der Zulauföffnung zeigt, in welche sie beim Aufwärtssteigen des Schwimmers eindringt. Die Größe und stoffliche Beschaffenheit des Schwimmers sowie die Höhe des Ablaufs in der Wand des Regulierbehälters sind folgendermaßen aufeinander abgestimmt: Fließt Wasser aus dem Speicherbecken über den Zulauf in den Regulierbehälter – steigt der Schwimmer also nach oben und schiebt seine Spitze in die Zulauföffnung – so stoßen die Kanten der Zulauföffnung genau dann allseitig an den Kegelmantel des Schwimmers (und verhindern so den weiteren Zulauf), wenn das Wasser im Regulierbehälter gerade begonnen hat, über den Ablauf abzufließen. Der Ablauf des Regulierbehälters führt in ein zylindrisches, nach oben hin geöffnetes Auffangbecken, dessen Bodenfläche parallel zum Erdboden ausgerichtet ist und das ebenfalls einen Schwimmer enthält. Auf diesem Schwimmer ist eine Stange montiert, die sich

in zwei übereinander gelegenen, an der Wand des Auffangbeckens befestigten Führungselementen lotrecht (also parallel zum Zylindermantel) bewegen lässt. An dem oberen Ende der Stange ist eine Figur befestigt, die einen Zeigestab ausstreckt. Dieser Zeigestab weist auf eine skalierte Säule, die neben dem oder in dem Auffangbecken steht.

Neben einer Charakterisierung des Bauplans der Uhr umfasst die Erklärung ihrer Funktion noch Information darüber, wie das Gerät durch den Vollzug einer Handlung der Inbetriebnahme betrieben, das Leistungsereignis also instanziiert werden kann (teils ist diese Information schon in der Charakterisierung des Bauplans enthalten): Wird das Speicherbecken mit Wasser gefüllt, fließt dieses über den Zulauf ... usf.¹⁹⁶ Maschinenfunktionserklärungen liefern uns Wissen darüber, wie Maschinen nachzukonstruieren und Störungen zu beheben sind; ferner bieten sie eine Grundlage für Erwägungen der Leistungssteigerung. Maschinenfunktionserklärungen stellen allerdings keine eigentümliche Erklärungsart dar: Sie lassen sich auf Erklärungen für Kausalrelationen reduzieren. Die Kausalrelation besteht hier zwischen dem unmittelbar durch die Inbetriebnahme instanziierten Ereignis (etwa dem Einfüllen von Wasser in das Speicherbecken) und der Instanziiierung des Leistungsereignisses (etwa dem gleichmäßigen Aufsteigen der Figur mit dem Zeigestab).

Abschließend möchte ich zwei Erklärungsarten vorstellen, die mit der Partikel ‚was‘ eingefordert werden:

4-20) Bitte erkläre, was ein Flussdelta ist!

4-21) Bitte erkläre, was gerade in diesem Land geschieht!

Bevor ich auf diese Beispiele eingehe, will ich darauf hinweisen, dass viele Erklärungen, die mit der ‚was‘-Partikel eingefordert werden, auch mit der ‚wie‘- oder ‚warum‘-Partikel gebildet werden können und unter die bereits besprochenen Erklärungsarten fallen. Fragen nach einem Verfahren können stets folgende Form haben: ‚Bitte erkläre was man tun muss, um ...!‘ Ähnliches gilt für Genese-Erklärungen: ‚Bitte erkläre, was der Grund dafür ist, dass du gekommen bist‘ bzw. ‚Bitte erkläre was dazu führte, dass der Baum umfiel!‘.

Handelt es sich bei (4-20) und (4-21) dagegen um ‚genuine‘ (nicht reduzierbare) Erklärungen, eventuell sogar um solche, die nur mit der ‚was‘-Partikel einzufordern sind? (4-20) verlangt eine *Bedeutungserklärung* für den Ausdruck ‚Flussdelta‘. Der Auffordernde hat entweder gar keine oder nur eine unklare Vorstellung von der Bedeutung des Ausdrucks, oder er ist sich

¹⁹⁶ Das Regulierbecken gewährleistet den gleichförmigen Einstrom des Wassers in das Auffangbecken auch bei unterschiedlichem Wasserstand im Speicherbecken.

nicht sicher, ob ihm tatsächlich die Bedeutung zukommt, von der er meint oder vermutet, dass sie ihm zukommt. Die Erklärungsaufforderung zielt auf Wissen über die Anwendungsbedingungen des Ausdrucks zum Zweck des korrekten Sprachhandelns. Ich habe den Begriff dieser Erklärungsart in 1.1.2 gegeben. Obgleich mit Bedeutungserklärungen eine ganz bestimmte Form des Handlungswissens vermittelt wird – sie lassen sich auch mit der Partikel *wie* einfordern: ‚Bitte erkläre, *wie* man den Ausdruck ‚Flussdelta‘ verwendet!‘ – wäre es unangemessen, sie als Verfahrenserklärungen anzusehen. Denn letztere geben Wissen darüber, wie verschiedene Handlungsschritte geordnet zu vollziehen sind, um einen Zweck zu erreichen, während es bei Bedeutungserklärungen nur um das Wissen um die Anwendungsbedingungen für einen Ausdruck geht. Sie bilden daher eine genuine Erklärungsart (vgl. Tab. 3).

Die Antworten, mit denen Aufforderungen der Form (4-20) begegnet wird, enthalten nicht selten (auch) Erklärungen anderer Typen, insbesondere solche, die als Allgemeine Kausalerklärungen klassifizierbar sind, oder als die von mir oben nur am Rande erwähnten Erklärungen für das Vorliegen oder Existieren von Dingen einer bestimmten Art. Eine entsprechende Erklärung zu (4-20) würde dann nicht nur über die Anwendungsbedingungen des Ausdrucks ‚Flussdelta‘ informieren, sondern gleichzeitig erläutern, *warum* Flüsse in ihrem Mündungsgebiet den beschriebenen, charakteristischen Zustand aufweisen (was die Ursache dafür ist). In der Praxis kommt es nicht selten vor, dass wir Erklärungen miteinander verbinden, die unter verschiedene Begriffe fallen – ein Umstand, der für begriffliche Verwirrung sorgen kann (vgl. auch 4.2.2). Die begriffliche Explikation ermöglicht hier die Unterscheidung. Bedeutungserklärungen sollen dem hier entworfenen Begriff nach einzig die Anwendungsbedingungen von Ausdrücken betreffen und damit letztlich einzig Wissen über Bezeichnungskonventionen vermitteln. Damit ist auch die Möglichkeit ihrer Rechtfertigung gegeben: Es ist zu zeigen, dass die angegebene Bedeutung dem Konsens der Sprechergemeinschaft entspricht.

(4-21) illustriert Aufforderungen zu Erklärungen derjenigen Art, der Dray unter dem Titel der Erklärung durch Klassifikation („*explanation-by-concept*“, Hempel 1965, 453) eine entscheidende Rolle in der Geschichtswissenschaft beimisst. Dray zufolge liegt eine solche Erklärung in einer „*satisfactory classification*“,¹⁹⁷ einer „*collection of happenings or conditions, x, y and z*“ mit der allgemeinen Form „*x, y and z amount to a Q*“.¹⁹⁸ Gegeben das (durch Dray inspirierte) Beispiel (4-21) könnten bestimmte Ereignisse in dem Land *als* soziale Revolution („*as a social revolution*“¹⁹⁹) erklärt werden. Hempel hat dafür argumentiert, dass der Gehalt sol-

¹⁹⁷ Dray „*Explaining What‘ in History*“ (1959), 404, zitiert nach Hempel 1965, 454.

¹⁹⁸ Dray „*Explaining What‘ in History*“ (1959), 406, zitiert nach Hempel 1965, 454.

¹⁹⁹ Dray „*Explaining What‘ in History*“ (1959), 403, zitiert nach Hempel 1965, 454.

cher (vermeintlicher) Erklärungen durch Klassifikation eigentlich in einer Voraussage besteht, genauer in

„[the] suggestion of a diagnosis or interpretation to the effect that the particular changes [...] [in the country, JK] [are] early manifestations of a larger process [namely social revolution, JK] whose different phases are not associated coincidentally, but with some inevitability“ (Hempel 1965, 455).

Aufgrund der These von der strukturellen Symmetrie zwischen DN/IS-Erklärungen und Vorhersagen (vgl. 2.3.2) sind solche Erklärungen für Hempel nichts anderes als normale DN/IS-Erklärungen (ebd.). Im Rahmen meiner Rekonstruktion sind die vermeintlich eigenständigen Erklärungen durch Klassifikation auf Genese-Erklärungen reduzierbar, wie eine Betrachtung dessen zeigt, was wir bei der Befolgung einer Aufforderung wie (4-21) eigentlich tun. Wenn die Klassifikation als soziale Revolution eine Erklärung sein soll, dann muss den Gesprächsteilnehmern klar sein, was unter einer sozialen Revolution zu verstehen ist. Eine solche mag darin bestehen, dass es in einer bestimmten politischen und kulturellen Situation einer Gesellschaft zu wiederholten, sich vermehrenden und kontextuell zunächst vielleicht außergewöhnlich erscheinenden Handlungen von Personen bestimmter Interessengruppen kommt. Diese Handlungen sind vor dem Hintergrund der Interessen und Überzeugungen jener Gruppen natürlich verständlich. Sie finden wachsende positive Resonanz in Institutionen des Landes, etwa in Form von Gesetzesänderungen, aber auch in Form von zunehmender Akzeptanz gewisser Bräuche oder Argumentationsmuster bei großen Teilen seiner Einwohner. Auch dies geschieht vor dem Hintergrund bestimmter Überzeugungen und Interessen, die von vielen Einwohnern des Landes geteilt werden, sonst würde es schließlich zu einer entsprechenden positiven Resonanz nicht kommen. Wenn wir erklären, dass in dem Land gerade eine soziale Revolution stattfindet, haben wir eine bestimmte Menge solcher Ereignisse – die sich letztlich als Handlungen darstellen lassen – vor Augen. Wir stellen einen Zusammenhang zwischen ihnen her, indem wir auf geteilte Überzeugungen und Interessen verweisen, die zu diesen Handlungen geführt haben (und die zum Zeitpunkt der Erklärung noch zu ähnlichen Handlungen führen). Mit der Klassifikation geben wir also eigentlich – so meine Argumentation – eine Menge von Genese-Erklärungen durch Handlungsbegründung.²⁰⁰ Man hätte vielleicht einige dieser Entwicklungen vorhersehen können und kann vielleicht einige der noch anstehenden Entwicklungen (Geschehnisse) vorhersagen. Ob dies der Fall ist oder nicht, ändert auf

²⁰⁰ Die *explanandum*-Sachverhalte sind dabei i.d.R. im weiteren Sinne partikuläre Sachverhalte (vgl. 1.1.2): Es wird eine Begründung für bestimmte Handlungen gegeben, die Teilnehmer einer gewissen Gruppierung in einem gewissen Land vollzogen haben oder vollziehen. Vgl. hierzu auch meine Randbemerkung zu Erklärungen für das Dasein von sozialen Institutionen in 4.1.1.

der Grundlage meiner soeben gegebenen Analyse des Beispiels jedoch nichts an der Tatsache, dass durch die Klassifikation eine Menge (nicht ganz expliziter) Erklärungen durch Handlungsbegründung gegeben wird.

Analog können wir in jedem Fall verfahren, in welchem Handlungen ‚auf einen Begriff gebracht‘ (klassifiziert) werden. Angesichts eines Seilbaggers etwa, der eine Stahlmasse gegen ein Haus schlagen lässt, könnte ein Kind eine Erklärung dafür erfragen, was dort geschehe. Das Geschehnis könnte als Abriss klassifiziert werden. Weiß das Kind, was der Abriss eines Hauses bedeutet (diese Voraussetzung wird bei den (vermeintlichen) Erklärungen durch Klassifikation immer gemacht), dann wurde ihm durch jene Erklärung also Wissen darüber vermittelt, was der Zweck jenes Baggereinsatzes ist und was die relevanten Überzeugungen der Handelnden sind.

Vermeintliche Erklärungen durch Klassifikation, die mit der Partikel ‚was‘ eingefordert werden, gibt es nicht nur im Bereich des Handelns. Man betrachte folgendes Beispiel: Bei dem plötzlichen und ruckartigen Wackeln der Wände und Böden eines Hauses, lässt sich mit der Partikel ‚was‘ zu folgender Erklärung auffordern:

4-22) Bitte erkläre, was hier passiert!

Natürlich ist es keine Erklärung, dieser Aufforderung durch die Information nachzukommen, dass die Wände und Böden des Hauses ruckartig gewackelt haben. Eine befriedigende Antwort würde vielmehr besagen, dass ein Erdbeben stattfindet. Dabei handelt es sich aber um eine versteckte Genese-Erklärung durch Ursachenangabe: Das Wackeln der Wände und Böden wird als Wirkung eines Erdbebens ausgewiesen, nicht etwa als Wirkung der Bearbeitung des Hauses mit einer Abrissbirne.

Erklärungen durch Klassifikation können offenkundig – so lässt sich festhalten – auf Genese-Erklärungen (jeweils passender Unterart) reduziert werden (vgl. Tab. 3). Ich folge Hempel also darin, Erklärungen durch Klassifikation als reduzierbar anzusehen, obgleich sich mein Argument darauf stützt, dass der Gehalt solcher Erklärungen als Gehalt von Genese-Erklärungen zu identifizieren ist, und nicht auf die Eigenschaft der erklärenden Aussagen, als Vorhersagen dienen zu können. Das durch die Genese-Erklärungen vermittelte Wissen wird natürlich oft zu Vorhersagen über weitere Ereignisse dienen können.

Tab. 2: Übersicht über die Erklärungen zu Warum-Fragen. Bei GEU, Allgemeinen Kausalerklärungen und Erklärungen von Kausalrelationen handelt es sich um Kausalerklärungen.

Art der Erklärung	Erklärung verlangende Frage (<i>explanandum</i>)	Erklärung (<i>explanans</i>)	Anmerkung zu Zweck und Rechtfertigung	
Genese-Erklärung für das Bestehen eines Sachverhalts (als Tatsache)	Warum besteht Sachverhalt A? (Aussage A hat – im Fall der Erklärung einer partikulären Tatsache – die Form ‚a ε P‘)	Sachverhalt A besteht, weil Sachverhalt B besteht/bestand	<i>Zweck:</i> Das Wissen, dass A wegen B und nicht wegen einer anderen Tatsache B‘ besteht, fördert eine adäquate Reaktion auf das Bestehen von A; <i>Rechtfertigung:</i> durch Rechtfertigung von Aussage B; des Weiteren je nach Unterart	
	durch Handlungsbegründung	Aussage A schreibt einem Akteur a einen Handlungsprädikator P zu	Aussage B schreibt a bestimmte Überzeugungen und Zwecke zu	<i>Rechtfertigung:</i> Ist P – gegeben diese Überzeugungen – ein geeignetes Mittel zur Erreichung dieser Zwecke?
	durch Handlungsangabe	Aussage A schreibt einem Gegenstand a einen Zustands-/Ereignisprädikator P zu	Aussage B schreibt Vollzug einer Handlung zu, deren Ergebnis/analytische Konsequenz A ist	<i>Rechtfertigung:</i> Klärung der verwendeten Prädikatoren und Demonstration von $B \rightarrow A$
	durch Ursachenangabe (GEU)		Aussage B drückt ein Ereignis/einen Zustand aus, dessen Eintreten Ursache von A war	<i>Rechtfertigung:</i> Verweis auf kausales Gesetz $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ (wobei gilt: durch B war S_1 , durch A war S_2 instanziiert), sowie Zusatznachweise (vgl. 4.1.1)
Allgemeine Kausalerklärung	Warum treten überhaupt manchmal Zustände/Ereignisse des Typs S ein?	Kausales Gesetz $\forall t((t - \tau) \in S_1 \rightarrow t \in S)$, bzw. alle kausalen Gesetze, deren Sucedens $t \in S$ impliziert.	<i>Zweck:</i> Allgemeines Manipulations- und Vorhersagewissen; <i>Rechtfertigung:</i> praktisch (siehe Kap. 3.1.3) oder durch Ableitung aus allgemeinerem Kausalgesetz	
Erklärung einer Kausalrelation	Warum besteht die im Kausalgesetz $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_n)$ ausgedrückte Kausalrelation?	Sequenz kausaler Gesetze $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau_1) \in S_2)$, $\forall t(t \in S_2 \rightarrow (t + \tau_2) \in S_3), \dots$, $\forall t(t \in S_{n-1} \rightarrow (t + \tau_{n-1}) \in S_n)$ (mit $\sum_{i=1}^{n-1} \tau_i = \tau$)	<i>Zweck:</i> Allgemeines Manipulations- und Vorhersagewissen, bzw. Verfeinerung dieses Wissens; <i>Rechtfertigung:</i> siehe Allgemeine Kausalerklärung	

Tab. 3: Übersicht über die Erklärungen zu Wie- und Was-Fragen (reduzierbare Erklärungsarten grau unterlegt)

Art der Erklärung	Erklärung verlangende Frage (<i>explanandum</i>)	Erklärung (<i>explanans</i>)/Anmerkung zur Reduktionsbasis	Anmerkung zu Zweck und Rechtfertigung
Verfahrens- erklärung	Wie erreicht man diesen und jenen Zweck?	Verfahrensangabe (etwa durch ein Normensystem)	<i>Zweck:</i> Vermittlung von Handlungswissen; <i>Rechtfertigung:</i> Klärung verwendeter Ausdrücke (analytische Normen) und Anführen von Kausalwissen (synthetische Normen)
Maschinen- funktions- erklärung	Wie funktioniert diese Maschine?	Bauplan und Information darüber, wie die Teile nach Inbetriebnahme zusammenwirken, sodass das Leistungsereignis eintritt (reduzierbar auf Erklärung einer Kausalrelation)	<i>Zweck:</i> Nachkonstruktion, Störungsbeseitigung, Leistungssteigerung der Maschine
Bedeutungs- erklärung	Was ist (ein) P?/ Was bedeutet der Ausdruck P?	Angabe der Bedeutung/ der Anwendungsbedingungen des Ausdrucks	<i>Zweck:</i> Gelingende Verwendung des Ausdrucks, gelingendes Sprechen; <i>Rechtfertigung:</i> Bedeutungsangabe muss Konsens der Sprechergemeinschaft entsprechen
Erklärung durch Klassifikation	Was für ein Ereignis machen diese und jene Tatsachen aus?	Klassifikation der Tatsachen mittels bekanntem Prädikator P, wodurch sie als Wirkungen von Ursachen, als Ergebnisse/Konsequenzen von Handlungen oder selbst als begründete Handlungen/Handlungsvollzüge identifiziert werden können (reduzierbar auf Genese-Erklärung)	<i>Zweck:</i> Siehe Genese-Erklärungen

4.1.3 Anmerkungen zu den lebensweltlichen Erklärungs Begriffen

In 4.1.1 und 4.1.2 habe ich ausgehend von den verschiedenen Möglichkeiten, ein Erklärungs-sprachspiel zu eröffnen, unterschiedliche Arten lebensweltlichen Erklärens unterschieden und gegebenenfalls auf ihre Reduzierbarkeit hingewiesen. Bevor ich erörtere, welche dieser Erklärungsarten in der Physiologie Anwendung finden können, möchte ich die Entwicklung dieser lebensweltlichen Erklärungs begriffe noch mit einigen charakterisierenden Anmerkungen versehen.

Erstens illustrieren alle Beispiele, dass Erklären Sprachhandeln ist. Lediglich die Verfahrenserklärungen scheinen auch nichtsprachlich ablaufen zu können. So könnte die Aufforderung zur Erklärung des Gebrauchs einer Bohrmaschine auch schlicht im Vormachen bestehen. Abgesehen davon, dass solche Demonstrationen aber in der Regel sprachlich ergänzt werden („Du musst drücken, wenn du die Maschine gegen die Wand hältst“, etc.), *können* sie auch sprachlich formuliert werden. Die einzigen Handlungen, deren Vollzug nicht mehr sprachlich erklärt werden kann, die also nur durch Demonstration gelehrt werden können, sind – im Rahmen der von mir vertretenen Konzeptualisierung – Basishandlungen (vgl. 1.1.1). In Bezug auf diese verwenden wir aber auch nicht mehr den Begriff der (Verfahrens-)Erklärung (wir *erklären* nicht, sondern *zeigen*, wie man eine Faust ballt).

Meine zweite Anmerkung betrifft Eigenschaften des Begriffs der Erklärung in meiner Konzeptualisierung. Wenn Erklären als Sprachhandeln begriffen wird, lassen sich Erklärungen als Ergebnisse dieser Sprachhandlungen charakterisieren, die etwa in Form eines Texts vorlegt werden können. Der Ausdruck ‚Erklärung‘ ist dabei meiner Ansicht nach ein Abstraktor, eine Erklärung also ein Abstraktum. Gemäß dem in Abschnitt 1.1.2 eingeführten Begriff der Abstraktion bedeutet das, dass man verschiedenen Aussagen bzw. Aussagenfolgen zuschreiben kann, *dieselbe* Erklärung zu repräsentieren. Hierdurch werden wir einer vertrauten Redeweise gerecht:

4-23) Ich fragte Anna nach einer Erklärung, und sie gab mir die gleiche Erklärung, die auch du mir gegeben hast.

Um was für eine Äquivalenzrelation es sich handelt, invariant zu der der Bezug auf zwei Aussagen oder Aussagensequenzen als Bezug auf die gleiche Erklärung angesehen werden kann, richtet sich nach der jeweiligen Erklärungsart. Im Fall der Genese-Erklärungen ist dies beispielsweise offensichtlich: Zwei Aussagen, B und C, drücken dieselbe Genese-Erklärung für

das Eintreten eines Sachverhalts A aus, wenn die Aussagen B und C den gleichen Sachverhalt ausdrücken, wenn sie also invariant in Bezug auf analytische Äquivalenz sind (vgl. 1.1.2). Zwei Allgemeine Kausalerklärungen $\forall t(t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S)$ und $\forall t(t \in S_1' \rightarrow (t + \tau) \in S)$ drücken – so mein Vorschlag – die gleiche Erklärung aus, wenn die Aussagen $t \in S_1$ und $t \in S_1'$ analytisch äquivalent sind. Für Erklärungen von Kausalrelationen gilt dann Entsprechendes. Bei Salmon findet sich an manchen Stellen eine ähnliche Auffassung zu Erklärungen als Abstrakta. Zumindest vertritt er sie in seiner Diskussion von van Fraasens Analyse von Erklärungen als Antworten auf Warum-Fragen:

„It is important to be clear at the outset that questions and answers are abstract entities – they are *not* sentences in any language. The linguistic entity that corresponds to a question is an interrogative sentence; an interrogative sentence poses a question, but the question is not identical with the sentence. In this respect, questions are abstract entities in the same way that propositions are abstract entities. Different sentences may express the same proposition“ (Salmon 1984, 102).

Meine dritte Anmerkung dient einer abschließenden Festlegung auf die Art des logischen Subjekts des Ausdrucks ‚erklären‘. In 2.3.2 lehnte ich Cravers Position ab, dass Ausdrücke, die auf materielle Körper oder Ereignisse referieren, diese Rolle übernehmen können. Denn diese Ansicht stand in Widerspruch zu unseren Erklärungssprachspielen. Ähnlich ist es um die gelegentlich verwendete Zuschreibung des Prädikators ‚erklären‘ an Aussagen (etwa an einen Text) bestellt, die eine Erklärung ausdrücken („Diese Aussagen erklären ...“). Denn diese Zuschreibung dient offensichtlich keiner anderen Information als eben derjenigen, dass die adressierten Aussagen eine Erklärung *ausdrücken*. Dagegen benutzten wir den Ausdruck ‚erklären‘ in vielen anderen Weisen, die seinem Zusprechen an *Aussagen* (anstelle von Personen) widerstreiten: Man kann jemanden dazu *auffordern*, etwas zu erklären, man kann jemanden beim Erklären *unterbrechen* und man kann *versuchen*, etwas zu erklären. Ich verstehe ‚erklären‘ also ausschließlich als Handlungsprädikator, und jene andere Verwendungsweise als eine potenziell täuschende, verkürzte Redeweise.²⁰¹

Zuletzt – und im Kontext meiner Arbeit besonders zentral – möchte ich anmerken, dass sich in der Übersicht über lebensweltliche Erklärungen keine Erklärungsart findet, die den KME gleicht. Den Mechanisten zufolge wird ein Ereignis durch eine KME erklärt, indem ein zugrunde liegender Mechanismus, also eine Menge zeitgleich ablaufender, kausal verbundener Ereignisse angegeben wird, die ein räumlicher Teil des *explanandum*-Ereignisses sind und zu diesem in einer besonderen Beziehung der Konstitution stehen. Erklärt werde dadurch, *wie*

²⁰¹ Siehe zu dieser Diskussion auch v. Fraassen 1980, 100.

das *explanandum*-Ereignis hervorgebracht wird, wobei jede KME eines partikulären Ereignisses eine Spezifizierung einer allgemein formulierten KME ist (vgl. 2.2.1). Am nächsten kommt dieser Vorstellung von Erklärung die lebensweltliche Erklärungsart der (allgemein formulierten) Maschinenfunktionserklärung („Wie funktionieren Wasseruhren dieser Art/dieses Bautyps?“). Denn diese könnten in Analogie zu den KME auch durch die Frage „Wie bringt diese Maschine bzw. bringen Maschinen dieser Art ihre spezifische Leistung hervor?“ eingefordert werden, obgleich dadurch die zentrale Tatsache unberücksichtigt gelassen würde, dass es immer *jemanden* gibt, der das Leistungsereignis durch eine Handlung der Inbetriebnahme verursacht – und die Berücksichtigung dieser Tatsache ist entscheidend für die Einsicht der begrifflichen Reduzierbarkeit von Maschinenfunktionserklärungen auf Erklärungen von Kausalrelationen. Tatsächlich lassen sich die Gegenstände, die die Mechanisten als KME konzeptualisieren, in meiner Konzeptualisierung als Maschinenfunktionserklärungen begreifen, die für Maschinen-Modelle von biologischen Gegenständen formuliert werden, was sie letztlich zu modellgestützten Erklärungen von Kausalrelationen macht (vgl. Kap. 5.3). Einfach so kann der Begriff der Maschinenfunktionserklärung allerdings ebenso wenig zur Erklärung von Geschehnissen an biologischen Untersuchungsgegenständen angewendet werden wie der Begriff der Tatsachen-Erklärung durch Handlungsbegründung zur Erklärung des Ereignisses eines Schneesturms. Denn ich setzte als unstrittig voraus, dass Lebewesen keine Maschinen sind.

Abseits der Maschinenfunktionserklärungen sehe ich hingegen keine Möglichkeit für die Begründung der KME in einer lebensweltlichen Erklärungsart. Denn unter Absehung von Maschinenfunktionserklärungen sowie von den (wissenschaftlichen) Erklärungen, die eine Assoziation zwischen dem Verhalten eines Lebewesens und dem kausalen Zusammenhang zwischen einigen seiner durch Zergliederung erzeugbaren Teile herstellen, lassen sich lebensweltliche Erklärungsaufrorderungen, die auf die Ausführung der raumzeitlichen Teilereignisse eines *explanandum*-Ereignistyps zielen, meinem Ermessen nach immer als Aufforderungen zu Erklärungen der übrigen in Tab. 2 und 3 (vgl. 4.1.2) aufgelisteten Arten begreifen. Dies gilt auch, wenn dabei die raumzeitlichen Teilereignisse mit dem bildungssprachlichen Ausdruck ‚Konstituenten‘ adressiert werden. Wenn es sich bei den Teilereignissen um Handlungen handelt, ist eine Rekonstruktion als Verfahrenserklärung oder Bedeutungserklärung möglich, wie in der Frage nach den Schritten zur Konstruktion eines rechtwinkligen Dreiecks – der Frage danach, welche Schritte die Konstruktion *konstituieren* –, oder in der Frage nach den üblichen Ereignissen einer sozialen Revolution (vgl. bspw. 4.1.2) – der Frage danach, was eine soziale Revolution *konstituiert*, was sie *ausmacht*. Erklärungen, die einen Ereignistyp betreffen und

im Anführen von raumzeitlichen Teilereignissen bestehen, die keine Handlungen sind, können m.E. ebenfalls als Bedeutungserklärungen oder als Erklärungen für Kausalrelationen rekonstruiert werden, wobei letztere häufig in Verbindung mit Allgemeinen Kausalerklärungen gegeben werden. Es ließe sich beispielsweise eine Erklärung für einen Tsunami verlangen, wobei auf Wissen darüber abgezielt wird, was einen Tsunami *konstituiert*. Eine zufriedenstellende Erklärung enthielte Verweise auf eine bestimmte Art des Seebebens, die Bewegungen der darüber liegenden Wassersäule, die dadurch verursachte Ausbreitung von Wellen im Wasser und deren spezifische Veränderung in flachen Gewässern (Zuwachs der Wellenhöhe, Abnahme der Ausbreitungsgeschwindigkeit, usf.). Diese Erklärung ist verstehbar als Verbindung einer Allgemeinen Kausalerklärung für Tsunamis, bzw. die charakteristischen Überschwemmungen von Küstengebieten (als Erklärung wird etwa auf Seebeben verwiesen), und einer Erklärung für diese Kausalrelation (das Anführen der gerade skizzierten vermittelnden Ereignisse). Es sind aber auch Fälle denkbar, in denen eine Erklärung auf verschiedene Ereignisse Bezug nimmt, um dadurch die Anwendungsbedingungen für einen Ausdruck zu klären, der ein komplexes Ereignis bezeichnet, wobei die gegebenenfalls kausale Verbindung dieser Teilereignisse im Hintergrund steht (etwa in der Bedeutungserklärung der Bezeichnungen für verschiedene Formen von Lawinen, wie Fließlawinen, Lockerschneelawinen, Schneebrettlawinen, Staublawinen, usf.). In der Praxis werden Erklärungen der letzteren Art vermutlich selten gegeben, ohne gleichzeitig auch über Verursachungszusammenhänge zu informieren. Dass dies aber prinzipiell möglich ist, ist für meine Argumentation an dieser Stelle ausreichend.

Mir fallen keine weiteren Fälle von lebensweltlichen Erklärungen ein, die doch zur lebensweltlichen Rekonstruktion des Begriffs der KME taugen.²⁰² Da im Rahmen meiner Konzeptualisierung die Begriffe wissenschaftlichen Erklärens bis auf etwaige Spezifizierungen, die aus besonderen Ansprüchen der Wissenschaft folgen, mit Begriffen lebensweltlichen Erklärens identisch sein müssen, sehe ich im Rahmen meiner Konzeptualisierung folglich keinen Platz für KME.

²⁰² Dass es etwas, was keinen Widerspruch in sich schließt, *nicht* gibt, kann natürlich nicht bewiesen werden. Die Beweislast liegt hier aber eindeutig bei demjenigen, der behauptet, es gäbe eine lebensweltliche Grundlage der KME, die nicht mit den Maschinenfunktionserklärungen identisch ist.

4.2 Grundlagen physiologischen (wissenschaftlichen) Erklärens

Nach meinem in Kap. 1 entwickelten Ansatz muss sich wissenschaftliches Erklären als lebensweltliches Erklären ausweisen lassen, das gegebenenfalls um Restriktionen ergänzt ist, die aus besonderen Ansprüchen der Wissenschaftlichkeit folgen. In 4.2.1 möchte ich darlegen, in welchem Sinne des lebensweltlichen Erklärens man auch von wissenschaftlichem Erklären in der Physiologie sprechen kann, wobei ich unter Physiologie eine Praxis begreife, die dem bisherigen Stand meiner Rekonstruktion entspricht. Es lassen sich auf diese Weise drei Arten wissenschaftlicher Erklärung unterscheiden, von denen sich ferner zeigen lässt, dass sie nicht mit den wissenschaftlichen Erklärungen der Mechanisten identisch sind.

In 4.2.2 und 4.2.3 möchte ich die insgesamt drei in 4.2.1 vorgestellten Begriffe wissenschaftlicher Erklärung noch etwas detaillierter betrachten, indem ich sie gegen Einwände verteidige, die in der Literatur gegen bestimmte Konzeptualisierungen von Erklärungen vorgebracht wurden. In Abschnitt 4.2.2 werde ich die lebensweltlich sehr natürlich erscheinende Ansicht kritisieren, dass Erklärungen empfängervariant sind, dass also unterschiedlichen Empfängern für dasselbe *explanandum* unterschiedliche Erklärungen zu geben sind. Ich diskutiere diese Frage, um einer falschen Assoziation meines pragmatistischen Ansatzes mit dem sog. pragmatischen Erklärungsverständnis vorzubeugen, demzufolge die These von der Empfängervarianz korrekt ist. Die neuere wissenschaftstheoretische Diskussion um den Begriff wissenschaftlicher Erklärung wurde wesentlich durch kritische Einwände am DN/IS-Begriff der Erklärung inspiriert. In 4.2.3 werde ich die von mir entwickelten wissenschaftlichen Erklärungsbegriffe gegen die wichtigsten Einwände verteidigen, die in der Literatur gegen den DN/IS-Begriff der Erklärung vorgetragen wurden.

4.2.1 Drei Begriffe physiologischer (wissenschaftlicher) Erklärung

Da Physiologie nach Kap. 3.2 wesentlich in der Erzeugung von (generellem) Kausalwissen besteht, kommen die drei Erklärungsarten, in denen es um Ursachenwissen geht (vgl. Tab. 2 in 4.1.2), als lebensweltliche Vorlagen für die Konzeptualisierung physiologischer Erklärungen in Frage. Die Restriktionen für die wissenschaftlichen Fassungen Allgemeiner Kausalerklärungen und wissenschaftlicher Erklärungen von Kausalrelationen sind trivial: Erklärungen dienen der Wissensvermittlung – in wissenschaftlichen Erklärungen der genannten beiden Arten ist also wissenschaftliches Wissen zu vermitteln. Die zu Erklärungszwecken angeführten Kausalgesetze müssen dazu entweder selbst wissenschaftliche Kausalgesetze sein oder sie

müssen als Spezialfälle von solchen ausgewiesen, also mittels wissenschaftlicher Kausalgesetze gerechtfertigt werden können.

GEU lassen sich etwas weniger offensichtlich als potenziell wissenschaftliche Erklärungen einstufen, da mit ihnen kein allgemeines Ursachenwissen vermittelt wird. Dennoch kann über die Geltung einer GEU allein wissenschaftlich entschieden werden, das in ihr ausgedrückte Wissen also einzig und vollständig wissenschaftlich fundiert sein. In solchen Fällen – es handelt sich um die Fälle, in denen das zur Rechtfertigung dienende Kausalgesetz ein wissenschaftliches Kausalgesetz ist – ließe sich daher auch von wissenschaftlichen GEU sprechen.

Genese-Erklärungen durch Handlungsbegründung und Genese-Erklärungen durch Handlungsangabe (vgl. Tab. 2 in 4.1.2) könnten eine Rolle in der Anwendung verhaltensbiologischen bzw. tierpsychologischen Wissens spielen, letztere etwa, wenn das Bestehen einer Tatsache dadurch erklärt wird, dass sie Ergebnis oder analytische Konsequenz tierischen Handelns ist. Der wissenschaftliche Charakter läge dann darin, dass die Handlungszuschreibung auf Grundlage einer wissenschaftlichen Klassifikation und Untersuchung des tierischen Handelns geschieht. Da diese Fälle im Kontext meiner Arbeit aber nicht relevant sind, werde ich sie nicht weiter beachten.

Auch die Bedeutungserklärungen (vgl. Tab. 3 in 4.1.2) kommen nicht als wissenschaftliche Erklärungen in Betracht. Denn obgleich die Bedeutung wissenschaftlicher Ausdrücke erklärt werden kann, ist das dabei vermittelte Wissen kein (im hier relevanten Sinne) wissenschaftliches Wissen, da es kein Kausalwissen ist. Wie ich in 4.1.2 betonte, wird in Bedeutungserklärungen letztlich Wissen über Bezeichnungskonventionen vermittelt, wenn auch oft in Verbindung mit anderem Wissen (etwa Kausalwissen), welches jedoch oft (obgleich nicht zwingend) als Antwort auf eine weitere, von der Aufforderung zur Bedeutungserklärung verschiedene Erklärungsaufforderung begriffen werden kann. Vermutlich bieten hier Bedeutungserklärungen für wissenschaftliche Prädikatoren, die kausale Dispositionen bezeichnen, die größte Gefahr der Verwirrung. Der im zellbiologischen Kontext formulierten Aufforderung nach einer Erklärung dafür, was Kompetenz ist, ließe sich durch folgende Aussagen nachkommen: ‚Kompetenz ist die Fähigkeit einer Zelle, DNA aus dem sie umgebenden Medium aufzunehmen. Insbesondere einige Bakterien sind dazu in der Lage‘. Dass der Erklärende die zweite Aussage anfügt, wird in der Tatsache gründen, dass die Kompetenz von Bakterien in der Biologie und Biotechnologie besonders relevant ist, da kompetente Bakterien dazu gebracht werden können, hochfrequent Protein zu in Lösung gegebener – und daraufhin von ihnen aufgenommener – DNA zu produzieren (auf diese Weise lassen sich sehr kostengünstig Proteine herstellen). Für die Bedeutung des Ausdrucks ‚Kompetenz‘ ist das aber gleichgültig: Dass die

kausale Disposition tatsächlich irgendeinem Gegenstand zukommt, ist bereits eine Zusatzinformation zur Definition (nach Definitionsschema (3-6), vgl. 3.1.3), zur Bedeutungserklärung des Dispositionsprädikators. Diese Zusatzinformation vermittelt im Beispielfall wissenschaftliches Wissen (obgleich kein Wissen, das in dieser Form als Erklärung eines weiteren *explanandum* gewertet werden kann). Denn sie besagt, dass eine kausale Regularität zwischen dem Lösen von DNA (in passenden Bedingungen) und dem Aufnehmen der DNA durch die in Lösung befindlichen Entitäten einer gewissen Klasse tatsächlich vorliegt. Für das Verständnis des Ausdrucks ‚Kompetenz‘ ist diese Information unerheblich.

Eine Verfahrenserklärung – die letzte Kandidatin der nicht reduzierbaren Erklärungsarten (vgl. Tab. 3 in 4.1.2) – gibt Handlungsnormen an. Bei Handlungsnormen handelt es sich ebenfalls nicht um wissenschaftliches Wissen. Zwar können die Kausalgesetze, durch die synthetische Normen gerechtfertigt werden, wissenschaftliche Gesetze bzw. Spezialfälle wissenschaftlicher Gesetze sein. Handlungsnormen selbst können jedoch nie solche Spezialfälle sein, da es sich bei Normen um normative, bei wissenschaftlichen Gesetzen hingegen nicht um normative Sätze handelt (vgl. 1.1.3). Im Gegensatz zu den drei Arten kausaler Erklärung kann Verfahrenserklärungen daher nicht zugeschrieben werden, wissenschaftliches Wissen zu vermitteln bzw. einzig wissenschaftlichen Gehalt zu besitzen.

Wie in 4.1.3 angemerkt, wird im Rahmen meiner Konzeptualisierung den Maschinenfunktionserklärungen noch ein besonderer Status in der Physiologie zuerkannt werden (siehe Kap. 5). Die Verwendung dieser Erklärungen ist auf der Grundlage des Arbeitens mit Maschinenmodellen ein theoretisch unproblematischer Schritt, da sie sich unmittelbar nur auf diese Modelle beziehen (der weniger triviale Punkt liegt in der Klärung des Verhältnisses von Lebewesen und Maschinen-Modellen von bzw. für Lebewesen, siehe hierzu Kap. 5). Da es sich bei ihnen um Erklärungen von Kausalrelationen handelt, veranlassen sie keine Erweiterung der Liste der genuinen physiologischen Erklärungsbegriffe.

Die drei genuinen Formen physiologischen Erklärens ließen sich prinzipiell auch durch die explizite Angabe von Normen normieren. Da das zentrale Merkmal dieser drei Begriffe wissenschaftlichen Erklärens schlicht in der Angabe von singulärem oder generellem wissenschaftlich gestütztem Ursachenwissen besteht, sind diese Normierungen ziemlich einfach. Die Normen beispielsweise, die befolgt werden müssen, um eine wissenschaftliche GEU für das Eintreten eines Sachverhalts A zu erzeugen, würden schlicht fordern, die Ursache B für das Eintreten von A anzugeben, wobei sich die Aussage der Verursachung von A durch B mit einem wissenschaftlichen Gesetz rechtfertigen lassen muss (s.o.). Es ließen sich dann zusätzliche (Sub-)Normen angeben, die die Überführung der Aussagen in eine einheitliche logische

Form betreffen. Dieser Befund der ‚Trivialität‘ des Erklärens passt zu der Tatsache, dass im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert Unsicherheit darüber herrschte, ob durch die Wissenschaften überhaupt etwas erklärt wird.²⁰³ Für eine aufwendige Praxis wie die des Experimentierens (die auch in einem entsprechend umfangreichen Normensystem zu normieren ist, vgl. Box 5 in 3.1.3) bestand eine solche Unsicherheit nicht.

Wie verhalten sich die Begriffe der drei nicht-reduzierbaren wissenschaftlichen Erklärungen zu den Begriffen wissenschaftlicher Erklärung, die die Mechanisten entwerfen? Da sich für KME kein lebensweltliches Analogon finden ließ (und sie ferner unter keinen Begriff der hier bestimmten wissenschaftlichen Erklärung fallen), bleibt nur noch der Begriff der ÄME zu prüfen. Diesem zufolge sind Erklärungen Beschreibungen von Mechanismen. Der Begriff der ÄME ist definitiv nicht mit den Begriffen der wissenschaftlichen Allgemeinen Kausalerklärung oder der wissenschaftlichen Erklärung von Kausalrelationen identisch. Denn Erklärungen dieser Art bestehen in konditionalen Gesetzesaussagen, die über Zeitpunkte allquantifizieren und somit keine potenziellen Beschreibungen abgeben. ÄME sind aber ebenfalls nicht als GEU zu bezeichnen. Erstens sind Mechanistische Erklärungen *allgemein* formulierte Erklärungen, die zum Zweck der Anwendung spezifiziert werden (vgl. 2.2.2). In GEU geht es dagegen ausschließlich um individuelle Sachverhalte, Sachverhalte also, die zu einer bestimmten Zeit vorliegen. Zweitens wird in GEU Wissen über *die* Ursache des eingetretenen Sachverhalts vermittelt, nicht aber Wissen über einen ‚Mechanismus‘. Drittens ist das in GEU vermittelte Wissen kein Beschreibungswissen, da der entscheidende Punkt einer GEU darin liegt, dass das Eintreten eines Sachverhalts B die *Ursache* für einen Sachverhalt A war. Solch konkretes Ursachenwissen ist Wissen, das *erschlossen* wird (durch die oben genannte Rechtfertigungsprozedur für GEU). Die Rechtfertigung dieses Wissens muss also sprachlich verlaufen, während die Rechtfertigung von Beschreibungswissen praktisch verlaufen muss (siehe 1.1.3). Selbstverständlich kann im Rahmen einer GEU der Verweis auf die Ursache eine Beschreibung von Dingen beinhalten. Aber der entscheidende Punkt einer GEU besteht darin, dass die Tatsache, die durch eine solche Beschreibung ausgedrückt wird, als Ursache des Eintretens der *explanandum*-Tatsache identifiziert wird.

Es mag der Eindruck entstehen, dass ÄME eine Art ‚erzählerische‘ Variante der Erklärungen von Kausalrelationen sind. Tatsächlich können sie so interpretiert werden, wenn man einen weiteren Begriff – einen bestimmten Begriff des wissenschaftlichen Modells – in die Konzeptualisierung integriert (vgl. Kap. 5). Diese Interpretation wird es auch gestatten, den Begriff der Beschreibung aus der ÄME-Definition zu entfernen. Wie die Gegenstände, die in der Me-

²⁰³ Vgl. zu dieser Einschätzung etwa Salmon 1984, 4f.

chanistischen Konzeptualisierung unter den Begriff der KME fallen, werden auch die unter den Begriff der ÄME fallenden Gegenstände in meiner Konzeptualisierung als modellgestützte Maschinenfunktionserklärungen rekonstruierbar sein. Auf dem bisherigen Stand der Reflexionen, welche noch nicht auf wissenschaftliche Modellbegriffe Bezug nehmen kann, sind die beiden Begriffe Mechanistischer Erklärung *nicht* rekonstruierbar.

4.2.2 Zur These der Empfängervarianz von Erklärungen

In 4.2.2 und 4.2.3 werde ich die drei vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung noch in ausgewählten Hinsichten diskutieren. In 4.2.2 geht es um die Frage, ob wissenschaftliche Erklärungen der von mir vorgeschlagenen Begriffe empfängervariant sind. Die These der Empfängervarianz von Erklärungen kommt in lebensweltlich wohlbekanntem Aussagen wie der folgenden zum Ausdruck:

4-24) Für *dich* mag dies eine Erklärung sein, für *mich* ist es das nicht.

Philosophische Erklärungsverständnisse, denen zufolge die These der Empfängervarianz gilt, denen zufolge gewisse Eigenschaften des Empfängers also darüber (mit-)entscheiden, ob eine Erklärung zufriedenstellend ist oder nicht, werden als pragmatische Erklärungsverständnisse bezeichnet. Hempel schreibt etwa zu Beginn des Kapitels der *Aspects of Scientific Explanation*, in welchem er sich mit den pragmatischen Aspekten des Erklärens befasst:

„[S]omething can be significantly said to constitute an explanation in this [pragmatic, JK] sense only for this or that individual [person, JK]“.²⁰⁴

Da ich meinen philosophischen Ansatz als pragmatistisch bezeichnete, dennoch aber kein pragmatisches Erklärungsverständnis vertrete, werde ich Erklärungsverständnisse dieser Art im Folgenden ‚subjektivistisch‘ nennen. In diesem Sinne subjektivistische Erklärungsverständnisse erlauben eine weitere Unterscheidung der Empfängervarianz: Einerseits werden Erklärungen als variant in Bezug auf die spezifischen Interessen des jeweiligen Empfängers angesehen, andererseits als variant in Bezug auf (andere) persönliche Dispositionen des Empfängers, bei welchen es sich meist um die Disposition handelt, nur bei bestimmten Erklärungen

²⁰⁴ Hempel 1965, 426. Ähnlich macht S. Bromberger den Erfolg jeder Aktualisierung eines Erklärungsschemas abhängig von „individuals or groups of people“, mit denen er die jeweiligen Empfänger der Erklärung meint (Salmon 1989, 38).

gen ein Gefühl der (intellektuellen) Befriedigung zu empfinden. Die subjektivistische Position (SP) lässt sich also wie folgt darstellen:

SP) Ein Teil der Kriterien Γ ,²⁰⁵ die festlegen, ob eine gewisse Aussagenfolge eine Erklärung für ein *explanandum* darstellt, sieht den Bezug auf den Empfänger der Erklärung vor. ‚Erklärung‘ ist somit ein dreiwertiger Prädikator: Eine Aussagenfolge repräsentiert eine Erklärung eines *explanandum* für einen Empfänger E. Der Teil von Γ , der die Empfänger-varianz vorsieht (Γ_{variant}), lässt eine Unterscheidung potenzieller Empfängervarianzen zu:

- (i) Interessen-Varianz: Γ_{variant} fordert bestimmte Interessen des Empfängers E;
- (ii) Personen-Varianz: Γ_{variant} fordert bestimmte persönliche Dispositionen des Empfängers E (meist Dispositionen zu bestimmten Gefühlen).

Ich möchte nun gegen SP(i) und SP(ii) argumentieren. Eine SP im Sinne von SP(i) hat Salmon v. Fraassen zugeschrieben. Letzterer fordere von *explanans*-Kandidaten, dass sie gewisse Kriterien erfüllen, wie etwa, hervorstechend („salient“), das heißt von „pragmatic relevance“ (Salmon 1984, 131) zu sein. In Salmons Interpretation können dabei zwei Fälle von pragmatisch irrelevanten (Teilen von) *explanantes* unterschieden werden: Entweder die zur Erklärung auffordernde Person kennt das *explanans* (bzw. gewisse Teile davon) bereits und ist deshalb nicht interessiert daran, sie nochmals auseinandergelegt zu bekommen, oder sie ist schlicht nicht interessiert an bestimmten Teilen des *explanans* (ebd.). Das Beispiel, welches Salmon anführt, lässt sich gemäß beiden Möglichkeiten interpretieren: Der Unfall eines startenden Flugzeugs (der darin bestand habe, dass das Flugzeug in ein Gebäude jenseits der Startbahn raste) kann für *eine* Person hinreichend dadurch erklärt werden, dass man sie über die Eisbildung an den Flügeln der Maschine informiert. Da Salmon hier eine Kausalerklärung vor Augen hat, müsste man genauer sagen: Das Eintreten des Unfalls lässt sich dadurch erklären, dass das Flugzeug mit vereisten Flügeln startete, denn die Vereisung der Flügel verursacht selbst nicht den Unfall – das vereiste Flugzeug hätte ja auch einfach nie wieder benutzt werden können. Eine *andere* Person könnte die Erklärung hingegen nur als zufriedenstellend ansehen, wenn nicht nur auf das Starten mit vereisten Flügeln verwiesen wird, sondern ferner erklärt wird, dass durch die Vereisung die spezifische Form der Flügel verloren geht, die für das adäquate Abheben der Maschine notwendig ist (ebd.). Die erste Person könnte – Salmons Unterscheidung zufolge – ein Flugzeugingenieur sein, dem der Zusammenhang zwischen der Vereisung der Flügel eines Flugzeugs und dem Unvermögen dieses Flugzeugs, adäquat abzu-

²⁰⁵ Gegebenenfalls indiziertes ‚ Γ ‘ vertritt eine Folge von Aussagen oder Aussagenformen.

heben, vollkommen bekannt ist. Oder es könnte sich um einen Laien auf diesem Gebiet handeln, der beispielsweise einfach nur interessiert daran ist, zu erfahren, dass es sich bei dem Unfall nicht um eine *mutwillig* herbeigeführte Katastrophe handelte.

Salmons Beispiel ist im Rahmen meiner Konzeptualisierung von Erklärungs Begriffen nicht geeignet, die These der Empfängervarianz zu illustrieren, da es sich bei der ausführlicheren Version der Erklärung des Unfalls eigentlich um zwei Erklärungen handelt: Das Eintreten des Unfalls wird durch eine GEU erklärt, nämlich durch einen Verweis darauf, dass das Flugzeug mit vereisten Flügeln auf der Startbahn beschleunigte. Diese GEU lässt sich durch das (etwas vereinfachte) kausale Gesetz rechtfertigen, dass Flugzeuge, die mit vereisten Flügeln starten, in Beschleunigungsrichtung fort fahren, bis etwas (bspw. ein Hindernis) sie daran hindert. Salmons ausführlichere Version der Unfallerklärung liefert nun – meiner Konzeptualisierung zufolge – zusätzlich noch eine wissenschaftliche Erklärung der Kausalrelation, die durch dieses Gesetz ausgedrückt wird. Diese lässt sich am besten im Kontrast mit der Erklärung der Kausalrelation darstellen, die zwischen dem Starten von Flugzeugen mit *nicht*-vereisten Flügeln und dem Abheben solcher Flugzeuge bei einer bestimmten Geschwindigkeit besteht (die folgende Skizze ist gegenüber der realen Situation sehr vereinfacht): Das Ereignis, dass ein Flugzeug mit nicht-vereisten Flügeln mit einer bestimmten Beschleunigung zu starten beginnt, verursacht das Ereignis, dass das Flugzeug mit der Geschwindigkeit v fährt, welche eine Funktion der Zeit und der Beschleunigung ist. Ferner verursacht es das Wirken von Kräften der umgebenden Luft in einem Winkel α auf die Flügel (diese Kräfte sind eine Funktion der Momentangeschwindigkeit des Flugzeugs und wirken neben der Gravitationskraft sowie der Kraft in Beschleunigungsrichtung). Für einen bestimmten Geschwindigkeitswert v gilt: das Fahren des Flugzeugs mit v verursacht – gegeben das Wirken entsprechender Kräfte – das Abheben des Flugzeugs. Das Ereignis, dass ein Flugzeug mit vereisten Flügeln mit einer bestimmten Beschleunigung zu starten beginnt, verursacht ebenfalls das Ereignis, dass das Flugzeug mit einer Geschwindigkeit v fährt. Außerdem verursacht es auch das Wirken von Kräften der umgebenden Luft auf die Flügel, allerdings in einem Winkel β (mit $\alpha \neq \beta$).²⁰⁶ Das Ereignis, dass das Flugzeug mit Geschwindigkeit v fährt, verursacht – gegeben das Wirken entsprechender Kräfte im Winkel β – das Ereignis, dass das Flugzeug im nächsten Moment mit einer Geschwindigkeit v' (weiter-)fährt (v' ist je nach Beschleunigung größer, kleiner oder gleich v). Im Unfallbeispiel ist zu diesem Zeitpunkt das Ende der Fahrbahn erreicht. Das Pas-

²⁰⁶ In der Realität gestaltet sich der Unterschied zwischen den in beiden Fällen wirkenden Kräften komplizierter als ein Richtungsunterschied der Krafteinwirkung. Die gewählte Darstellung ist m.E. jedoch sachlich ausreichend und besonders anschaulich.

sieren der Fahrbahnbegrenzung mit v' verursacht das Hineinfahren in das Gebäude, das in einer bestimmten Entfernung in Fahrtrichtung steht.

Viele Fälle, in denen eine scheinbar komplexere Erklärung einer weniger komplexen Erklärung für dasselbe *explanandum* gegenübersteht, werden keine Bestätigung für die These der Empfängervarianz liefern, weil es sich wie im besprochenen Fall bei den jeweils komplexeren Erklärungen eigentlich um mehrere Erklärungen oder – das ist ebenfalls möglich – um eine Verbindung von Erklärungen und den Rechtfertigungen dieser Erklärungen handelt. Diese Erkenntnis zeigt den Wert einer ausführlichen Typisierung von Erklärungen, wie ich sie in 4.1 lieferte.

Tab. 2 und 3 (in 4.1.2) zeigen einige Erklärungsarten – wie etwa die Verfahrenserklärungen oder die Erklärungen von Kausalrelationen – die ihrer Natur nach sehr komplex sind. In Verfahrenserklärungen kann die Angabe etlicher Handlungsschritte notwendig sein, in Erklärungen von Kausalrelationen die Angabe etlicher Kausalgesetze. Dadurch sind Erklärungen dieser Art disponiert dazu, den Eindruck von Empfängervarianz auch dann aufkommen zu lassen, wenn sie nicht mit anderen Erklärungen oder Rechtfertigungen vermischt sind. Jemand könnte nach einer Verfahrenserklärung (etwa zur Konservierung von Fleisch) fragen, obgleich er einige Schritte schon kennt. Ebenso könnte jemand nach der Erklärung für eine Kausalrelation fragen, obgleich ihm einige der vermittelnden Kausalgesetze bereits bekannt sind. Weiß der Erklärende um den Kenntnisstand beim Empfänger der Erklärung, gibt er eine entsprechend verkürzte Erklärung, die – so zumindest der Eindruck – *keine* Erklärung für einen anderen Rezipienten darstellt, der über jenen Kenntnisstand nicht verfügt.

Auch dieser Tatbestand sollte aber nicht dazu führen, Erklärungen im Sinne von SP(i) als etwas anzusehen, das relativ zu den Interessen des Empfängers ist. Denn das Interesse des Empfängers bestimmt einzig, was für eine *Auswahl* aus dem *explanans* getroffen wird – es geht nicht darum, dem Rezipienten *irgendetwas* zu erzählen, was ihn interessiert. Deshalb ist es angemessener, unterschiedlich komplexe Antworten auf dieselbe Erklärung verlangende Aufforderung als unterschiedliche *Versionen* ein und derselben Erklärung anzusehen, sofern der Komplexitätsunterschied durch das Auslassen von Teilen des *explanans* zustande kommt, und nicht durch die Beimengung von anderen Erklärungen (wie in Salmons Beispiel) oder von Rechtfertigungen. Die weniger komplexen Antworten können dann als unvollständige Versionen der Erklärung bezeichnet werden. Hempel 1965, 415 unterscheidet fünf Typen unvollständiger Erklärung, die also in meinem Verständnis korrekter als Typen unvollständiger *Versionen* von Erklärungen zu bezeichnen sind. Bei dem hier relevanten Typ handelt es sich um

Unvollständigkeit durch Elliptizität: Die Aussagen $\Sigma_{\text{elliptisch}}$ ²⁰⁷ stellen genau dann eine elliptische Version derjenigen Erklärung dar, die durch die Aussagen Σ gegeben wird, wenn $\Sigma_{\text{elliptisch}}$ eine starke Teilmenge von Σ ist. Zu jeder Erklärung gibt es daher eine Menge unterschiedlicher elliptischer Versionen, die aber alle zur adäquaten Erklärung ergänzt werden können. Diese Auffassung ist gerechtfertigt, weil die Interessen-Abhängigkeit verschiedener Antworten auf eine Erklärung verlangende Aufforderung nur im Interesse an einer *Auswahl* aus dem *explanans* der adäquaten Erklärung bestehen kann.

Nun möchte ich noch kurz auf SP(ii) eingehen, und dafür argumentieren, dass man Erklärungen nicht als in diesem Sinne empfängervariant ansehen sollte. SP(ii) ist vermutlich im lebensweltlichen *common sense* verbreiteter als in philosophischen Diskussionen über (wissenschaftliche) Erklärungen: Eine Erklärung, so SP(ii), ist zufriedenstellend, wenn wir uns (intellektuell) *befriedigt fühlen*, wenn sie uns das *Gefühl* gibt, verstanden zu haben, etc. Manchmal wird eine solche Position R. B. Braithwaite zugeschrieben, der seine Diskussion wissenschaftlicher Erklärungen mit der folgenden, bekannten Passage eröffnet:

„Any proper answer to a ‚Why?‘ question may be said to be an explanation of a sort. [...] What is demanded in a ‚Why?‘ question is intellectual satisfaction of one kind or another, and this can be provided, partially or completely, in different ways. Frequently the questioner does not know beforehand what sort of answer will satisfy him. And what gives partial or complete intellectual satisfaction to one person may give none whatever to a person at a different stage of intellectual development“ (Braithwaite 1968, 319).

Expliziter noch hat Dray eine SP im Sinne von (ii) vertreten, als er seine Erklärungen durch Klassifikation (siehe 4.1.2) gegen Hempels Kritik verteidigte (Hempel 1965, 454). Der Ausdruck ‚intellectual satisfaction‘ könnte im Kontext von SP(ii) auf zwei Weisen verstanden werden, die jedoch beide eine Ablehnung von SP(ii) nahelegen. Bedeutet der Ausdruck schlicht den Zustand, der in einem Akteur vorliegt, sobald diesem durch eine Erklärung Wissen vermittelt wurde, welches den jeweils definierten Anforderungen an Erklärungen dieser Art gerecht wird, stellt SP(ii) keine weitere Charakterisierung des Erklärungsbegriffs dar: Die Zuschreibung dieses Zustands an den Empfänger wäre ein analytisches Implikat der Aussage, dass die erhaltene Erklärung den (empfängerinvarianten) Anforderungen genügt.

Angenommen aber, ‚intellectual satisfaction‘ bedeutet – in Übereinstimmung mit der ursprünglichen Formulierung von SP(ii) – tatsächlich ein Gefühl, dessen Erzeugung in verschiedenen Personen nur auf verschiedene Weise gelingen kann. Wird diese Interpretation akzeptiert, läge eine Bedingung für erfolgreiches Erklären darin, dass der Erklärende den

²⁰⁷ Gegebenenfalls indiziertes ‚ Σ ‘ vertritt hier eine Folge von Aussagen.

Empfänger der Erklärung – in Bezug auf seine charakterlichen Eigenschaften und Gefühlsdispositionen, *nicht* in Bezug auf seine Vorkenntnisse – hinreichend gut kennt, sodass er darüber Bescheid weiß, wie in ihm jener Gefühlszustand genau hergestellt werden kann. Angemessene Erklärungen von Fremden zu erhalten wäre im Rahmen von (SP)(ii) damit sehr unwahrscheinlich. Dies widerspricht unserem Verständnis von Erklären so grundlegend (man denke an Wegerklärungen in einer fremden Stadt, Erklärungen in einer wissenschaftlichen Vorlesung, etc.), dass SP auch im Sinne von SP(ii) abgelehnt werden kann.

4.2.3 Verteidigung der hier vertretenen Begriffe physiologischer (wissenschaftlicher) Erklärung gegen klassische Einwände

In 4.2.3 möchte ich die von mir in 4.2.1 vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung gegen zentrale Einwände verteidigen, die in wissenschaftstheoretischen Diskussionen um Begriffe wissenschaftlicher Erklärung vor allem gegen den DN/IS-Begriff der Erklärung vorgetragen wurden. Drei dieser Einwände habe ich bereits im Zuge der Skizzierung der Motivation vorgestellt, die einige Philosophen zur Abkehr vom DN/IS-Begriff der Erklärung und zur Hinwendung zum Mechanistischen Erklärungs begriff veranlasste (vgl. 2.3.2). Insbesondere aufgrund dieser Motivation des Mechanistischen Erklärungs begriffs halte ich es für geboten, zu überprüfen, ob die von mir vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung diesen (und noch weiteren, ähnlichen) Einwänden entgehen. Um die Einwände nachvollziehbar zu machen, sehe ich es als zweckdienlich an, den DN/IS-Begriff der Erklärung zunächst etwas ausführlicher darzustellen.

Die Begründer des DN/IS-Begriffs der wissenschaftlichen Erklärung, C. G. Hempel und P. Oppenheim, untersuchten wissenschaftliche Erklärungen als Antworten auf Warum-Fragen. Einige unstrittige Beispiele für wissenschaftliche Erklärungen²⁰⁸ führten zu folgendem Verständnis: Eine wissenschaftliche Erklärung ist eine Erklärung für das Bestehen eines Sachverhalts (die Autoren sprechen anstelle von ‚Sachverhalt‘ auch von ‚Phänomen‘). Die Erklärung sei ein

„argument to the effect that the phenomenon to be explained, *the explanandum phenomenon*, was to be expected in virtue of certain explanatory facts [*the explanans*, JK]“ (Hempel 1965, 336).

²⁰⁸ Im Zentrum steht dabei Hempels Referenz auf Deweys Erklärung für das einst von ihm beobachtete Auftreten von Seifenblasen an den Rändern heiß gespülter und dann umgedreht zum Trocknen aufgestellter Gläser, mit dem er die *Aspects* eröffnet (Hempel 1965, 335f.). Die Erklärung für diesen Sachverhalt verweist auf die Erwärmung der kalten Luft in den Gläsern, die während deren Positionierung auf der Ablage eingeschlossen wurde (ebd.).

Eine Erklärung für das Bestehen eines Sachverhalts A ist also ein Argument, dessen Konklusion die Aussage A ist. Ein solches Argument verwenden wir den Autoren zufolge ebenfalls vor dem Bestehen des Sachverhalts A, um sein Eintreten vorherzusagen. Hempel 1965, 366f. hat diesen Begriff der Vorhersage demjenigen von I. Scheffler²⁰⁹ entgegengestellt, demzufolge Vorhersagen keine Argumente, sondern zukunftsbezogene Aussagen sind. Obgleich Hempel Vorhersagen eindeutig als Argumente versteht (vgl. Hempel 1965, 366), führt er kein klares Argument für diesen Begriff der Vorhersage an. Ein überzeugendes Argument lässt sich meiner Meinung nach aber wie folgt konstruieren: Zum Vorhersagen des Eintretens eines Sachverhalts A gehört nicht nur die Äußerung der Aussage A, sondern ferner das Anführen von Gründen dafür, warum man überzeugt sein sollte, dass A eintritt. Dies entspricht unserer Verwendung des Ausdrucks ‚vorhersagen‘. Denn hören wir etwa, dass Klimatologen einen kalten Winter oder Astronomen einen Meteoritenschlag vorhersagen, dann gehen wir nicht davon aus, dass jene Experten die entsprechenden Aussagen schlicht haben fallen lassen, sondern dass sie gewisse Gründe anführen können, warum man überzeugt sein sollte, dass jene Sachverhalte eintreten.

Zwischen Erklärungen und Vorhersagen besteht also – den Begründern des DN/IS-Begriffs zufolge – eine strukturelle Identität: Eine Erklärung für das Bestehen des Sachverhalts A unterscheidet sich nur dadurch von einer Vorhersage des Eintretens von A, dass A dort bereits der Fall ist oder war, hier aber noch nicht (Schurz 2014, 352). Da Vorhersagen Argumente sind, sind auch Erklärungen Argumente. Dennoch ist Hempel (und Oppenheim) zufolge nicht jedes Argument mit einer zukunftsbezogenen Aussage A als Konklusion eine Vorhersage des Sachverhalts A, und folglich auch nicht jedes Argument mit einer (bereits gerechtfertigten) Aussage A als Konklusion eine Erklärung für das Eintreten des Sachverhalts A. Damit ein Argument als DN-Erklärung für das Bestehen eines Sachverhalts gelten kann, müssen die in Box 7 aufgeführten Bedingungen gelten.²¹⁰

Es geht also um die Erzeugung eines gültigen (Bedingung 2) und schlüssigen (Bedingung 5) Arguments, in welchem mittels mindestens einer generellen Gesetzes-Aussage²¹¹ empirischen Gehalts sowie singulären Aussagen, die konkrete Anfangsbedingungen spezifizieren (Bedin-

²⁰⁹ Vgl. etwa Scheffler 1957, 295.

²¹⁰ Vgl. Hempel und Oppenheim 1948, 165; die Autoren führen dort die Bedingungen 2-5 an, die erste Bedingung setzen sie als selbstverständlich voraus. Ferner sprechen sie in der Bedingung 5 von Box 7 nicht von Wahrheit und Bestätigung, sondern nur von Wahrheit. Im Falle *genereller* Sätze mit empirischem Gehalt (etwa wissenschaftlicher Gesetze) ist die Forderung nach Wahrheit jedoch durch die Forderung nach empirischer Bewährtheit (Bestätigung) zu ersetzen (vgl. Schurz 2014, 349).

²¹¹ Unter Verweis auf Goodman spricht Hempel nicht von Gesetzen sondern von gesetzesartigen Aussagen („*lawlike sentences*“), die er als „sentences that are like laws except for possibly being false“ (Hempel 1965, 338) definiert.

gungen 3 und 4), die geltende singuläre Aussage A (Bedingung 1) abgeleitet wird. Hempel und Oppenheim entwarfen keinen zufriedenstellenden Begriff des Gesetzes (bzw. der gesetzesartigen Aussage), und auf dieses Versäumnis lassen sich einige der Kritikpunkte an dem DN/IS-Begriff wissenschaftlicher Erklärung zurückführen (s.u.). Hempel fordert lediglich, dass Gesetze „must not be *logically* limited to a finite number of instances“ (Hempel 1965, 340) und dass sie nicht „directly or indirectly refer to particular objects, persons, or places“ (ebd., 342). Als weitere Bedingung erwägt Hempel Goodmans Vorschlag, dass Gesetze geeignet sein müssten, kontrafaktische Konditionale zu stützen (ebd., 339). Er akzeptiert diese Bedingung aber nicht, aufgrund der „notorious philosophical difficulties“ (ebd.), die durch kontrafaktische Konditionale aufkämen. Schließlich merkt Hempel selbst an, dass sein Gesetzesbegriff unbefriedigend sei (ebd., 343). Die in Kap. 3 angestellten Überlegungen zu Kausalgesetzen, die gerade kontrafaktische Konditionale zum Ausgangspunkt hatten, werden nützlich sein, viele Kritikpunkte an Hempels Begriff wissenschaftlicher Erklärung von den in 4.2.1 entworfenen Erklärungsbegriffen abzuwehren (s.u.).

Box 7: Forderungen an eine DN-Erklärung für das Bestehen eines (partikulären) Sachverhalts A (*explanandum*) nach Hempel und Oppenheim:

1. Die *explanandum*-Aussage A muss eine wahre singuläre Aussage sein;
2. Die Aussage A muss Konklusion eines deduktiven Arguments sein;
3. Die *explanans*-Aussagen (Prämissen) müssen mindestens ein (nicht-statistisches) Gesetz enthalten, das zur Ableitung der Aussage A auch tatsächlich verwendet wird;
4. Die *explanans*-Aussagen müssen empirischen Gehalt haben;
5. Die *explanans*-Aussagen müssen wahr bzw. bestätigt sein.

Weil die Aussage A deduktiv in einem Argument hergeleitet wird, das auf Gesetzes-Aussagen zurückgreift, werden Erklärungen dieser Art deduktiv-nomologisch (DN) genannt. Stehen allein statistische Gesetze zur Verfügung, die dem Eintreten von Sachverhalt A in entsprechenden Anfangsbedingungen eine gewisse Wahrscheinlichkeit zuordnen, ist eine Vorhersage von A auf die im statistischen Gesetz spezifizierte Wahrscheinlich relativiert. Das Argument,

dessen Konklusion die Aussage A ist, ist also ein induktives Argument. Induktive Argumente unterscheiden sich durch vier Eigenschaften von deduktiven Argumenten:²¹²

1. Induktive Argumente sind erweiternd;
2. Induktive Argumente sind nicht notwendigerweise wahrheitserhaltend;
3. Induktive Argumente sind unterminierbar;
4. Induktive Argumente können einen unterschiedlichen Stützungsgrad haben.

Die erste Eigenschaft gründet in der Tatsache, dass der Gehalt der Konklusion keine logische Implikation des Gehalts der Prämissen ist. Eigenschaft 2 gründet darin, dass die Konklusion eines induktiven Arguments falsch sein kann, obgleich die Prämissen wahr oder bestätigt sind. Wenn mit dem bestätigten Gesetz $p((t + \tau) \in S_2 \mid t \in S_1) = 0,9$ und der wahren Prämisse $t_1 \in S_1$ induktiv für $(t_1 + \tau) \in S_2$ argumentiert wird, kann es (mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,1) dennoch sein, dass die Aussage $(t_1 + \tau) \in S_2$ falsch ist (vgl. Salmon 1992, 340).

Eigenschaft 3 bedeutet die Möglichkeit der Unterminierung eines induktiven Arguments durch die Ergänzung einer Prämisse. Ich möchte Salmons Beispiel (vgl. ebd., 352) zur Illustration anführen: Jane habe eine Streptococcus-Infektion zu deren Abwendung sie Penicillin genommen hat. Wenn jemand eine Streptococcus-Infektion hat und Penicillin nimmt, dann sei die Wahrscheinlichkeit der Genese 0,9. Also wird Jane – relativiert auf eine Wahrscheinlichkeit von 0,9 – genesen. Durch Ergänzung der Prämisse, dass die Bakterien einem Penicillin-resistenten Stamm angehören, wird das Argument jedoch unterminiert, da jemand, der eine Infektion mit derartigen Bakterien hat und Penicillin nimmt, mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit genesen wird.

Eigenschaft 4, die zuletzt genannte Eigenschaft induktiver Argumente, gründet schließlich in der Tatsache, dass induktive Argumente immer auf eine bestimmte Wahrscheinlichkeit relativiert sind, die niedrig oder hoch sein kann. Eigenschaft 4 bedeutet, dass ein induktives Argument seine Konklusion immer nur zu einem bestimmten Grad stützt, der in der Wahrscheinlichkeit des verwendeten Gesetzes quantifiziert ist, bzw. – im Fall der Verwendung mehrerer statistischer Gesetze – aus den Wahrscheinlichkeiten dieser Gesetze errechnet werden kann.

Induktive Argumente, die zu probabilistischen Vorhersagen genutzt werden, tragen unweigerlich die Eigenschaften 1 und 2. Um ein induktives Argument als eine (gute) Vorhersage gelten zu lassen, sollten mit Blick auf die Eigenschaften 3 und 4 Zusatzforderungen formuliert werden. In Bezug auf die Eigenschaft 4 ließe sich von einem induktiven Argument zu Vorhersa-

²¹² Vgl. Salmon 1992, 340.

gezwecken ein hoher Stützungsgrad, also eine Relativierung auf eine Wahrscheinlichkeit nahe 1 fordern. Hempel formuliert diese Forderung (er tut dies direkt für die den probabilistischen Vorhersagen analogen induktiv-statistischen (IS-)Erklärungen (Hempel 1965, 381ff.)). Um der Gefahr der Unterminierung eines zu Vorhersagezwecken (und folglich auch zu Erklärungszwecken) genutzten induktiven Arguments zu begegnen, ist an ein solches Argument die Forderung der Maximalen Spezifizierung zu stellen: Der sich aus den Prämissen Σ_1 ²¹³ ergebende Stützungsgrad der Konklusion A darf sich nicht ändern, wenn die Prämissen um Σ_2 erweitert werden, wobei Σ_2 alle weiteren zum Zeitpunkt der Erklärung oder Vorhersage akzeptierten wissenschaftlichen Aussagen enthält.²¹⁴ Analog zu den Einschränkungen der Argumente, die als DN-Erklärungen dienen können (vgl. Box 7), sind die in Box 8 aufgelisteten Einschränkungen an Argumente zu stellen, die als IS-Erklärungen dienen können.

Box 8: Forderungen an eine IS-Erklärung für das Bestehen eines partikulären Sachverhalts A (*explanandum*) nach Hempel:

1. Die *explanandum*-Aussage A muss eine wahre singuläre Aussage sein;
2. Die Aussage A muss Konklusion eines induktiven Arguments sein;
3. Die *explanans*-Aussagen (Prämissen) müssen mindestens ein statistisches Gesetz enthalten, das zur induktiven Stützung der Aussage A tatsächlich verwendet wird;
4. Die *explanans*-Aussagen müssen empirischen Gehalt haben;
5. Die *explanans*-Aussagen müssen wahr bzw. bestätigt sein;
6. Der Stützungsgrad der Aussage A muss hoch sein;
7. Die Erklärung muss die Forderung der Maximalen Spezifizierung erfüllen.

Nach dieser Darstellung des DN/IS-Begriffs der Erklärung möchte ich nun einige Standard Einwände gegen denselben vorstellen. In Kap. 2.3.2 führte ich bereits drei Einwände an, die von den Mechanisten gegen die Adäquatheit des DN/IS-Begriffs im Kontext der Physiologie vorgetragen wurden: Der Kausalitätseinwand bestand darin, dass der DN/IS-Begriff der Erklärung keine Einschränkung auf Kausalerklärungen vornimmt, in denen das Eintreten ei-

²¹³ Gegebenenfalls indiziertes ‚ Σ ‘ vertritt eine Folge von Aussagen oder Aussagenformen.

²¹⁴ Diese Version weicht etwas von der Version in Hempel 1965, 399f. ab, stimmt aber in den entscheidenden Punkten mit ihr überein. Man könnte die Forderung auch weniger hart formulieren: Die Prämissen Σ_1 , die der Konklusion A den hohen Stützungsgrad r_1 verleihen, müssen um alle Aussagen aus Σ_2 ergänzt werden, die der Konklusion gemeinsam mit Σ_1 den kleinstmöglichen Stützungsgrad r_2 verleihen. Das induktive Argument ist dann eine zufriedenstellende IS-Erklärung (oder probabilistische Vorhersage), wenn r_2 noch dem quantifizierten Standard eines hohen Stützungsgrads genügt.

nes Sachverhalts stets mit dem Eintreten seiner Ursache erklärt wird. Mit dem Gesetzeseinwand wurde kritisiert, dass es in der Biologie gar keine allgemeinen und ewigen Gesetze gebe, wie wir sie etwa aus der Physik kennen. Der Wahrscheinlichkeitseinwand wurde insbesondere gegen den IS-Begriff der Erklärung vorgebracht, genau genommen gegen die Forderung des hohen Stützungsgrads. Denn in der Biologie würde bisweilen das Eintreten eines Sachverhalts A statistisch mit dem Eintreten eines oder mehrerer Sachverhalte erklärt, obgleich Sachverhalte des Typs von A (bislang) nur mit geringer Wahrscheinlichkeit auf Sachverhalte jener Typen folgten. Diese Einwände wurden auch unabhängig vom Kontext der Biologie in allgemeinen kritischen Anmerkungen an der DN/IS-Konzeptualisierung von Erklärungen formuliert. In der folgenden Auflistung füge ich diesen drei als problematisch empfundenen Umständen zwei weitere, in der Literatur aufgeworfene Probleme hinzu und unterscheide, ob sie dort als Probleme präsentiert werden, die – spezifischer – den Argument-Charakter von DN/IS-Erklärungen betreffen, oder – allgemeiner – die Eigenschaft von Erklärungen, potenzielle Vorhersagen zu sein. Insbesondere dem Argument-Charakter wissenschaftlicher Erklärungen wurden folgende drei Kritikpunkte entgegengesetzt:

K-1) Das Problem logischer Irrelevanz und Redundanz

K-2) Das Problem mangelnder Einschränkung auf Kausalerklärungen

K-3) Das Problem des Erfordernisses von (sehr allgemeinen und ewigen) Gesetzen

Dem Vorhersagen-Charakter wurde ferner entgegengesetzt:

K-4) Das Problem der Möglichkeit gemeinsamer Verursachung

K-5) Das Problem der Beschränkung auf einen hohen Stützungsgrad bei IS-Erklärungen

Alle Kritikpunkte K-1 – K-5 am Begriff der DN- und IS-Erklärung genügen der von mir in 1.2.2 skizzierten Struktur: Mit Hempels und Oppenheims Charakterisierung von Erklärungen als Argumente bzw. potenzielle Vorhersagen lassen sich Fälle von Erklärungen anführen, die wir – *offensichtlich auf der Grundlage unseres lebensweltlichen Erklärungsverständnisses* – nicht als Erklärungen bezeichnen würden. Oder aber gewisse lebensweltlich unproblematische Fälle von Erklärungen fallen nicht unter den DN/IS-Begriff der Erklärung. Vor diesem Hintergrund möchte ich die Kritikpunkte kurz erläutern.

Zu K-1: Wenn wissenschaftliche Erklärungen Argumente sind, dann gibt es aufgrund der folgenden Möglichkeiten von logischer Redundanz und Irrelevanz wissenschaftliche Erklärungen

gen, die wir eigentlich nicht als Erklärungen bezeichnen möchten (die prädikatenlogische Darstellung folgt der Quelle):²¹⁵

- a) Selbsterklärungen: $[\forall x(x \in P \rightarrow x \in Q) \ \& \ i \in R] \vdash i \in R$ (vollständige Selbsterklärung);
 $[\forall x(x \in P \rightarrow x \in Q) \ \& \ i \in P \ \& \ i \in R] \vdash i \in Q \ \& \ i \in R$ (partielle Selbsterklärung);
- b) Theoretische Erklärungen: $[\forall x(x \in P \rightarrow x \in Q) \ \& \ i \in R] \vdash \sim(i \in P) \vee i \in Q$ (das *explanandum* folgt allein aus dem Gesetz, die singuläre Prämisse ist überflüssig);
- c) Irrelevante *explanandum*-Abschwächung: $[\forall x(x \in P \rightarrow x \in Q) \ \& \ i \in P] \vdash i \in Q \vee i \in R$;
- d) Redundante Erklärungen: $[\forall x(x \in P_1 \rightarrow x \in Q_1) \ \& \ \forall x(x \in P_2 \rightarrow x \in Q_2) \ \& \ i \in P_1 \ \& \ i \in P_3] \vdash i \in Q_1$ (Redundante Gesetzesaussagen und/oder singuläre Aussagen).

K-2 gründet in Hempels und Oppenheims Versäumnis, den Charakter der zulässigen Gesetze als Kausalgesetze zu spezifizieren. K-2 wurde von den Mechanisten unter anderem durch die schlichte Beobachtung begründet, dass zumindest in der Physiologie Erklärungen (die keine KME sind) Kausalerklärungen sind (siehe Kap.2.2.1 und 2.2.2). Salmon hat eine Version von K-2 expliziert, die ich – aufgrund der im Rahmen meiner Arbeit getätigten Annahme, dass Ursachen ihren Wirkungen zeitlich vorhergehen – als Implikation des Kausalitätseinwands K-2 behandle. Er weist darauf hin, dass Argumente keine Einschränkungen enthalten in Bezug auf das zeitliche Verhältnis zwischen den Sachverhalten, die durch die Prämissen einerseits und durch die Konklusion andererseits ausgedrückt werden. Entsprechend gelten keine Einschränkungen dieser Art für die Antecedentia und Succedentia der zur Ableitung (oder induktiven Stützung) der *explanandum*-Aussage benutzten generellen gesetzesartigen Aussagen unter den Prämissen.²¹⁶ Dadurch seien nicht allein Erklärungen möglich, die keine Kausalerklärungen sind – es könnten insbesondere auch Ursachen durch Wirkungen erklärt werden, etwa indem ein bereits vergangener Bewegungszustand eines Planeten aus dessen gegenwärtigem Bewegungszustand sowie den mathematisierten Gesetzen der Planetenbewegung abgeleitet wird.²¹⁷

²¹⁵ Die Darstellung beruht auf der Zusammenstellung von Schurz 2014, 356; ‚ \vdash ‘ bezeichnet die Ableitungsrelation in einem Kalkül der klassischen Logik. (a) und (b) werden von Hempel und Oppenheim selbst besprochen, (c) von P. Gärdenfors in „Relevance and Redundancy in Deductive Explanation“ (1976) und von J. Kim in „On the Logical Conditions of Deductive Explanation“ (1963), (d) von G. Schurz in „Ein Logisch-Pragmatisches Modell von Deduktiv-Nomologischer Erklärung (Systematisierung)“ (1982).

²¹⁶ Siehe etwa Salmon 1978, 687 und Salmon 1989, 103 f.

²¹⁷ Vgl. für ein ähnliches Argument Salmon 1992, 349. Als einen Fall von Erklärung einer Wirkung durch ihre Ursache kategorisiert Salmon 1992, 349 auch das von S. Bromberger in seinem Aufsatz „Why-Questions“ von 1966 (S. 92) vorgetragene Beispiel der Möglichkeit einer DN-Erklärung der Länge eines Fahnenmastes durch die Länge seines Schlagschattens, den Stand der Sonne, sowie durch die Gesetze der geometrischen

K-3 wurde für den physiologischen Kontext bereits in Kap. 2.3.2 erläutert. Während der dort formulierte Gesetzeinwand besagte, physiologische Erklärungen würden dem DN/IS-Begriff nicht gerecht, da sie nicht auf sehr allgemeinen und ewigen Gesetze beruhten (die den Mechanisten zufolge vom DN/IS-Begriff gefordert werden), wurde unabhängig vom biologischen Kontext eine noch radikalere Version dieses Einwands vorgetragen: Viele Erklärungen, so M. Scriven in „Truisms as the Grounds for Historical Explanations“ von 1959,²¹⁸ würden überhaupt nicht unter Bezugnahme auf Gesetze formuliert. Das Vorliegen eines Tintenflecks auf dem Teppich des Arbeitszimmers des Herrn K. könne etwa zufriedenstellend durch den Hinweis erklärt werden, dass Herr K. gestern mit dem Knie an den Schreibtisch stieß, sodass das offene Tintenfass zu Boden fiel. In dieser offenkundig befriedigenden Erklärung taucht jedoch – so diese radikale Version von K-3 – gar keine generelle Aussage auf (Hempel 1965, 360). Der Einwand gilt noch immer als Grund gegen die DN/IS-Konzeptualisierung von Erklärungen (Salmon 1992, 350).

Die Motivation zur Formulierung von Problem K-4 besteht darin, dass wir die Aussage $t_1 \in S_1$ und die in diesem Falle *kein* kausales Gesetz ausdrückende Aussage $\forall x(t \in S_1 \rightarrow ((t + \tau) \in S_2))$ auch dann zu Vorhersagezwecken von $(t_1 + \tau) \in S_2$ nutzen können, wenn S_1 - und S_2 -Instanzen in den relevanten Bedingungen Wirkungen einer *gemeinsamen* Ursache sind. So ließe sich ein Sturm durch Verweis auf das Vorliegen eines bestimmten Barometerstandes vorhersagen (beide Ereignisse werden durch das Abfallen des atmosphärischen Drucks verursacht). Der Sturm ließe sich durch das Vorliegen eines bestimmten Barometerstands allerdings nicht erklären – denn er ereignet sich nicht, *weil* das Barometer etwas Bestimmtes anzeigt (ebd., 349).

K-5 war neben K-2 und K-3 der dritte Einwand, den die Mechanisten gegen die Adäquatheit des DN/IS-Begriffs der Erklärung in biologischen Kontexten vortrugen (vgl. Kap. 2.3.2). Vor allem Salmon hat diesen Einwand auch unabhängig vom Kontext der Wissenschaftstheorie der Biologie prominent gemacht: So würden wir etwa das Vorliegen von Parese bei einem Patienten zufriedenstellend mit einem Verweis auf seine unbehandelte Syphilisinfektion erklären, obgleich nur ca. 25% der Patienten mit unbehauelter Syphilis Parese entwickeln, und folglich eine Vorhersage der Parese nicht angemessen gewesen wäre (bzw. generell bei Patienten mit unbehauelter Syphilis nicht angemessen ist).²¹⁹ Salmon geht noch einen Schritt weiter (und die Mechanisten folgen ihm darin, vgl. 2.3.2), indem er darauf verweist, dass

Optik. Meines Ermessens wird hier aber keine Ursache durch ihre Wirkung erklärt, da die Länge des Mastes kein Ereignis ist.

²¹⁸ Die Darstellung folgt Hempel 1965, 360.

²¹⁹ Vgl. Salmon 1992, 355.

„[i]f we are in a position to construct statistical explanantions of events that are highly probable, then we also possess the capability of framing statistical explanations of events that are extremely improbable“ (ebd., 355f.).

Salmon zufolge wird dies durch folgendes Beispiel suggeriert:

„Suppose that a coin is being tossed, and that it is highly biased for heads – in fact, on any given toss, the probability of getting heads is 0.95, while the probability of tails is 0.05. The coin is tossed and comes up heads. We can readily construct an I-S explanation fitting all of the requirements. But suppose it comes up tails. In this case an I-S explanantion is out of the question [because we would not *predict* the coin to come up tails, JK]. Nevertheless, to the degree that we understand the mechanism involved, and consequently the probable outcome of heads, to that same degree we understand the improbable outcome, even though it occurs less frequently“ (ebd., 355).

Alle Kritikpunkte am DN/IS-Begriff der Erklärung beruhen auf einem implizit gelassenen Verständnis dessen, was klarerweise als Erklärung zu gelten habe und was nicht. Dies gilt sogar für K-1, in dessen Formulierung diese Argumentationsstruktur nicht explizit zutage tritt, wie im Falle von K-2 – K-5, welche alle mithilfe von Gegenbeispielen formuliert sind. Denn dass es sich beispielsweise bei Argumenten, die von Schurz Selbsterklärungen genannt werden, unmöglich um (angemessene) Erklärungen handeln kann, setzt ein bestimmtes Verständnis von Erklärungen bereits voraus. Implizite Referenz auf ein zugrunde gelegtes Erklärungsverständnis findet sich auch in Salmons Beispiel der gezinkten Münze, in dem der Ausdruck ‚understand‘ den Zustand erfolgreichen Erklärens bezeichnet. Ich möchte nun prüfen, ob auch die von mir in 4.2.1 vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung den Problemen (K-1) – (K-5) ausgesetzt sind.

Entgegen dem Begriff der DN/IS-Erklärung liefert die lebensweltliche Begründung des Begriffs der (Genese-)Erklärung von Tatsachen keinen Anlass dazu, das Spezifische solcher Erklärungen in ihrer potenziellen Funktion als Vorhersagen zu sehen. Vielmehr ging es in erster Linie darum, etwas über die Genese der *explanandum*-Tatsache A zu erfahren, da dieses Wissen prinzipiell bedeutsam für weiteres Handeln (für das Reagieren auf die Tatsache A) ist. Aus diesem Grund sind wissenschaftliche GEU in dem von mir vertretenen Verständnis auch nicht als Argumente darzustellen (vgl. Tab. 2 in 4.1.2 sowie 4.2.1). Folglich stellen sich die Probleme der logischen Irrelevanz und Redundanz (K-1) nicht unbedingt. Auch wenn Erklärungen keine Argumente sind, lässt sich natürlich die Frage aufwerfen, ob ihr Begriff für vergleichbare Irrelevanz- oder Redundanz-Probleme anfällig ist. Da die Spezifizierung von K-1 in (a)-(d) nur für Erklärungen von Tatsachen vorgesehen ist, möchte ich diese Frage nun auch nur für die wissenschaftlich fundierten GEU diskutieren.

Die Gefahr, dass der von mir vertretene Begriff der wissenschaftlich fundierten GEU Selbsterklärungen (K-1a) zulässt, ist nicht gegeben. Denn das Normensystem zur Prüfung von Kausalrelationen (vgl. 3.1.3) impliziert, dass das Eintreten eines Sachverhalts nicht sich selbst verursachen kann. Auch das Redundanzproblem (K-1d) stellt sich klarerweise nicht, da die Angabe des *explanans* auf die Angabe der Ursache beschränkt ist. Die Probleme der theoretischen Erklärung (K-1b) und der irrelevanten Abschwächung der *explanandum*-Aussage (K-1c) tauchen bei wissenschaftlich fundierten GEU ebenfalls nicht auf, da die logische Form der *explanandum*-Aussage keine Adjunktion beinhaltet (vgl. Tab. 2 in 4.1.2).

Auch die Probleme K-2 – K-5 stellen sich den drei von mir unterschiedenen Formen wissenschaftlicher Erklärung nicht. Für K-2 und K-4 ist das unmittelbar evident: Problem K-2 entfällt, da es in allen drei Formen der Erklärung gerade darum geht, Kausalwissen zu vermitteln, K-4 taucht nicht auf, da der von mir vertretene handlungsbasierte Interventionismus prinzipiell die Unterscheidung zwischen Korrelation aufgrund von gemeinsamer Verursachung und Kausalität zulässt (vgl. 3.1.3).

Die Probleme K-3 und K-5 werde ich nun etwas detaillierter erörtern. Problem K-3 wurde einerseits von den Mechanisten als ‚Gesetzeseinwand‘ gegen *physiologische* DN/IS-Erklärungen formuliert. In der Physiologie, so die Kritik der Mechanisten, gebe es – wenn überhaupt – nur sehr wenige wissenschaftlich begründete Aussagen, die so allgemein seien, dass sie als *Gesetze* bezeichnet werden können (vgl. Kap. 2.3.2). Scriven machte außerdem darauf aufmerksam, dass einige Erklärungen von Tatsachen gar nicht auf Gesetze zurückgreifen, wie etwa die Erklärung für den Tintenfleck auf dem Teppich von Herrn K. Der Mechanistische Einwand betrifft alle drei von mir unterschiedenen Formen wissenschaftlicher Erklärung, Scrivens Einwand hingegen nur GEU.

Im Rahmen meiner Konzeptualisierung ist der Mechanistische Gesetzeseinwand nicht nachvollziehbar, da die allquantifizierten, experimentell prüfbaren Konditionalaussagen, die ich als wissenschaftliche Gesetze bezeichne, vernünftigerweise keiner Einschränkung hinsichtlich ihrer Allgemeinheit unterworfen werden sollten, die von den Gesetzen fordert, auf eine (wie auch immer festzulegende) *große* Anzahl verschiedener Fallklassen anwendbar sein zu müssen. Man könnte natürlich Abstand davon nehmen, im physiologischen Kontext den Ausdruck ‚Gesetz‘ für solche allquantifizierten Aussagen zu benutzen, die nur eine sehr begrenzte Anzahl an Fallklassen betreffen, und stattdessen einen anderen Ausdruck einführen. Die Funktion solcher Aussagen in wissenschaftlichen Erklärungen wird dadurch keine andere. Da es den Mechanisten nicht um den *Ausdruck* ‚Gesetz‘ gehen wird, scheint mir ihr Gesetzeseinwand eher gegen die These gerichtet zu sein, physiologisches Wissen sei mithilfe einer kleinen An-

zahl sehr allgemeiner Gesetze *axiomatisierbar*. Diese Ansicht lehne ich ebenfalls ab (vgl. 3.2.2). Das heißt aber nicht, dass es in der Physiologie überhaupt keine allquantifizierten Konditionalaussagen geben kann.

Bei Scrivens Beispiel handelt es sich um eine GEU, genauer gesagt, um zwei GEU: Das Wackeln des Schreibtischs verursachte das Herabfallen des Tintenfasss und das Herabfallen des Tintenfasss verursachte das Auslaufen der Tinte. Scrivens Vorwurf an das DN/IS-Modell, solch unstrittige Beispiele für Erklärungen, die keine Gesetze enthalten, nicht erfassen zu können, trifft die GEU nicht: Eine GEU für das Eintreten eines Sachverhalts A besteht meiner Auffassung nach nur in der Angabe seiner Ursache – dem Eintreten eines Sachverhalts B. Wird bezweifelt, dass das Eintreten von B das Eintreten von A verursachte, tritt man in ein neues Sprachspiel – ein Rechtfertigungssprachspiel – ein. Hier kommen dann erst Kausalgesetze zur Anwendung. Angenommen, es wird bezweifelt, dass das Wackeln des Tisches (Sachverhalt B) das Herabfallen des Tintenfasss (Sachverhalt A) verursachte, wobei alle sich einig sind, dass der Tisch tatsächlich soundso gewackelt hat (dass B bestand, steht also außer Frage). Nun kann man dazu übergehen, ein kausales Gesetz zu bewähren, indem experimentell geprüft wird, ob durch das Wackeln des Tisches tatsächlich das Tintenfass auf den Boden geschleudert werden kann (dieses kausale Gesetz ist natürlich kein wissenschaftliches Gesetz, da es auf konkrete Einzeldinge Bezug nimmt). Es lässt sich auch eine wissenschaftliche Begründung des behaupteten kausalen Zusammenhangs zwischen dem Eintreten von B und dem Eintreten von A konstruieren. Zu diesem Zweck ist für das aus Tisch, Fußboden und Tintenfass bestehende ‚System‘ ein theoretisches Modell der Mechanik zu spezifizieren.²²⁰ Dazu muss insbesondere die Masse des Tintenfasss bestimmt und eine vektorielle Charakterisierung der durch das Wackeln des Tisches verursachten Kräfte vorgenommen werden. Aus den Gesetzen der Mechanik lässt sich dann der Zustand dieses Modellsystems nach dem Wirken der Kräfte ableiten. Die GEU wäre dann wissenschaftlich fundiert und nach meiner Vereinbarung in 4.2.1 eine wissenschaftliche GEU. Gleich, wie die Rechtfertigung der behaupteten Kausalrelation vorgenommen wird, handelt es sich dabei in jedem Fall um die Aktualisierung einer Rechtfertigungspraxis, nicht um das Anführen einer Erklärung.

Problem K-5 wurde von Salmon für Fälle konstruiert, die in meiner Konzeptualisierung GEU sind. Tatsächlich stellt sich Problem K-5 *nicht* für GEU: Der Verweis etwa auf Toms unbehandelte Syphilis (Sachverhalt B) ist als GEU für Toms Parese (Sachverhalt A) zu akzeptieren, auch wenn nur 25% der unbehandelten Syphilitiker Parese entwickeln. Es würde auch keinen Unterschied machen, wenn es nur 1% wären. Voraussetzung ist lediglich, dass es ge-

²²⁰ Für den Begriff des theoretischen Modells siehe Kap. 5.2.4.

rechtfertigt ist, Toms Syphiliserkrankung als Ursache für dessen Parese anzusehen. Denn nach dem hier vertretenen Begriff der GEU geht es beim Erklären um die Vermittlung von Genesewissen, da dieses relevant für die Handlungen ist, die in Bezug auf die *explanandum*-Tatsache zu vollziehen sind (bzw. vollzogen oder nicht vollzogen werden sollten, wenn man bestimmte Zwecke hat). Es geht nicht darum, dass Ereignisse des Typs von B immer oder auch nur meistens Ereignisse des Typs von A verursachen, es reicht aus, zu wissen, dass B A verursachte. Diese singuläre Kausalbehauptung kann natürlich angezweifelt werden, sodass die Frage nach ihrer Rechtfertigung aufkommt. Weiß man, dass unbehandelte Syphilis nach einem Zeitintervall τ Parese verursachen *kann*, weiß man ferner, dass sich Toms Syphilisinfection zu einem Zeitintervall τ vor dem Auftreten seiner Parese ereignete, und sind bzw. waren auch die weiteren in dem statistischen Gesetz enthaltenen Situationsmerkmale instanziiert (etwa die spezifische Art der Parese betreffend), dann geht es nur noch darum, in Toms Leben nach alternativen Ursachen für eine solche Parese zu suchen. Finden sich keine, ist davon auszugehen, dass in Toms Fall tatsächlich unbehandelte Syphilis Parese verursacht hat.

Die gegen den DN/IS-Begriff der Erklärung vorgebrachten Einwände K-1 – K-5 können also nicht gegen die von mir in 4.2.1 vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher (physiologischer) Erklärung vorgetragen werden. Da es sich um klassische Einwände in der Debatte um wissenschaftliche Erklärungen handelt, stützt dieser Befund einerseits meine Erklärungs-begriffe. Andererseits zeigt er, dass die durch diese Einwände begründete Abwendung vom DN/IS-Begriff nicht im Mechanistischen Erklärungs-begriff enden muss, auch wenn es in der Mechanistischen Literatur gelegentlich so dargestellt wird (vgl. 2.3.2).

4.3 Zusammenfassung

Entsprechend der Rekonstruktionsskizze in 1.3 bestimmte ich in 4.1 Begriffe lebensweltlichen Erklärens und kam in 4.2 vor dem Hintergrund der in Kap. 3 entwickelten Grundmerkmale wissenschaftlicher (physiologischer) Praxis zu der Einsicht, dass in drei genuinen Bedeutungen von Erklärungen in der Physiologie gesprochen werden kann: Allgemeine Kausalerklärungen für das Eintreten von Situationen des Typs S, die in einer Angabe aller bekannten Kausalgesetze bestehen, in denen das Eintreten von S als Wirkung auftritt, können wissenschaftlich genannt werden, wenn sie wissenschaftliches Kausalwissen vermitteln, entweder indem sie selbst wissenschaftliche Kausalgesetze oder aber indem sie Spezialfälle solcher sind. Das gleiche gilt für Erklärungen von Kausalrelationen, in denen (in Form einer Sequenz kausaler Gesetze) die kausalen Zwischenschritte angegeben werden. Die Genese-Erklärung einer indi-

viduellen Tatsache, die in der Angabe der Ursache dieser Tatsache besteht (GEU), kann wissenschaftlich genannt werden, wenn sie wissenschaftlich fundiert ist, sich also mit Hilfe eines wissenschaftlichen Kausalgesetzes rechtfertigen lässt. Dazu muss begründet werden können, dass die Ursache, von der die GEU handelt (also das *explanans*), den im Antecedens des wissenschaftlichen Kausalgesetzes ausgedrückten Sachverhaltstyp instanziiert bzw. instanziierte, und das *explanandum* den im Succedens desselben Gesetzes ausgedrückten Sachverhaltstyp. In Kap. 5 werde ich zeigen, dass in der Physiologie die Maschinenfunktionserklärungen (als besondere Form der Erklärungen von Kausalrelationen) eine zentrale Stelle einnehmen – sie werden für Maschinen-Modelle von biologischen Untersuchungsgegenständen formuliert. Dies wird auch erst die Möglichkeit geben, zu verstehen, welche Gegenstände genau von den Mechanisten als Mechanistische Erklärungen konzeptualisiert werden. Bei diesen handelt es sich – im Rahmen meiner Konzeptualisierung – nämlich auf jeden Fall nicht um gewöhnliche wissenschaftliche Erklärungen. Denn zu den KME konnte nicht einmal ein lebensweltliches Analogon gefunden werden, während sich die ÄME im Unterschied zu den hier vorgeschlagenen Erklärungs Begriffen auf Mechanismen beziehen. Außerdem handelt es sich bei ÄME sowie bei KME um (wie auch immer genau zu verstehende) Beschreibungen, was von den hier vorgeschlagenen Begriffen wissenschaftlicher Erklärung nicht gesagt werden kann.

In 4.2.2 und 4.2.3 habe ich die drei von mir vorgeschlagenen Begriffe wissenschaftlicher Erklärung diskutiert. Ich argumentierte dafür, dass entsprechende Erklärungen nicht empfangervariant sind, dass mein Ansatz also kein sogenanntes ‚pragmatisches‘ Erklärungsverständnis impliziert. Ferner habe ich meine Erklärungs begriffe gegen klassische Einwände verteidigt, die gegen den DN/IS-Erklärungs begriff erhoben wurden. Dadurch konnte ich die von mir vorgeschlagenen Erklärungs begriffe einerseits stützen und etwas elaborieren. Andererseits ist dieser Befund insofern wichtig, als die Mechanisten sich aufgrund solcher klassischer Einwände vom DN/IS-Begriff abgewendet und zu ihrem Mechanistischen Erklärungs begriff hingewendet haben. Meine Begriffe wissenschaftlicher Erklärung stellen also auch für den Kritiker der Angemessenheit des DN/IS-Begriffs in der Physiologie eine Alternative zu den Mechanistischen Erklärungs begriffen dar.

Kapitel 5: Physiologische Modellanwendung und Modellkonstruktion

In Kap. 5 werde ich verschiedene Begriffe wissenschaftlicher (und insbesondere physiologischer) Modellanwendung und -konstruktion und somit verschiedene Begriffe von wissenschaftlichen (physiologischen) Modellen rekonstruieren. Gemäß der Rekonstruktionsskizze in 1.3 werde ich in 5.1 zunächst lebensweltliche (handwerkliche oder technische) Formen der Modellanwendung und -konstruktion bestimmen und in 5.2 dann zu einer entsprechenden Entwicklung wissenschaftlicher Begriffe übergehen.

Die Einführung von Modell-Begriffen in meine Konzeptualisierung hat verschiedene Funktionen. Erstens erweitert sie die vor allem in Kap. 3 in Grundzügen erstellte Konzeptualisierung physiologischer Praxis. Um dies zu erläutern, möchte ich den Stand der Konzeptualisierung noch einmal kurz referieren. In Kap. 3 habe ich sehr grundlegende Bestimmungen physiologischer Praxis entworfen, die auch von vielen anderen wissenschaftlichen Praxen geteilt werden: Der Anspruch, Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen zu akkumulieren, wird durch die Praxis des Experimentierens (vgl. 3.1.3) eingelöst. Der Zweck, zu dem ich die hier in ihren Grundlagen zu rekonstruierende physiologische Praxis als Mittel vorstelle, liegt aber genauer in der möglichst effizienten Akkumulation von Manipulations- und Vorhersagewissen, wobei Effizienz zum einen als Effizienz in Bezug auf bestmögliche Anwendung und Lehre zu begreifen ist, andererseits als Produktivität der Akkumulation in Bezug auf weitere Akkumulation (vgl. 1.3). *Wissenschaftliches* Experimentieren, das sich durch zusätzliche Relevanzprüfungen auszeichnet, ist ein adäquates Mittel dazu, möglichst generelles Wissen zu erzeugen, was in Bezug auf Anwendung und Lehre zweckmäßiger ist als Unmengen sehr spezifischen Wissens (vgl. 3.2.1). Es gibt aber noch eine andere Hinsicht, in der Wissen effizient in Bezug auf Anwendung und Lehre sein kann, nämlich seine zweckmäßige Organisation (bzw. weitere Bestimmungen zweckmäßiger Organisation, neben der hohen Generalität der das Wissen ausdrückenden der Aussagen). In Bezug auf diese, sowie in Bezug auf die Produktivität des physiologischen Wissens ist die bisher konstruierte physiologische Praxis noch mangelhaft. Andere wissenschaftliche Disziplinen lösen diese beiden Ansprüche durch die Entwicklung axiomatisierter Theorien ein, in der Physiologie sind Axiomatisierungen aber offensichtlich nicht möglich (vgl. 3.2.2). In der Physiologie kann daher prinzipiell nur in einem sehr weiten Sinne von Theorien gesprochen werden, in denen jeweils das Wissen eines der instrumentell unterschiedlich zugänglichen Gegenstandsbereiche (das Verhalten der Lebewesen sowie die Ereignisse an Geweben, Zellen und Biomolekülen) zusammengefasst wird, und die den Anspruch an eine zweckmäßige Organisation des Wissens und an seine

Produktivität nur sehr ungenügend erfüllen: Es wird innerhalb jedes Gegenstandsbereichs versucht, möglichst viel Gesetzeswissen über Entitäten auf sehr allgemeinen Klassifikationsstufen zu bewähren und entsprechend sinnvolle Klassifikationssysteme zu entwerfen, die im besten Fall noch das Aufwerfen von Forschungsfragen ermöglichen (wobei es sich um bloße Fragen handelt, nicht, wie im Falle axiomatisierter Theorien, um Hypothesen). Sofern die hier in Grundmerkmalen konstruierte physiologische Praxis auch eine Rekonstruktion tatsächlicher physiologischer Praxis sein soll, ist es sogar inadäquat, sie als eine Praxis aufzufassen, die über jene vier Gegenstandsbereiche Theorien in diesem weiten Sinne entwickelt. Denn – so merkte ich am Ende von 3.2.2 an – die vier Gegenstandsbereiche werden faktisch nicht unabhängig voneinander erforscht (eine zentrale Frage in der Erforschung eines Gewebes ist beispielsweise die Frage nach seiner ‚Funktion‘ im Lebewesen). Das Wissen über die Gegenstandsbereiche wird auch immer in einer integrierten Form oder zumindest nie konsequent isoliert dargestellt. Handeln Lehrwerke der Zellbiologie stellenweise auch nur von Zellen, nicht von Biomolekülen oder Geweben, so wird dieses Wissen über Zellen doch immer wieder in Wissen über Gewebe eingebettet, die aus den Zellen bestehen. Ebenso wird immer wieder molekularbiologisches Wissen, also Wissen über Biomoleküle, aus denen Teile der Zellen bestehen, angeführt. Neben der Ermittlung und Darstellung zeichnet sich auch die Anwendung physiologischen Wissens durch eine solche Integration aus, indem nicht selten Wissen über verschiedene Gegenstandsbereiche gleichzeitig konsultiert wird (vgl. 3.2.2). Entsprechend meiner Wiedergabe von Gegenstandsbestimmungen der faktischen Physiologie (siehe Einleitung) und meiner (teils dadurch motivierten) Zweckvorstellung für physiologische Praxis (siehe 1.3) wird physiologisches Wissen über Gewebe, Zellen und Biomoleküle in Forschung, Lehre und Anwendung also letztlich immer auf Lebewesen und deren Verhalten bezogen.

Neben einer Ergänzung meiner Konzeptualisierung, die die Produktivität der Akkumulation physiologischen Wissens sowie seine zweckmäßigere Organisation in Bezug auf Anwendung und Lehre gewährleistet – wobei bestenfalls deskriptive Adäquatheit gewahrt wird – steht ebenfalls noch ein Alternativvorschlag zur Konzeptualisierung derjenigen Gegenstände aus, die in der Mechanistischen Konzeptualisierung als Beschreibungen von Mechanismen (vor allem der KME) begriffen werden. Außerdem möchte ich (auf Grundlage eines noch entsprechend zu bereitenden begrifflichen Bodens) zeigen, dass der Begriff einer zusätzlichen Experimentalpraxis, die nicht auf die Entdeckung von Kausalwissen sondern auf die Entdeckung von Konstitutionswissen zielt, nicht erforderlich ist.

Auch für diese noch ausstehenden Abgrenzungen von der Mechanistischen Konzeptualisierung lassen sich – vor dem Hintergrund des Programms meiner Arbeit (siehe Einleitung) und der in 2.3 herausgearbeiteten Kritik am Mechanistischen Erklärungs begriff – Adäquatheitsbedingungen formulieren: Mein Alternativvorschlag zum Begriff der Beschreibung von Mechanismen soll klären, welcher Art die Aussagen sind, auf die die Mechanisten diesen Begriff anwenden, denn um beschreibende Aussagen (im strengen Sinne von 1.1.3) kann es sich bei diesen nicht handeln. Mein alternativer Konzeptualisierungsvorschlag zum Begriff der KME soll ferner ohne den Begriff einer zwischen verschiedenartigen Ereignissen vorliegenden Abhängigkeitsrelation der Konstitution auskommen und stattdessen nur die Kausalrelation als reale Abhängigkeitsrelation vorsehen.

Zuletzt möchte ich noch auf einen randständigen Punkt hinweisen, dessen Klärung in Kap. 5 zu lokalisieren ist. In der kritischen Diskussion des Interventionistischen Ansatzes (vgl. 3.1.4) bemerkte ich, dass eine Möglichkeit, Kausalwissen über praktisch nicht manipulierbare Entitäten oder Phänomene zu erlangen, in der Verwendung von Experimentalmodellen besteht. Auch auf diesen randständigen Punkt werde ich – in der gebotenen Kürze – in 5.2 eingehen.

Ich werde die eben genannten Punkte in 5.2 in folgender Reihenfolge behandeln: Der in 5.2.1 vorzustellende Begriff des Experimentalmodells gestattet eine Klärung der Ermittlung von Kausalwissen an praktisch nicht manipulierbaren oder ungern manipulierten Gegenständen. Der in 5.2.2 einzuführende Begriff des physiologischen Forschungsmodells zeigt, wie physiologische Forschung durch Modelle angeleitet und dadurch produktiver gemacht werden kann. In 5.2.3 werde ich mit dem Begriff des Lehrmodells eine Möglichkeit präsentieren, physiologisches Wissen in eine zu Lehrzwecken dienliche Organisationsform zu bringen. Der Begriff des theoretischen Modells – so werde ich in 5.2.4 argumentieren – erlaubt eine zweckmäßige Organisation physiologischen Wissens für die Anwendung. Die Ergänzung meiner Konzeptualisierung um die drei zuletzt genannten Modell-Begriffe, um die es in erster Linie gehen wird, kann insofern als deskriptiv adäquat angesehen werden, als dass durch sie in der physiologischen Forschung sowie in der Darstellung (Lehre) und Anwendung physiologischen Wissens der gleichzeitige Bezug auf Gegenstände unterschiedlicher physiologischer Gegenstandsbereiche vorgesehen ist. Zum Zweck der besseren Übersichtlichkeit werde ich in einem gesonderten Abschnitt (5.3) verdeutlichen, inwiefern meine Konzeptualisierung eine in den oben genannten Punkten alternative Konzeptualisierung zur Mechanistischen Konzeptualisierung ist.

5.1 Modellanwendung und Modellkonstruktion im lebensweltlichen (handwerklichen) Kontext

Der Ausdruck ‚Modell‘ wurde ursprünglich in der Baukunst und Architektur für eine maßstabsgetreue Repräsentation eingeführt; sein zweiter allgemein vertrauter Gebrauch in den Diskursen der Malerei entstand im Italien des 16. Jhd. (vgl. Frey 1961, 89). Seine Verwendung insbesondere im erstgenannten Kontext soll nun als Leitfaden dienen, zwei lebensweltliche (handwerkliche/technische) Begriffe des Modells zu entwerfen, die als Ausgangspunkt verschiedener wissenschaftlicher Modell-Begriffe dienen können. Auch wenn die handwerkliche Tätigkeit (heutzutage) nicht zu jedermanns Alltag gehört (weshalb eine Analyse von Sprachspielen eher unangemessen wäre), lässt sich eine Vertrautheit mit handwerklicher Modellkonstruktion voraussetzen, die zum problemlosen Nachvollzug der drei Beispiele hinreichend ist, anhand derer ich die zwei lebensweltlichen Begriffe einführen möchte.

Als erstes Beispiel diene das klassische Architektur-Modell. Solche Miniaturen von – gegebenenfalls noch nicht errichteten – Bauwerken werden von Architekten für potenzielle Käufer konstruiert (die i.d.R. die Baupläne nicht lesen können). Als zweites, nahe verwandtes Beispiel soll das Stadt-Modell dienen, wie es etwa von Städteplanern konstruiert wird, um politische Entscheidungen über Veränderungen der Stadtlandschaft zu stützen oder strategische Erwägungen in Kriegs- oder Katastrophensituationen. Mein drittes Beispiel unterscheidet sich stärker von den beiden erstgenannten. Es handelt sich um den etwa von Lange 1999, 139f. geschilderten Fall des Modells für die Konstruktion der Kuppel der Kathedrale von Florenz, das in seinem spezifischen Anwendungsbereich als Prototyp seiner Art gelten kann. Die Baumeister der Kathedrale von Florenz orientierten sich in der Erbauung der Kirche zunächst an verschiedenen Holzmodellen, welche sie 1367 durch ein ‚statisch realistischeres‘ steinernes Modell austauschten, nachdem sie Instabilitäten an dem nach den Holzmodellen konstruierten Bau festgestellt hatten. Als 1417 der Bau des kompliziertesten Teils – der Kuppel des Vierungsturms – anstand, musste man abermals eine Divergenz zwischen den statischen Eigenschaften der modellierten Kathedrale und der wirklichen, noch im Bau begriffenen Kathedrale feststellen. Filippo Brunelleschi und Lorenzo Ghiberti (die Gewinner eines Wettbewerbs zur Konstruktion eines verbesserten Modells) wurden angehalten, gemeinsam ein weiteres, finales Modell zu konstruieren. Vor dem Hintergrund des Zwecks dieser Modellkonstruktion ist es verständlich, dass die Künstler beim Modellbau nur diejenigen Materialien verwenden sollten, die auch beim Weiterbau der richtigen Kathedrale verwendet werden konnten – eine ständige Observation ihrer Arbeit stellte sicher, dass sie keine stabilisierenden Einrüstungen einbauten,

die es in der richtigen Kirche nicht würde geben können. Das so entstandene Modell garantierte also den Erfolg der Fertigstellung des wirklichen Bauwerks.

Ich möchte ausgehend von diesen Beispielen den begrifflichen Unterschied zwischen *vorbildlichen* Modellen, also Modellen *für* etwas, und *abbildlichen*²²¹ Modellen, also Modellen *von* etwas explizieren. Dabei stütze ich mich auf die nämliche Unterscheidung in Lange 1999, 138, die ich etwas ausarbeiten und ergänzen möchte. Bei den Modellen in den drei repräsentativen Beispielen handelt es sich um Artefakte. Die Bestimmung der Modell-Begriffe bzw. der Begriffe des Modellierens beginnt daher am besten mit einer Betrachtung der Zwecke, die in den Beispielen mit der Erzeugung dieser Artefakte verfolgt werden bzw. wurden. Lange charakterisiert den Zweck der Modellierung der Kuppel der Florentiner Kathedrale wie folgt:

„Zweck des Kuppelmodells von Brunelleschi und Ghiberti war also die Erprobung von technischen Mitteln, die im Bauvorgang Verwendung finden sollten“ (ebd., 140),

was man als „Prüfung und gegebenenfalls Verbesserung einer Handlungsanweisung“ (ebd.) verstehen könne. Die Handlungsanweisungen sind dabei als konkrete Anweisungen im Weiterbau der richtigen Kathedrale zu verstehen. Genauer sollte es heißen, dass durch die erfolgreiche Erzeugung des Modells Wissen erlangt wird, das anschließend dazu genutzt werden kann, die *erwartbar gelingende* Konstruktion eines richtigen Bauwerks anzuleiten:

„Der Modellbau, so die Lehre aus dieser geschichtlichen Betrachtung, ist [aufgrund der Observation des Modellbaus, JK] ein Mittel zum Erwerb eines personeninvariant verfügbaren Konstruktionswissens, das in Gestalt von generellen [und somit auch beim Bau der *richtigen* Kathedrale verwendbaren, JK] Anweisungen zu Verfahrensabläufen festgelegt werden kann“ (ebd.).

Durch die Konstruktion des Modells wird also eine synthetische Norm gerechtfertigt: Wenn ein soundso beschaffener, noch keine Kuppel tragender Grundbau einer Kathedrale vorliegt (Ausgangssituation) und eine stabile Kathedrale mit soundso beschaffener Vierungsturmku-
ppel realisiert werden soll (Zweck), dann verfare auf diese und jene Weise! Das Verfahren folgt aus dem am Modell erprobten Konstruieren der Vierungsturmku-
ppel. Wenn man der Ansicht ist, dass die Ausgangssituation im Grundbau der wirklichen Kathedrale vorliegt, kann die Kuppelkonstruktion am Vorbild des Modells, also durch Anwendung des am Modell gerechtfertigten Verfahrenswissens vorgenommen werden. Die Miniaturkathedrale (genauer:

²²¹ ‚Abbildlich‘ verwende hier ich anstelle von ‚abbildend‘ als technischen Ausdruck, um die Suggestion zu vermeiden, Modelle dieser Art müssten Kopien von etwas sein.

ihre Vierungsturmkuppel) dient also als *vorbildliches* Modell für die Konstruktion der wirklichen Kathedrale (genauer: deren Vierungsturmkuppel).

Die ersten beiden Beispiele repräsentieren demgegenüber Fälle einer anderen Art des Modellierens. Bei der Konstruktion eines heute üblichen Architektur-Modells oder Stadt-Modells geht es nicht um die Erzeugung von Wissen darüber, wie ein Gebäude oder eine Stadt zu konstruieren sei. Das Modellieren liefert hier keine Konstruktionsvorschriften, vielmehr beruht seine eigene Konstruktion auf Vorschriften, die in Form von Bauplänen gegeben sind, oder in Form der wirklichen Gegenstände (bzw. ausgehend von diesen formuliert werden könnten). Man kann Modellieren dieser Art als *abbildliches* Modellieren bezeichnen, wobei ein abbildliches Modell eines Dings x immer ein Modell von diesem Ding x ist.

Meiner Ansicht nach lässt sich der Zweck, zu dem abbildliches Modellieren Mittel ist, als Zweck der Illustration (in einem weiten Sinne) auffassen. Illustration dient einerseits der Erleichterung ästhetischer Beurteilung. In diesem (hier aber nicht relevanten) Sinne vermittelt ein abbildliches Modell vom Brachiosaurus in einem zoologischen Museum etwa den Eindruck der Mächtigkeit des Tiers. Illustration kann aber als *übersichtliche Darstellung* oder *anschauliche Vermittlung von Wissen* Mittel auch zu einem nicht-ästhetischen Zweck sein – in dieser Verwendungsweise vermag sie es, die Beurteilung der Zweckmäßigkeit ihres Gegenstands in verschiedensten planerischen Kontexten zu stützen: Der Sinn eines Architektur- und eines Stadt-Modells besteht darin, Wissen um die Anordnung der Teile des modellierten Gegenstands, ihrer Proportionen, und prinzipiell auch weiterer Eigenschaften wie etwa ihrer Farben und Farbverhältnisse insbesondere für Laien übersichtlich darzustellen. Eine solche übersichtliche Darstellung mag dann zu verschiedenen Zwecken dienen, wie etwa den strategischen Überlegungen eines Generals (Stadt-Modell) oder Käufererwägungen (Architektur-Modell). Ich sehe es als unstrittige Tatsache an, dass das auf diese Weise anschaulich präsentierte Wissen auch in Form einer Beschreibung geliefert werden könnte. Eine Beschreibung ist im Falle hinreichend komplexer Objekte aber offenkundig selbst so komplex, dass sie kein adäquates Mittel ist, jene Erwägungen zu stützen.

Während vorbildliches Modellieren also der Erzeugung von Konstruktionswissen und somit der Erzeugung von Konstruktionsvorschriften dient, dient das selbst immer auf Konstruktionsvorschriften basierende abbildliche Modellieren der auf Anschauung beruhenden, effizienteren Wissensvermittlung. Die ‚Konstruktionsvorschriften‘, die zur Erzeugung des abbildlichen Modells herangezogen werden, können schlicht aus der Betrachtung des Gegenstands abgeleitet werden, aus Plänen des Gegenstands, oder aus einer Vielzahl von Einzelfunden (wie im Falle des Brachiosaurus-Modells).

Im Rest von 5.1 möchte ich mich drei Fragestellungen zuwenden:

- 1) Wie verhält sich ein abbildliches Modell zum modellierten Gegenstand und ein vorbildliches Modell zu dem Gegenstand, zu dessen Konstruktion es Vorschriften liefert?
- 2) Was macht einen Gegenstand zu einem Modell – muss ein Gegenstand beispielsweise *als Modell konstruiert* werden?
- 3) Gegenstände welcher Typen (beispielsweise konkrete Gegenstände, Zeichnungen, etc.) können abbildliche oder vorbildliche Modelle sein, und Gegenstände welcher Typen können abbildlich modelliert bzw. nach Vorschriften eines vorbildlichen Modells konstruiert werden?

In Bezug auf Frage (1) illustrieren die Beispiele, dass sich das Verhältnis zwischen Modell und Gegenstand am konkreten Zweck des Modellierens bemisst. Der Zweck ist ausschlaggebend dafür, welche Eigenschaften ein Modell aufweisen *muss*, welche Eigenschaften es *nicht* aufweisen *muss* und welche es sogar *nicht* aufweisen *darf*. Das Modell für die Florentiner Kathedrale muss aus dem Material sein, das im Bau der Kathedrale verwendet werden kann, ferner muss es relativ zur im Bau befindlichen wirklichen Kirche maßstabsgetreu sein. Seine Farbe sowie seine Größe sind gleichgültig. In einem Architektur- oder Stadt-Modell ist dagegen das Material irrelevant; hier ist allerdings die Größe entscheidend. Denn der Zweck des Modellierens liegt schließlich darin, Wissen um die Verhältnisse gewisser Gegenstände überschaubar darzustellen. An einem Modell lassen sich also stets relevante von irrelevanten Eigenschaften unterscheiden. Bei der Benutzung des Modells geht es dann nur um die relevanten Eigenschaften, die M. Weisberg in seinem einflussreichen Werk über modellbasierte Wissenschaft aus diesem Grund auch als „scope“ eines Modells bezeichnet (die Passage beschränkt sich auf abbildliche Modelle):

„Modelers [...] make decisions about which aspects of their models are to be taken seriously. Their intended scope specifies which aspects of potential target phenomena [modelled objects, JK] are intended to be represented by the model“ (Weisberg 2015, 40).

Darüber hinaus lässt sich verschiedenen abbildlichen Modellen desselben Gegenstands eine unterschiedliche „*representational capacity*“ (ebd., 43) zuschreiben, die sich an der jeweiligen Zweckdienlichkeit des Modells bemisst. Ein Stadt-Modell, in welchem die Einfamilienhäuser der Vororte durch Streichholzschachteln modelliert sind, besitzt etwa eine geringere repräsen-

tationale Kapazität als ein Modell, in welchem durch feinere Konstruktionen die Größenunterschiede der Häuser berücksichtigt sind.

In Bezug auf Frage (2) demonstrieren die Beispiele, dass die Zuschreibung an einen Gegenstand, vorbildliches oder abbildliches Modell zu sein, eine Eigenschaft dieses Gegenstands ausdrückt, die er durch eine gewisse Verwendung in einem Handlungskontext besitzt. Die bloße Betrachtung eines Gegenstands reicht also prinzipiell nicht aus, um ihn als Modell zu identifizieren; man muss vielmehr die praktischen Kontexte kennen, in denen er tatsächlich genutzt wird. Eine Streichholzschachtel kann ein abbildliches Modell eines Einfamilienhauses sein, wenn es zu diesem Zweck in ein Stadt-Modell integriert wird. Umgekehrt kann sich herausstellen, dass ein für ein Architektur-Modell gehaltenes Miniaturgebäude überhaupt kein abbildliches Modell eines Gebäudes sondern vielmehr ein auf bloßer Fiktion beruhendes Kunstwerk ist. Auch beim Anblick eines eisernen Schmuckstücks kann nicht gesagt werden, ob es nun ein vorbildliches Modell für ein Schmuckstück aus Gold ist oder nicht. Hieraus folgen zwei interessante Konsequenzen.

Erstens müssen Gegenstände, die als Modelle dienen sollen, nicht mit dem Zweck konstruiert worden sein, als Modelle zu dienen. Vielmehr können auch Artefakte, die zu völlig anderen Zwecken hergestellt wurden, als Modelle verwendet und somit zu Modellen gemacht werden. So könnte ein zu Dekorationszwecken gebauter Miniatur-Eiffelturm die Rolle eines abbildlichen Eiffelturm-Modells in einem Modell von Paris spielen. Ebenso könnte ein für lange Zeit als Schmuck getragenes Metallschmuckstück zu einem Modell für ein entsprechendes Goldschmuckstück gemacht werden. Weil das Modell-Sein eines Gegenstands also nicht zwingend an seine Konstruktion als Modell gebunden ist, möchte ich die Praxis des Modellierens nicht auf die *Konstruktion* von Modellen einschränken. Vielmehr will ich auch die *Konsultierung* oder das *Heranziehen* eines bereits bestehenden Gegenstands *als* Modell ‚Modellieren‘ nennen. Eine solche Konsultierung schließt dann gegebenenfalls die Veränderung des Objekts, vor allem aber die Festlegung der für seine Rolle als Modell relevanten Eigenschaften ein.

M. Weisberg verweist auf den natürlichen Grenzfall des Konsultierens von Objekten *als* Modellen: Bei Modellen müsse es sich nicht einmal um Artefakte, es könne sich auch um „naturally occurring [...] structures and phenomena“ (ebd., 24) handeln. Diese Möglichkeit besteht zumindest prinzipiell: Ein Nahverkehrsplaner könnte in den auf einem Holzstück sichtbaren Fraßspuren eines Holzwurms eine Lösung für einige Gestaltungsprobleme eines Busliniennetzes erblicken und anschließend diesen Naturgegenstand als Modell für die Liniennetzgestaltung verwenden. Ebenso könnten Strukturen auf einem Gesteinsbrocken ein hinreichend gutes abbildliches Modell von einem bestimmten Gebirgszug der Alpen abgeben.

Eine zweite Konsequenz aus der Ansicht, dass Modelle ihre Modell-Eigenschaften erst durch eine gewisse Art der Verwendung erhalten, liegt darin, dass derselbe Gegenstand sowohl als abbildliches wie auch als vorbildliches Modell dienen kann. Das vorbildliche Modell der Florentiner Kathedrale könnte etwa im Anschluss an den Bau der Kirche als abbildliches Modell der Kirche dienen (z.B. in einem – wenn auch recht großen – Stadt-Modell). Auch die Frage, ob ein Modell vorbildlich oder abbildlich ist, hängt also von seiner Verwendung ab. Ich möchte diesen Umstand an einem weiteren berühmten Beispiel für ein vorbildliches Modell illustrieren, welches im Rest des Kapitels einen wichtigen Bezugspunkt darstellen wird. Es handelt sich um John Rebers Modell der Küste von San Francisco, das Weisberg als zentrales Beispiel dient (vgl. ebd., 7ff.). Reber hatte in den 1940er Jahren den Plan, die Küste von San Francisco mit Deichen zu versehen, um auf diese Weise Land zu gewinnen und die Wasserversorgung der Stadt zu verbessern. Zu diesem Zweck baute er in einer geschützten Anlage eine proportionsgetreue Miniaturversion jener Küste nach, die neben allen relevanten Bodeneigenschaften auch Wasser enthielt. Dieses entsprach in Salzgehalt und Temperatur dem wirklichen Küstenwasser, und dessen Zirkulation wurde durch zweckmäßig eingerichtete Pumpen imitiert. Dann installierte er in der Miniaturküste die geplante Eindeichung, um deren Effekte abschätzen zu können. Es stellte sich heraus, dass die beabsichtigte Veränderung missliebige Folgen haben würde, da sich in der aufgrund der Deiche weniger durchfluteten Küste die durch Flüsse zugeführten Abwässer konzentrieren würden (ebd., 84ff.). Auch wenn Rebers Miniaturküste ohne die Deiche als (kostspieliges) abbildliches Modell der wirklichen Küste hätte Verwendung finden können, wurde die eingedeichte Küste als vorbildliches Modell für entsprechende Veränderungen an der wirklichen Küste konstruiert, auch wenn man das Modell schließlich nicht anwendete, da man nicht den Zweck verfolgte, die Abwässer in der Küste zu konzentrieren.

Ich wende mich nun der dritten Frage zu: Gegenstände welcher Typen können als Modelle der beiden unterschiedenen Arten dienen? Ferner, Gegenstände welcher Typen können abbildlich modelliert, bzw. zur Konstruktion von Gegenständen welcher Typen können vorbildliche Modelle eingesetzt werden? Im Allgemeinen wird sich Weisbergs Feststellung bestätigen, dass Modelle entweder konkrete Einzeldinge oder abstrakte Gegenstände sein können.²²² Es gibt in dieser Hinsicht aber Unterschiede zwischen abbildlichen und vorbildlichen Modellen, die ich – neben einigen weiteren Differenzierungen – nun herausstellen möchte (die Ergebnisse sind in Tab. 4 am Ende von 5.1 übersichtlich zusammengefasst).

²²² Vgl. Weisberg 2015, 33ff. und 75.

Abbildliche Modelle lassen sich von konkreten wie auch von abstrakten Gegenständen erstellen. Ein Stadt-Modell ist ein Modell von einer ganz bestimmten Stadt, so wie ein Modell vom Kölner Dom ein Modell von einer ganz bestimmten Kirche ist. Vom abbildlichen Modell des Brachiosaurus kann man hingegen nicht sagen, dass es Abbild eines ganz bestimmten Brachiosaurus ist, der vor Millionen von Jahren lebte. Dies ist allein deshalb nicht der Fall, da das Wissen, auf dessen Grundlage das Modell erbaut wird, in der Regel nicht von den Überresten und Fossilien *eines* Brachiosaurus stammen wird. Vielmehr werden verschiedenste Funde und Erkenntnisse genutzt, um zu einer Vorstellung von Größe, Morphologie, Oberflächenbeschaffenheit usf. von Tieren dieser Art zu gelangen, von Tieren, die unter den Begriff des Brachiosaurus fallen. Noch wichtiger ist, dass die zeichnerische oder plastische Modellierung eines Brachiosaurus-Modells nicht den Anspruch erhebt, ein bestimmtes Individuum zu illustrieren, sondern schlicht Individuen, die unter den Begriff des Brachiosaurus fallen. Es könnte somit als Modell von einer ganzen Klasse von Gegenständen begriffen werden und damit als Modell von einem abstrakten Gegenstand.

Neben individuellen materiellen Körpern und Klassen von materiellen Körpern (bzw. Lebewesen) können auch Ereignisse bzw. Klassen von Ereignissen abbildlich modelliert werden. Ein gutes Beispiel hierfür liefern Planeten-Modelle, an denen sich die relativen Planetenbewegungen instanzieren lassen. Da nicht der Anspruch erhoben wird, die beispielsweise an einem solchen Modell realisierte (bzw. realisierbare) Erdrotation sei die Rotation der wirklichen Erde an einem ganz bestimmten Tag (und mithin ein ganz bestimmtes Rotationsereignis), handelt es sich auch hier um Modelle von Ereignisklassen. Es sind aber auch abbildliche Modelle von individuellen Ereignissen denkbar.

Gegenstände welcher Typen können *als* abbildliche Modelle dienen? Bislang wurden nur Beispiele für abbildliche Modelle angeführt, die selbst materielle Körper sind. Der Zweck abbildlichen Modellierens könnte aber ebenfalls durch Bilder erreicht werden. Zur Modellierung von Ereignissen bieten sich ‚bewegte Bilder‘ (Computeranimationen) oder Verlaufsskizzen an, wobei ich unter letzteren Sequenzen von Bildern verstehe, die je ein interessantes Stadium des Ereignisverlaufs zeigen. Ein Dozent könnte mittels einer Verlaufsskizze oder einer Computeranimation etwa den Arbeitszyklus eines Stirlingmotors präsentieren (modellieren).

Nun möchte ich Frage (3) für die vorbildlichen Modelle beantworten. Vorbildliche Modelle liefern *generelle* Konstruktionsvorschriften, die prinzipiell beliebig oft umsetzbar sind. Es ist eine kontingente Tatsache, dass Brunelleschis und Ghibertis Kathedralen-Modell bislang nur in Florenz umgesetzt wurde und dass sich für Rebers Küsten-Modell passende Randbedingungen bislang nur an der Küste von San Francisco fanden. Ein Eisenmodell für ein Gold-

schmuckstück mag etliche Male verwendet worden sein. Es diene also zur Konstruktion von Gegenständen einer bestimmten Art, die sich in einem entsprechenden Begriff spezifizieren lässt. Bei diesen Gegenständen muss es sich nicht um materielle Körper handeln, es kann sich auch um Ereignisse handeln, wie etwa im Fall eines Modells für einen bestimmten Kopplungsmechanismus (für Kopplungsmechanismen einer bestimmten Art).

Wie ist es um die Gegenstände bestellt, die *als* vorbildliche Modelle dienen können? Wie bei den abbildlichen Modellen können materielle Körper, Zeichnungen, Verlaufsskizzen und Animationen als vorbildliche Modelle dienen. Je nach Einzelfall ist der Einsatz eines Gegenstands bestimmten Typs als vorbildliches Modell zweckmäßig oder unzweckmäßig. Brunelleschis und Ghibertis Kathedralen-Modell wäre in Form einer Zeichnung nicht sehr förderlich gewesen. Ein Modell für einen Kopplungsmechanismus kann aber sehr wohl in Form einer Verlaufsskizze oder Animation vorgelegt werden und mag aus Kostengründen sogar der Konstruktion eines plastischen, bewegbaren Modells vorzuziehen sein.

Im Gegensatz zu den abbildlichen Modellen können als vorbildliche Modelle aber auch abstrakte Gegenstände dienen. Als Beispiel mag der in den 1930er Jahren entwickelte Kohlehoebel angeführt werden. Als vorbildliches Modell für die spezifische Bewegung der Spitze (des ‚Hobels‘) dieser Maschine zum Kohleabbau diene das Handlungsschema des Hobelns bzw. Schälens. Die Konstruktion der Maschine wurde dabei nicht an einer ganz bestimmten Schäl- oder Hobelbewegung orientiert, die irgendjemand in den 1930er Jahren vollzogen hat. Als Modell wurde Schälens bzw. Hobeln invariant gegenüber individuellen Aktualisierungen, also als Handlungsschema (als Ereignistyp) konsultiert.

Die Ergebnisse aus 5.1 lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Im technischen oder handwerklichen Kontext wurden zwei Modell-Begriffe unterschieden: Abbildliche Modelle *von* einem Gegenstand dienen der anschaulichen Illustration eines komplexen Gegenstands, vorbildliche Modelle *für* Gegenstände einer bestimmten Art leiten die Konstruktion entsprechender Gegenstände an. Je nach Zweck der Modellanwendung oder -konstruktion muss das Modell gewisse Eigenschaften mit dem Gegenstand teilen, von dem bzw. für den es Modell ist, andere Eigenschaften dürfen nicht am Modell vorliegen und manche Eigenschaften sind gleichgültig. Ein Gegenstand ist nur Modell, insofern er in einer bestimmten Weise als Modell genutzt wird. Modelle müssen daher nicht Gegenstände sein, die mit der Absicht konstruiert wurden, als Modelle zu dienen; es können sogar natürliche Gegenstände als Modelle konsultiert werden. Insbesondere kann ein und derselbe Gegenstand in verschiedenen Handlungskontexten als abbildliches und als vorbildliches Modell verwendet werden. Gegenstände unterschiedlicher Typen können als abbildliche bzw. vorbildliche Modelle dienen; ebenso kön-

nen abbildliche oder vorbildliche Modelle Modelle von bzw. für Gegenstände unterschiedlichen Typs sein (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Typen von Gegenständen, die durch abbildliche und vorbildliche Modelle modelliert werden können, bzw. als solche Modelle dienen können.

	Abbildliche Modelle	Vorbildliche Modelle
Modellierbare Gegenstände	<p>Klassen von materiellen Dingen oder Lebewesen (z.B. Brachiosaurus) und Ereignissen (z.B. Planetenbewegungen)</p> <p>Materielle Einzeldinge (z.B. Kölner Dom)</p>	<p>Materielle Dinge einer bestimmten Art (z.B. Kirchen vom Typ der Kathedrale von Florenz) und Ereignisse einer bestimmten Art (z.B. Kopplungsgetriebe eines bestimmten Typs)</p>
Gegenstände, die als Modell dienen können	<p>Materielle Einzeldinge (z.B. Brachiosaurus-Modell)</p> <p>Bilder, Animationen, Verlaufsskizzen (z.B. Verlaufsskizze des Arbeitszyklus eines Stirlingmotors)</p>	<p>Materielle Einzeldinge (z.B. Kathedralen-Modell)</p> <p>Bilder, Animationen, Verlaufsskizzen (z.B. Animation eines Kopplungsmechanismus)</p> <p>Typ eines Ereignisses oder eines materiellen Körpers (z.B. Handlungstyp (Handlungsschema) des Hobelns)</p>

5.2 Physiologische Modellanwendung und Modellkonstruktion

Auf der Grundlage der Unterscheidung abbildlicher und vorbildlicher Modelle möchte ich nun (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) vier Arten wissenschaftlichen (physiologischen) Modellierens vorstellen. Die Ergänzung meiner Konzeptualisierung physiologischer Praxis um die Begriffe des Forschungsmodells, des Lehrmodells und des theoretischen Modells kann den in der Einleitung zu Kap. 5 aufgelisteten verbleibenden Erfordernissen an meine Konzeptualisierung in einer deskriptiv adäquaten Weise Genüge tun.

5.2.1 Experimentalmodelle

Der Begriff des Experimentalmodells stellt einen Nachtrag zum Interventionistischen Kausalitätsbegriff dar (vgl. 3.1.4): Der Ausdruck ‚Experimentalmodell‘ ist für eine Klasse von Modellen geläufig, an denen Experimente durchgeführt werden, wenn sie aus Gründen der Praktikabilität, Gründen der Kosten oder der Ethik nicht an den Gegenständen durchgeführt werden können, über die eigentlich Kausalwissen erzielt werden soll: An einem ‚Modellsystem‘ der Art M wird – stellvertretend für Gegenstände G – experimentiert und ein Kausalgesetz der Form

$$5-1) \forall t (t \in S_1 \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$$

bewährt, wobei S_1 und S_2 Zustände (bzw. Ereignisse) an Gegenständen der Art M charakterisieren. Man beansprucht, dass dieses Gesetz auch für Gegenstände G gilt, weil man annimmt, dass diese den Gegenständen M in den relevanten Eigenschaften gleichen.

Dieses gewöhnliche Verständnis der Verwendung von Experimentalmodellen lässt sich folgendermaßen mit der Modell-Terminologie aus 5.1 rekonstruieren: Wie im Falle von Rebers Küsten-Modell wird an einem wissenschaftlichen Modellsystem der Art M durch Experimentieren ‚Herstellungswissen‘ ermittelt: Wenn eine Situation des Typs S_0 vorliegt, in dem das Modellsystem in einem typischen Zustand, etwa im ‚Ruhezustand‘ ist, dann kann man eine Situation des Typs S_2 (das Vorliegen eines bestimmten Zustands oder Ereignisses am Modellsystem) dadurch realisieren, dass man eine Situation des Typs S_1 herstellt (die im Vorliegen eines von S_2 verschiedenen Zustands oder Ereignisses am Modellsystem besteht). Denn eine Situation des Typs S_1 wird sich – so die Erkenntnis des Experimentierens am Modellsystem – von selbst in eine Situation des Typs S_2 verwandeln. Man rechtfertigt also – wie im Beispiel

des Küsten-Modells – eine synthetische Norm, mit dem einzigen Unterschied, dass in wissenschaftlichen Kontexten die in 3.2.1 formulierten Wissenschaftsstandards (größtmögliche Generalität, Reproduzierbarkeit, etc.) eingehalten werden müssen (man will schließlich wissenschaftliche Erkenntnisse erzeugen).

Weil man die Übereinstimmung von Modellsystemen M und Systemen G in allen Eigenschaften annimmt, die für die Rechtfertigung einer solchen Norm einschlägig sind, erhebt man – ebenfalls wie im Beispiel des Küsten-Modells – den Anspruch, dass die am Modellsystem ermittelte Norm auch für Systeme G gilt. Strenggenommen kann also auch im Falle wissenschaftlicher Experimentalmodelle der Modell-Charakter als ein *vorbildlicher* bewertet werden: Wenn man ausgehend vom ‚Ruhezustand‘ S_0 eines Systems G an diesem einen Zustand oder ein Ereignis des Typs S_2 realisieren will, so ist das System auf eine Weise zu verändern (so müsste das System auf eine Weise verändert werden), die durch S_1 spezifiziert ist. Das Modellsystem, an dem S_1 vorliegt, ist also das Vorbild für entsprechende Veränderungen am Gegenstand G, so wie Rebers um Deiche ergänzte Miniaturküste ein vorbildliches Modell für eine entsprechend wirklich veränderte Küste ist. Weil das experimentell in einer synthetischen Norm begründete Herstellungswissen Kausalwissen ist (siehe 3.1.3), impliziert diese Darstellung das oben angeführte gewöhnliche Verständnis von Experimentalmodellen: Am Modellsystem wird Kausalwissen ermittelt, von dem beansprucht wird, dass es auch für die ‚Zielgegenstände‘ (Gegenstände G) gilt.

Der Erfolg der Verwendung von Experimentalmodellen hängt an der Rechtfertigung der Behauptung der Übereinstimmung von Modellsystem und Gegenständen G in den einschlägigen Eigenschaften.²²³ Diese Behauptung kann falsifiziert werden, indem sich zeigt, dass jene Kausalverhältnisse an letzteren nicht vorliegen.²²⁴ Ihr kann aber auch Bestätigung verliehen werden, dann nämlich, wenn es Methoden gibt, das Vorliegen der relevanten Eigenschaften (etwa der stofflichen Beschaffenheit) an Gegenständen G zu prüfen. Andernfalls besitzt Kausalwissen über Gegenstände G, das am Modell gewonnen wurde, stärker hypothetischen Charakter als Kausalwissen, das durch direktes Experimentieren an diesen Gegenständen bewährt wird. Bei dieser Gelegenheit möchte ich aber nochmals darauf hinweisen, dass Experimentieren am Modell nicht die einzige Möglichkeit ist, Kausalwissen über praktisch nicht manipulierbare Gegenstände zu gewinnen. Denn Kausalwissen über solche Gegenstände kann oft auch aus allgemeinen Gesetzen abgeleitet werden, so etwa Kausalwissen über Planetenbewegungen aus dem Gravitationsgesetz, in das entsprechend große Werte als Massen eingesetzt werden.

²²³ Vgl. hierzu etwa Herfel 1995, 82.

²²⁴ Dieser Nachweis kann indirekt durch Beobachtung des *Ausbleibens* der zeitlichen Sukzession von S_1 - und S_2 -Instanzen an den Gegenständen G geschehen (siehe 3.1.3).

Da Modelle nicht konstruiert sein müssen, sondern auch konsultiert sein können (vgl. 5.1), kann die Verwendung von Modellorganismen in der Biologie und in klinischen Studien ebenfalls als Experimentieren am Modell in diesem Sinne begriffen werden. Beispiele für Modellorganismen der Molekulargenetik sind *Drosophila melanogaster*, E.coli-Bakterien und Bierhefen, auf deren Erforschung fast unser gesamter molekularbiologischer Wissensbestand zurückgeht. Deren Rolle als Modellorganismen ist allerdings erst auf der Grundlage von 5.2.2 zu verstehen. Dort werde ich zeigen, dass biologische Untersuchungsgegenstände in der Regel (und vernünftigerweise) nach bestimmten Organisationshypothesen erforscht werden – in der experimentellen Forschung geht es dann um die Bestätigung dieser Hypothesen. Modellorganismen O_1 lassen sich dann insofern als vorbildliche Modelle begreifen, als dass Teile der an ihnen bestätigten Organisationshypothesen in die Organisationshypothesen zu anderen Organismen O_2 aufgenommen werden. Denn die Bestätigung einer Organisationshypothese an Organismen O_1 besteht letztlich – so argumentiere ich in 5.2.2 – in der Bestätigung einer Menge von Kausalaussagen, die Organismen O_1 bzw. ihre Teile betreffen.

5.2.2 Forschungsmodelle

Bei Forschungsmodellen – die ich hier spezifisch für den Bereich der Physiologie vorstelle – handelt es sich um vorbildliche Modelle, die die Erforschung von Lebewesen oder ihren Teilen anleiten. Die Anwendung von Forschungsmodellen ist eine Praxis, die die Produktivität physiologischer Wissensakkumulation erhöht und gleichzeitig der oben angestellten Beobachtung gerecht wird, dass in der Physiologie die vier für sie einschlägigen Gegenstandsbereiche nicht isoliert voneinander erforscht werden. In 3.2.2 zeigte ich, dass die Konstruktion von Theorien über diese Gegenstandsbereiche mit dem Versuch einhergehen müsste, die Phänomene jedes Gegenstandsbereichs vollständig zu erforschen und zu diesem Zweck klassifikatorisch zu zerlegen. Diese Art der Forschung wird auch noch für die Erforschung biologischer Untersuchungsgegenstände nach Forschungsmodellen einer ganz bestimmten Klasse relevant sein, deren Verwendung sich vor dem Hintergrund der Zweckbestimmung in 1.3 als rational bezeichnen lässt (und um die es in diesem Abschnitt in erster Linie gehen wird).

Ich möchte die Darstellung mit einer historischen Betrachtung beginnen. Der Physiologie-Historiker E. Rothsuh hat dargelegt, dass verschiedene Strömungen der neuzeitlichen Physiologie stets mit „entlehnten Denkmodellen für den Organismus [für das Lebewesen, JK]“ (Rothsuh 1976, 137) arbeiteten. So habe die Physiologie im Anschluss an Descartes mit einem „technomorphe[n] Modell“ gearbeitet, welches „seinen Erklärungswert aus der Ver-

wandtschaft von Lebenserscheinungen mit technischen Vorgängen und handwerklichem Gerät [bezieht]“ (ebd.). Diesem stand das von E. Stahl vertretene und die späteren vitalistischen Auffassungen einleitende „psychomorphe Modell“ gegenüber, welches „in der Zurückführung von Lebensvorgängen auf bekannte seelische Vorgänge die beste Basis zu seinem [des Lebewesens, JK] Verständnis [sieht]“ (ebd.). Drittens habe im Anschluss an A. v. Haller ein „biomorphes Modell“ von Lebewesen Eingang in die physiologische Wissenschaft gefunden, welches von deren „charakteristischen Besonderheiten“ ausgehe, „zu denen sich Homologes weder in der toten Natur, noch in der Technik, noch im Seelischen nachweisen läßt“ (ebd.). Haller hatte nämlich experimentell die Zuschreibung der *besonderen* Eigenschaften der Irritabilität und Sensibilität an Muskel- und Nervengewebe etabliert. (Abgrenzung von Technik und toter Natur) und gezeigt, dass die Gewebe diese Eigenschaften behalten, auch wenn sie dem Lebewesen entnommen worden sind (Abgrenzung zum Vitalismus) (ebd., 138f.). Rothschuh unterscheidet noch ein viertes Denkmodell, das „mechanomorphe Modell“, welches den durch Physik und Chemie behandelten „Vorgängen der toten Natur nachkonstruiert“ sei, sodass mit ihm „Lebenserscheinungen aus den mehr oder minder als bekannt vorausgesetzten Gesetzmäßigkeiten der Natur“ (ebd.) erklärt würden. Ein mechanomorphes Modell wurde insbesondere im Deutschland der Mitte des 19. Jhd. von Forschern wie C. Ludwig, E. Du Bois-Reymond und H. v. Helmholtz in Anschlag gebracht (ebd., 141).

Diese vier Modellarten lösten sich im historischen Gang der Physiologie nicht ab. Vitalisten des 20. Jhd. arbeiteten mit einem psychomorphen Modell,²²⁵ obgleich nach dessen Einführung in die neuzeitliche Physiologie durch Stahl auch (noch) Modelle der drei anderen Typen verwendet worden waren. Das technomorphe Modell wird auch heute besonders intensiv genutzt (s.u.). Das biomorphe Modell findet auch lange nach Haller noch breite Anwendung.²²⁶

Diese historische Einführung diene dem Zweck zu demonstrieren, dass in der Physiologie Untersuchungsgegenstände in einer noch zu spezifizierenden Weise nach dem Vorbild gewisser ‚Denkmodelle‘ begriffen wurden (und werden). Ich gebrauche hier den Ausdruck ‚Forschungsmodelle‘, da das Heranziehen eines gewissen Gegenstands als ‚Denkmodell‘ für Lebewesen so verstanden werden kann, dass dieser Gegenstand als Modell dient, welches die Erforschung des Lebewesens und seiner Teile anleitet (s.u.). In meiner Spezifizierung dieser Form von Modellanwendung für die Physiologie wird es, begründet durch die Zweckvorstellung in 1.3 und anknüpfend an R. Lange 1999, um die Klasse der als Maschinen-Modelle zu bezeichnenden Forschungsmodelle gehen. Im Kontext der Maschinenfunktionserklärungen

²²⁵ Vgl. zum ‚Neovitalismus‘ etwa Penzlin 2004a, 434f.

²²⁶ So etwa bei C. Bernard (vgl. Rothschuh 1976, 148f.).

(vgl. 4.1.2) übernahm ich bereits den Maschinen-Begriff dieses Autors: Bei Maschinen handelt es sich um Geräte, an denen durch ein Ereignis der Inbetriebnahme ein Leistungsereignis hervorgebracht werden kann, welches in der Zwangsführung irgendeiner Bewegung besteht, wobei eine Maschine potenziell auch Gelegenheit bieten kann, durch unterschiedliche Inbetriebnahme verschiedene Leistungen zu instanzieren. Das auf diese Weise verstandene Forschungsmodell Maschine entspricht Rothschuhs technomorphem Modell.

Um den Einsatz von Maschinen als Forschungsmodelle in der Physiologie zu erläutern, sind einige weitere begriffliche Explikationen von Lange nötig. Als Organisation einer Maschine bezeichnet der Autor die Gesamtheit der „relativ zu diesen Leistungen [den Leistungen der Maschine, JK] erforderlichen Relationen zwischen den Bauteilen“ (Lange 1999, 142), wozu insbesondere auch die spezifische Weise ihrer kausalen Einflussnahme aufeinander zählt. Die sprachlich oder zeichnerisch charakterisierbare Organisation einer Maschine besteht also aus einer Charakterisierung von Komponenten (Bauteilen), ihrer Zusammensetzung und einer Erläuterung, wie diese Komponenten nach einem spezifischen Ereignis der Inbetriebnahme der Maschine kausal wirken, um das Ereignis einer bestimmten Leistung hervorzubringen. Bezieht man sich auf die Organisation einer Maschine, also auf die „leistungsrelevanten Beziehungen ihrer Bauteile“, dann sieht man von den „Besonderheiten der Realisierung derselben“ (ebd.) ab. Die nicht durch die Organisation festgelegten Eigenschaften von Maschinen bezeichnet Lange als strukturelle Eigenschaften. Ein und dieselbe Organisation lässt sich also in unterschiedlichen Strukturen realisieren, d.h. in Realisaten, die neben den organisatorischen Eigenschaften unterschiedliche strukturelle Eigenschaften aufweisen (etwa aufgrund der Verwendung verschiedener Metalle beim Bau organisationsgleicher Verbrennungsmotoren). Obgleich eine bestimmte Struktur eine bestimmte Organisation *realisiert*, ist eine bestimmte Struktur noch immer etwas Allgemeines (ein Abstraktum). Denn verschiedene individuelle Verbrennungsmotoren desselben Fabrikats haben *dieselbe* Struktur.

Die Definition der Organisation impliziert, dass die Organisation einer Maschine mit einem unterschiedlichen Grad an Spezifität angegeben werden kann, wobei dieser hauptsächlich davon abhängig ist, wie spezifisch die Leistung der Maschine charakterisiert wird. Eine sehr unspezifische Angabe der Organisation eines Verbrennungsmotors könnte lauten: In einem Zylinder ist ein beweglicher Kolben derart montiert, dass seine Bewegung einen Über- bzw. Unterdruck im Arbeitsraum des Zylinders erzeugt. Wird der Kolben aus dem Zylinder geführt, öffnet sich (durch den entstehenden Unterdruck) ein Ventil in der Zylinderdecke, woraufhin ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Arbeitsraum einströmen kann, usf. Die Leistungsangabe bestünde dann – ebenfalls sehr unspezifisch – etwa im Hinweis auf das Eintreten einer Rotati-

onsbewegung an einem Schwungrad. Vielen Verbrennungsmotoren wird zuzuschreiben sein, dass in ihnen diese wenig spezifizierte Organisation realisiert ist. Je spezifischer die Organisationsangabe, desto kleiner die Klasse an Motoren, die diese Organisation aufweisen. Entsprechend gilt, dass der Grad der Spezifität der Organisation umgekehrt proportional ist zur Menge der strukturellen Eigenschaften, die sich an Realisaten dieser Organisation als bloße Unterschiede in der Realisierung auffassen lassen. Da Maschinen nach (vollständig spezifizierten) Bauplänen konstruiert werden, lässt sich jeder Maschine eine *vollständig spezifizierte* Organisation zuschreiben, im Sinne der relativ zur präzisen Beschreibung ihrer Leistung (einer *zwangsführbaren* Bewegung) *voll* spezifizierten Organisationsangabe.

Organisationen und Strukturen lassen sich mit unterschiedlichem Allgemeinheitsgrad klassifizieren, wobei, wie Lange bemerkt, die Klassifikationen nicht kongruieren (ebd.). Als „sehr allgemeine Organisationstypen“ nennt Lange die kybernetische und die mechanische Maschine (bzw. den kybernetischen und den mechanischen Organisationstyp); sehr allgemeine Strukturtypen seien etwa die elektrische und die thermodynamische Maschine (bzw. der elektrische und der thermodynamische Strukturtyp) (ebd.). Im Folgenden werden allein die genannten Organisationstypen eine Rolle spielen, insbesondere der kybernetische. Im einfachsten, hier aber ausreichenden Verständnis gehört eine Organisation zum kybernetischen Organisationstyp, wenn sie einen Regelkreis enthält. Dieser besteht aus einer Steuer- oder Regelstrecke, an der die Leistung der Maschine instanziiert wird (die sich jederzeit als bestimmte Ausprägung einer Regelgröße angeben lässt), und aus einem Regler. Wirken Störungen auf die Regelstrecke, sodass sich die Ausprägung der kontinuierlich durch ein Messglied gemessenen Regelgröße verändert, passt der Regler diese gemäß einer Stellgröße an (indem er entsprechenden kausalen Einfluss auf ein Stellglied nimmt). Die Ausprägung der Stellgröße ergibt sich aus der momentanen Ausprägung der Regelgröße sowie der (vorgegebenen) Ausprägung einer Führungsgröße. Die Ausprägung der Regelgröße ist damit sowohl ‚input‘ als auch ‚output‘, weshalb eine solche Regelung Rückkopplung genannt wird.²²⁷ Zu diesem Organisationstyp gehört beispielsweise die Organisation eines mit einer Heizung verbundenen Thermostaten. Die Regelstrecke ist hier in der Komponente realisiert, die die für den Nutzer interessante Leistung instanziiert, also im Heizkörper. Eine Störung liegt vor, wenn beispielsweise das Fenster geöffnet wird, und die Außentemperatur nicht zufällig identisch mit der Temperatur im Raum ist. Das die Raumtemperatur – die Regelgröße – messende Thermometer (Messglied) kann ebenso zur Regelstrecke gezählt werden wie das Stellglied, hier etwa eine Vorrichtung zur

²²⁷ Vgl. etwa Kaufmann 2007 sowie die Einträge ‚Regelung‘, ‚Regelkreis‘, ‚Rückkopplung‘ und ‚Regelstrecke‘ im *Wörterbuch der Kybernetik* (Klaus 1969).

Wassererwärmung im Heizkessel (deren konkrete Erwärmungsleistung der Ausprägung der Stellgröße entspricht). Der Regler ist die Komponente am Heizkessel, in die vom Thermometer durch irgendeine kausale Vermittlung ‚Information‘ über die momentane Ausprägung der Regelgröße eingeht, in die ferner die Führungsgröße (in diesem Fall einer Festwertregelung ‚der Sollwert‘) eingegeben werden kann und die eine Veränderung des Stellglieds verursachen kann (eine Erhöhung oder Verringerung der Heizleistung).

Im Gegensatz zu kybernetischen Maschinen sind in mechanischen Maschinen keine Regelkreise realisiert. Die Inbetriebnahme verursacht hier ‚linear‘ (wenn auch potenziell vermittelt über viele Komponenten) ein Leistungsereignis. Als einfache Beispiele können die Hebelade oder das Tretrad dienen.

Wie kann auf dieser begrifflichen Grundlage die Verwendung von Maschinen als Modelle für die Erforschung von Lebewesen begriffen werden? Lange liefert einen interessanten Vorschlag zur Beantwortung dieser Frage, den ich nun einschließlich einiger Modifikationen, die ich für begründbar und insbesondere im Rahmen meines Projekts für zielführend halte, präsentieren möchte. Wenn ein „experimentell zumindest ansatzweise beherrschbares Phänomen“, so Lange 1999, 142, an einem biologischen Untersuchungsgegenstand (einem Lebewesen oder einem Teil eines Lebewesens) vorliegt, dann lässt sich das experimentell reproduzierbare Hervorbringen dieses Phänomens als „Erbringung einer bestimmten Leistung“ (ebd., 143) des aus Untersuchungsgegenstand und Experimentalapparaten bestehenden Experimentalaufbaus interpretieren. Ein Experimentalaufbau kann insofern als Maschine gelten, als er konstruiert ist und sich ihm somit eine Organisation zuschreiben lässt (ebd., 142) – auch wenn das ‚Einbauen‘ des biologischen Untersuchungsgegenstands in die Maschine in der Regel dazu führen wird, dass ihre Leistung keine zwangsfühbare Bewegung mehr ist.²²⁸ Modellgeleitetes Forschen lässt sich Lange zufolge nun dadurch vornehmen, dass „der Versuchsaufbau [Experimentalaufbau, JK] einschließlich des Untersuchungsgegenstands mit Hilfe der technischen Terminologie organisiert [wird]“ (ebd. 143). Die Kernidee dieser Formulierung liegt darin, dass der Experimentalaufbau zur Erforschung eines Phänomens nach dem Vorbild technischer Maschinen zu konstruieren (zu ‚organisieren‘) ist, was den Versuch bedeutet, in ihm die Organisation jener Maschinen zu realisieren. Da der zwar ausgewählte und präparierte, aber eben selbst nicht konstruierte biologische Untersuchungsgegenstand ein Teil des Experimentalaufbaus ist, handelt es sich dabei nicht um ein Unterfangen, das ohne Weiteres bewerkstelligt werden kann. Genau darin aber liegt der Sinn dieser Art von Forschung: Wird eine aus

²²⁸ Dabei bemühen sich Forscher natürlich – und entsprechend der Zweckbestimmung in 1.3 – darum, die Bewegungen biologischer Untersuchungsgegenstände durch experimentelles Wissen zwangsführbar zu machen. Denn Zwangsführbarkeit impliziert sichere Manipulierbarkeit und Vorhersagbarkeit.

dem Bereich der technischen Maschinen stammende Organisation als Vorbild für den Experimentalaufbau veranschlagt, impliziert dies den Anspruch, dass ein Teil der Organisation, also „[e]in Teil der [den Bauplan der Maschine spezifizierenden, JK] Funktionsnormen [...] für den Untersuchungsgegenstand [gilt]“ (ebd.). Diesen bezeichnet Lange als das Modell für den Untersuchungsgegenstand, und die Forschung durch dieses Modell anzuleiten liege gerade in dem Versuch, das Modell in dem Experimentalaufbau zu realisieren (vgl. ebd.): Die Wahl eines Modells bedeutet die Festlegung darauf, „welche Einwirkungen auf den Versuchsablauf als Störungen zu beseitigen sind, welche Methoden dafür adäquat sind und wie der Erfolg der Störungsbeseitigung durch positive und negative Kontrollen des Experimentes stabilisiert werden kann“ (ebd.). Eine Maschinenorganisation – also eine Maschine, *insofern* sie eine bestimmte Organisation besitzt – dient damit als vorbildliches Modell in der Erforschung des Phänomens am Untersuchungsgegenstand, indem aus ihr Vorschriften für die experimentelle Erforschung abgeleitet werden können. Lange weist schließlich darauf hin, dass der Technik zu diesem Zweck faktisch *Organisationstypen*, weniger spezifische Organisationen, entnommen werden könnten (vgl. ebd.). So lautet die interessante aber leider sehr knapp ausgeführte Kernidee dieses Autors. Im Folgenden möchte ich sie etwas ausführlicher entwickeln, wobei ich mich teils etwas von den Gedanken Langes entfernen werde.

Zunächst möchte ich eine nützliche Implikation des oben gegebenen Begriffs von Maschine herausstellen: Der gegebenen Definition zufolge kann man eine selbst wieder aus Komponenten bestehende Komponente g einer Maschine m ebenfalls als Maschine auffassen. Das Ereignis der Inbetriebnahme dieser Maschine g wird im Kontext der Maschine m durch ein Ereignis an einer anderen Komponente g^* (oder durch mehrere Komponenten) verursacht, während die Leistung von g seine Funktion in m ist, also die Verursachung eines bestimmten Ereignisses an einer anderen Komponente g^{**} (bzw. bestimmter Ereignisse an mehreren anderen Komponenten). Die Organisation von g bildet einen Teil der Organisation von m . Der Bauplan von m lässt sich also bei Bedarf dahingehend spezifizieren, dass anstelle von Komponente g die Menge an Komponenten g_1, g_2, \dots, g_n angegeben wird, aus denen g besteht. In dieser Spezifikation lässt sich das ursprüngliche Ereignis der Inbetriebnahme von g , also etwa ein Ereignis an g^* , welches ein Ereignis an g (nämlich seine Inbetriebnahme) verursacht, spezifischer charakterisieren: Ein Ereignis an g^* verursacht ein Ereignis an mindestens einer (potenziell aber auch an mehreren) Komponenten von g . Entsprechend lässt sich die Leistung von g , die etwa in der Verursachung eines Ereignisses an der Komponente g^{**} besteht, spezifischer in der Terminologie der Komponenten von g charakterisieren (potenziell lässt sich die Charakterisierung noch spezifizieren, indem die selbst aus Komponenten bestehenden Kom-

ponenten g^* und g^{**} im Bauplan von m ebenfalls in ihrer jeweiligen Organisation dargestellt werden).

Aufbauend auf diesen Unterscheidungen und der skizzierten Idee von Lange möchte ich mich nun genauer den Fragen zuwenden, was dadurch gewonnen ist, einen Untersuchungsgegenstand – insofern an ihm ein Phänomen ansatzweise beherrscht, ansatzweise reproduziert werden kann – als Teil einer Maschine (Experimentalaufbau) zu interpretieren, und wie genau dadurch modellgeleitete Forschung möglich wird. Zunächst einmal, so lässt sich auf die erste der beiden Fragen antworten, macht die Interpretation es möglich, dem Untersuchungsgegenstand, welchem – als einem nicht konstruierten Gegenstand, dessen Bewegungen nicht zwangsführbar sind – keine Organisation zuzusprechen ist, eben *doch* eine Organisation zuzusprechen. Pointiert formuliert baut man ihn zu diesem Zweck als Komponente in eine (aus Experimentalapparaten bestehende) Konstruktion ein. Angenommen, man weiß bereits durch Zergliederung, Mikroskopie oder chemische Nachweisreaktionen von einigen Teilen, die sich in dem Untersuchungsgegenstand unterscheiden, sich aus ihm herstellen lassen. Dann ist es möglich, in der Organisationsangabe des *Experimentalaufbaus* (im Bauplan, nach dem das Experiment aufgebaut wird) die Organisation der durch den Untersuchungsgegenstand realisierten Komponente in Form einer Hypothese zu spezifizieren.

Dieser interpretatorische Schritt und das Formulieren einer Organisationshypothese ermöglichen zweierlei. Einerseits lässt sich nun der Zweck verfolgen, die Maschine *Experimentalaufbau* möglichst gut ‚ans Laufen‘ zu bringen. Der ‚kritische‘ Teil der Maschine, der Untersuchungsgegenstand, *soll* im Kontext der Gesamtmaschine nun auf eine *bestimmte Weise funktionieren*, etwas Bestimmtes *möglichst gut leisten*. Die Aufgabe des Experimentators besteht dann darin, dies durch entsprechende Adjustierungen – etwa der Störungsbeseitigung oder der Anpassung von Auswahl und Präparation des Untersuchungsgegenstands – zu gewährleisten. Zu diesem Zweck kann es bereits hilfreich sein, den Untersuchungsgegenstand innerhalb der Organisationsangabe des Experimentalaufbaus in seiner eigenen, in Form der Organisationshypothese gegebenen Komponentenstruktur zu charakterisieren (gegebenenfalls sind dann auch einige der die Komponente Untersuchungsgegenstand umgebende Komponenten in ihrer feineren Komponentenstruktur anzugeben).

Des Weiteren²²⁹ ist es nun möglich, die Organisation, die man für den Untersuchungsgegenstand hypothetisch – und *insofern* er im Kontext der Maschine etwas gewisses leistet – spezifiziert hat, zu bewähren (oder zu falsifizieren): Aus der Organisationshypothese folgen logisch Kausalaussagen über Ereignisse an den Teilen des Untersuchungsgegenstands, genauer über

²²⁹ Siehe auch für diese Idee Lange 1999, 143 f.

das Vorliegen und Nicht-Vorliegen bestimmter Kausalrelationen zwischen Ereignissen an dessen Teilen, und über diese lässt sich die Organisationshypothese indirekt bewähren (bzw. falsifizieren). Dies geschieht in diversen Experimenten mit standardisierten Manipulations- und Nachweisverfahren, wobei in der Regel der Untersuchungsgegenstand zerstört wird, um einzelne Kausalaussagen isoliert an denjenigen Teilen zu prüfen, auf die sie sich beziehen. Wenn Experimentalaufbauten zum Nachweis einzelner Kausalaussagen einen Teil des Untersuchungsgegenstands enthalten, der selbst aus Teilen zusammengesetzt ist, die in der ursprünglichen Organisationshypothese vorkommen, dann ist in die Baupläne dieser Experimentalaufbauten eine entsprechend verkürzte Version der Organisationshypothese aufzunehmen. Die Zerstörung der Untersuchungsgegenstände während dieser Nachweisprozeduren ist nicht bedeutsam, da davon ausgegangen wird, dass viele Untersuchungsgegenstände des benötigten Typs verfügbar sind. Da das Ziel darin liegt, eine möglichst gut bewährte Organisationshypothese auszeichnen zu können, wird die anfängliche Organisationshypothese im Prozess fortschreitender Bewährung und Falsifikation immer weiter angepasst.

Die zuerst angesprochenen Adjustierungen im Experimentalaufbau, in der Auswahl und in der Präparation des Untersuchungsgegenstands, sowie die durch die bisherigen Versuche ihrer Bewährung nahegelegten Anpassungen der Organisationshypothese werden sich in der Praxis überschneiden. Ein solches sich überschneidendes Vorgehen findet sich ebenfalls in der Unterscheidung von Teilen des Untersuchungsgegenstands. In 3.2.2 betonte ich, dass der Aufbau und die Verfeinerung klassifikatorischer Systeme über einen Gegenstandsbereich wesentlich durch experimentelles Wissen getragen wird – zumindest, wenn die wissenschaftliche Praxis, in deren Rahmen das System erstellt wird, Mittel zu dem in 1.3 bestimmten Zweck sein soll. Andererseits erweist sich Wissen über unterscheidbare – insbesondere in Bezug auf kausale Dispositionen unterscheidbare – Teile, die aus dem Untersuchungsgegenstand hergestellt werden können, als hilfreich in der Spezifizierung und Testung von Organisationshypothesen. Denn die angenommene Organisation wird als in einer aus diesen Teilen bestehenden Struktur realisiert vorgestellt. Die (i.d.R. auf ihrer Herstellbarkeit basierende) Unterscheidung von Teilen und das modellgeleitete Experimentieren werden daher gemeinsam vollzogen.

Wie fügt sich die Tätigkeit wissenschaftlicher Modellanwendung in dieses Bild ein? Gegeben die Interpretation des Untersuchungsgegenstands als eines (potenziellen) Leistungsträgers in Maschinen, besteht die Möglichkeit, in der Konstruktion solcher Maschinen (Experimentalaufbauten) Organisationen aus dem Bereich der Technik zu realisieren. Aus der Technik stammende maschinelle Organisationen – Lange spricht insbesondere von *Organisationstypen*, auf Grundlage der von mir hervorgehobenen Möglichkeit, Organisationen unterschied-

lich generell zu bestimmen, lässt sich sehr wohl auch von Organisationen oder Teilen (Merkmalen) von Organisationen sprechen – dienen damit als vorbildliche Modelle für die Konstruktion von bestimmten Experimentalaufbauten und auf diesem Wege bestimmen sie auch die Organisationshypothesen über die Untersuchungsgegenstände mit (denn deren Gehalt lässt sich schließlich als Teil der Organisation des Experimentalaufbaus begreifen). Mittels der Anleitung zur Konstruktion von (möglichst reibungslos ‚funktionierenden‘) Experimentalaufbauten bestimmen die vorbildlichen Modelle daher die Erforschung der Untersuchungsgegenstände. Dies möchte ich nun mit einem Beispiel von Lange illustrieren.²³⁰ Es handelt sich um die in der Mitte des 20. Jahrhunderts betriebene Erforschung des Phänomens, dass die Aktivitätsmengen metabolisch wirksamer Enzyme von Zellen scheinbar gesetzmäßig von dem Substrat der Zellen abhängen. Lange hebt hervor, dass die (obgleich vielleicht nicht bewusst vollzogene) Entscheidung für den Organisationstyp der kybernetischen Maschine als Forschungsmodell für diese ‚Leistung‘ der Zelle bereits an der Formulierung der durch die Wissenschaftler gestellten Forschungsfrage zu erkennen ist, diese also bestimmte:

„Dabei finden Begriffe Verwendung, die aus der Kybernetik stammen: ‚Regulation‘, ‚negatives Feedback‘, ‚Kontrolle‘, ‚Produktionsrate‘ usw. Es wäre verfehlt, daraus zu folgern, Zellen seien nach Ansicht der Molekularbiologen kybernetische Maschinen, oder, besser gesagt, von einem Verfahrenstechniker geplante Fabriken. Wohl aber impliziert schon die Frage danach, wie eine Zelle die Synthese von Enzymen an das Substratangebot anpaßt, daß es um eine *Steuerungsleistung* geht. Die Aufgabe [für den Forscher, JK] ist nun, die einzelnen Zellen als Realisate einer Organisation zu begreifen, die diese Leistung erbringen kann. Ihre einzelnen Komponenten müssen subzellulären Teilen zugeordnet und diese Zuordnung durch Vorhersage der Auswirkungen von experimentellen Manipulationen auf die Gesamtleistung, und das heißt durch die Prognose von Experimentalgesetzen überprüft werden“.²³¹

Die Experimentalaufbauten, in denen diese Gesamtleistung hervorgebracht und nach 3.2.1 als Phänomen erforscht wird, sind Lange zufolge nach dem Vorbild des Organisationstyps der kybernetischen Maschine konstruiert. In diesem Falle besteht die Organisation des Experimentalaufbaus in der organischen Komponente (diese ist im unspezifizierten Bauplan vielleicht durch eine Zelle bzw. eine Ansammlung von Zellen, in einem spezifizierten Bauplan durch bestimmte molekulare Teil-Komponenten vertreten), einem variierbaren Substrat und Apparaten zum Nachweis der Enzymaktivität (diese instanzieren das Leistungsereignis der

²³⁰ An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass die beschriebene Form von Modellanwendung – die Benutzung eines abstrakten Gegenstands (einer Organisation bzw. eines Organisationstyps oder -merkmals) – als Modell auch insofern dem Begriff der lebensweltlichen Modellanwendung genügt, als dass dem letzteren zufolge nicht nur konkrete sondern ebenfalls abstrakte Gegenstände als vorbildliche Modelle dienen können (vgl. Tab. 4 in 5.1).

²³¹ Lange 1999, 144. Zu einer Ausführung des Beispiels vgl. ebd., 144 f.

Maschine *Experimentalaufbau*). Allgemein gesprochen wird der Untersuchungsgegenstand also durch das Stellen bestimmter Forschungsfragen etwa nach Stellgrößen, Feedback-Schleifen, etc. und durch das Konstruieren von Experimentalaufbauten, die geeignet sind, konkretere Hypothesen zu diesen Forschungsfragen zu prüfen, nach dem Vorbild kybernetischer Maschinen erforscht. Meiner obigen Darstellung zufolge liegt die Überprüfung der Organisationshypothese nicht nur – wie es Langes Zitat zu entnehmen ist – in der Bestätigung von Prognosen über die Effekte von Manipulationen der Gesamtleistung, sondern ebenfalls in der isolierten Prüfung von Kausalrelationen, die einzelne Teile des Untersuchungsgegenstands betreffen.

Ich möchte nun auf einige weitere Aspekte dieser Verwendung von Forschungsmodellen eingehen, sowie auf einige Fragen, die die gegebene Darstellung aufwirft. Ich beginne mit der bereits in 5.2.1 angedeuteten Einordnung des Begriffs des Modellorganismus in meine Konzeptualisierung. Eine erfolgreich bewährte Organisationshypothese für ein als Leistung interpretiertes Phänomen an einem biologischen Untersuchungsgegenstand lässt sich auch für Untersuchungsgegenstände anderer Art behaupten, wenn an letzteren ein als identische oder ähnliche Leistung interpretierbares Phänomen reproduzierbar ist. So kann die Erforschung des Phänomens an einem obgleich nicht im primären Fokus des gesellschaftlichen Interesses stehenden, aus ethischen Gründen aber beliebig manipulierbaren und sich vielleicht auch aus sonstigen, praktischen Gründen (etwa einfache Haltungs-, Kultivierungs- oder Lagerbedingungen, kurze Reproduktionszeit, etc.) besonders zur Forschung eignenden Untersuchungsgegenstand (wie z.B. Hefen) durchgeführt werden, damit die besonders interessanten, aber nicht gern beliebig manipulierten Gegenstände (wie z.B. Menschen oder ihre Teile) nicht vollständig von Neuem erforscht werden müssen. Dabei verleihen Nachweise von gleichen oder ähnlichen (relevanten) Teilen der Untersuchungsgegenstände beider Klassen der Organisationshypothese mit Blick auf den neuen (ungern manipulierten) Gegenstand zusätzliche Rechtfertigung (vgl. 5.2.1). Auch bei dieser ‚Übertragung‘ von Organisationshypothesen geht es letztlich um die Verwendung von Organisationen bzw. Organisationsmerkmalen als vorbildliche Modelle für die Konstruktion von Experimentalaufbauten (nämlich solchen zur Erforschung der ungern beliebig manipulierten Gegenstände bzw. ihrer Teile). Denn obgleich es die Forschung an Modellorganismen möglich macht, die Erforschung der ungern manipulierten Gegenstände mit experimentell sehr ausgereiften Organisationshypothesen zu starten, müssen diese auch für die neuen Gegenstände bewährt werden. Es handelt sich also nicht um eine bloße ‚Übertragung‘ des Wissens von Modellorganismen auf andere Lebewesen oder ihre

Teile. Aus diesem Grund und in diesem Sinne können Modellorganismen im Rahmen meiner Konzeptualisierung also als *Modellorganismen* verstanden werden.

Eine hypothetisch angenommene Organisation *muss* sich natürlich nicht experimentell bestätigen lassen. Bechtel und Richardson liefern mit ihrem bereits in 2.3.1 besprochenen historischen Porträt der Erforschung der Fermentation im 19. und 20. Jahrhundert ein Beispiel für das Scheitern von Forschung aufgrund der Anwendung eines falschen Organisationstyps als Modell. Die Autoren nutzen dabei nicht konsequent den hier verwendeten Modell-Begriff, weisen aber darauf hin, dass bestimmte *allgemeine Vorannahmen* über die Organisation der relevanten molekularen Zellbestandteile dazu führten, dass die Forscher bestimmte experimentelle Schritte überhaupt nicht in Erwägung zogen. Die zentrale Vorannahme bestand darin, dass die Umsetzung von Zucker zu Alkohol in einem linearen Prozess chemischer Modifikationen vonstattengehen müsse (Bechtel und Richardson 1993, 156f.). Die Annahme eines linearen Organisationstyps (den man als den der mechanischen Maschinen bezeichnen könnte) war charakteristisch für die ersten Jahrzehnte der Biochemie, also für die Forschungsperiode vor der technischen und theoretischen Ausarbeitung der Kybernetik in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. F. Knoop, der zu Beginn des 20. Jahrhunderts den oxidativen Abbau von Fettsäuren untersuchte, schreibt explizit, dass er die Vorstellung der schrittweisen, linearen Modifikation eines Fettsäuremoleküls während dieses Prozesses dem modernen Fabrikwesen entlehnte, in dem das Rohmaterial auf einem Fließband sukzessive verschiedenen Arbeitsschritten unterworfen wird, bis es letztlich zum Produkt geworden ist (ebd., 158). Bechtel und Richardson demonstrieren, dass die Veranschlagung eines solchen linearen Organisationstyps in der Erforschung der Gärung über Jahrzehnte zu Widersprüchen in bestimmten Experimentalergebnissen führte, die sich erst durch die Annahme auflösten, dass auch Produkte des fortgeschrittenen Gärungsprozesses kausalen Einfluss auf frühere Gärungsschritte haben können (wodurch Rückkopplung möglich wird).²³² Erfolg und Scheitern muss sich allerdings nicht, wie in diesem Fall, auf das gesamte Modell (hier: den gesamten Organisationstyp) beziehen, sondern kann sich auch auf einzelne Organisationsmerkmale beschränken.

In den beiden bisher gegebenen Beispielen wurden Zellen bzw. Zellbestandteile als Erbringer einer gewissen Leistung aufgefasst und in dieser Hinsicht mit Organisationshypothesen erforscht, die von molekularen Komponenten handeln. Ähnlich lassen sich Lebewesen bzw. Teile von Lebewesen als Erbringer einer Leistung auffassen – die Komponenten in den Organisationshypothesen sind dann Gewebe (oder Gewebezusammensetzungen). Werden einzelne

²³² Vgl. Bechtel und Richardson 1993, 156-172.

Gewebe oder Gewebeteile selbst als Erbringer einer Leistung erforscht, so sind die Komponenten meist Zellen bzw. zelluläre und extrazelluläre Bestandteile.

Sehr illustrative Beispiele für die durch Maschinen-Modelle angeleitete Erforschung des Verhaltens von Lebewesen lassen sich in der frühneuzeitlichen Erforschung der Gliederbewegungen finden: Diese wurden von Wissenschaftlern wie G. A. Borelli als kombinierte Bewegungen charakterisiert, die durch Hebelmaschinen geleistet werden können. Erst durch eine solche Charakterisierung wird die Frage nach Zügen über den Gelenkstellen aufgeworfen. Die äußerliche Beobachtung unserer Körper führt nämlich nicht unmittelbar zur Vorstellung von Muskeln als solchen Zügen, da sich angespannte Muskeln zunächst einmal nur durch ihre (scheinbare) Volumenzunahme und Verhärtung auszeichnen. In 2.3.1 zeigte ich, dass die hier zunächst veranschlagte Organisationshypothese dem Bereich der hydraulischen Maschinen entlehnt wurde – die Verkürzung der Muskelzüge, so die These, sollte durch deren Aufblähung durch ein Fluidum zustande kommen. Eine aus dieser Organisationshypothese folgende Kausalaussage besagt, dass durch Muskelanspannung umgebendes Medium verdrängt wird – eine Hypothese, die Glisson mit der ersten Volumenplethysmometrie widerlegte (vgl. 2.3.1). Auch Borelli widerlegte eine Kausalaussage, die aus bestimmten Versionen der hydraulischen Organisationshypothese folgte, denen zufolge das den Muskel aufblähende Fluid Luft oder gasförmige Spiritus animales sind: Die Hypothese impliziert, dass aus einem unter Wasser während der Kontraktion durchgeschnittenen Muskel Gasbläschen aufsteigen, was sich aber nicht beobachten ließ (Rothschuh 1953, 40).

Ein weiteres sehr illustratives Beispiel liefert Harveys Organisationshypothese über das (aus Geweben bestehende) Herz-Blutgefäße-System. G. Basalla hat darauf aufmerksam gemacht, dass kurz vor Harveys Publikation seiner Hypothese des Blutkreislaufs als eines geschlossenen Pumpsystems (1628) eine Veränderung des Mineralabbaus in England eingesetzt hatte. Da die oberflächlichen Mineralvorkommen weitgehend aufgebraucht waren, wurden tiefere Minen gebaut, die die Installation von Pumpsystemen zur Wasserabfuhr und Ventilation erforderlich machten. Ferner war am Ende des 16. Jahrhunderts in den Londoner Wasserwerken die erste Pumpmaschine installiert worden.²³³ Basalla arbeitet ferner folgenden interessanten Zusammenhang heraus: Die Vorstellung vom Herzen als einer Pumpe verträgt sich anatomisch nicht gut mit den bekannten zylindrischen Hubkolbenpumpen (Beispiel: Fahrrad-Luftpumpe). Harvey hat tatsächlich eine andere Pumpenform im Sinn, wie eine Stelle aus einer seiner Vorlesungen von 1618 zeigt:

²³³ Basalla 1962, 467f.

„From the structure of the heart it is clear that the blood is constantly carried through the lungs into the aorta as by two clacks of a water bellows to rayse water“.²³⁴

Basalla belegt, dass zu Harveys Zeiten unter ‚clacks‘ lederne (also flexible) Verschlussklappen für Gefäße flüssigen Inhalts verstanden wurden (Basalla 1962, 468). Beim Balg (‚bellows‘) kommt die Pumpleistung durch das Zusammenziehen des (zumindest teilweise flexiblen) Pumpenkörpers selbst zustande, der zum Zweck des gerichteten Stroms des Mediums mit einer flexiblen Verschlussklappe an der Drüse und einer weiteren solchen Klappe an einem Ventil am Pumpenkörper ausgestattet ist – eine Technik, so Basalla, die zum Heben von Flüssigkeiten seit dem beginnenden 16. Jahrhundert dokumentiert ist (ebd., 469f.). Harvey übernahm also die genannten Organisationsmerkmale in seine Hypothese über die Organisation der Blutleitung – die flexiblen Verschlussklappen werden den Herzklappen, der flexible Pumpenkörper dem Herzmuskel und das Röhrensystem zur Wasserleitung dem Gefäßsystem analogisiert. Bezeichnenderweise schließt Harvey an seine eben zitierte Analogie zwischen dem Herz-Gefäß-System und einem geschlossenen Pumpsystem eine Aussage an, die diese Auffassung bekräftigen soll und die im Rahmen meiner Darstellung als ein Schritt der Bewährung dieser Organisationshypothese mittels Bewährung einer zentralen aus ihr folgenden Kausalaussage gelesen werden kann:

„By [application of] a bandage [to the arm] it is clear that there is a transit of the blood from arteries into veins, wherefore the beat of the heart produces a perpetual circular motion of the blood“.²³⁵

Denn bei der (nicht zu straffen) Abbindung des Arms schwellen – so die Beobachtung von Harvey und seinen Zeitgenossen – die Venen, nicht aber die Arterien an (vgl. Roths Schuh 1953, 54). Diese Kausalaussage folgt aus einer etwas weiter spezifizierten Version der Organisationshypothese zu dem Herz-Gefäße-System: Wenn die Hypothese korrekt ist, dann muss es eine Verbindung zwischen Arterien und Venen geben. Die dadurch angeregte anatomische Forschung wird allerdings schnell offenbart haben, dass diese Verbindung nicht durch Röhren gegeben ist, deren Durchmesser in der Größenordnung der zu- und abführenden Arterien und Venen liegt. Das Blut passiert vielmehr auf irgendeine Weise andersartiges Gewebe (wie z.B. Muskeln). Gleich, wie dies ablaufen mag, so muss es mit einer vorübergehenden drastischen

²³⁴ W. Harvey: *Lectures on the Whole of Anatomy: An Annotated Translation of Prelectiones Anatomiae Universalis*, herausgegeben von C. D. O'Malley et al., Univ. of California Press, 1961, S. 191, zitiert nach Basalla 1962, 468.

²³⁵ W. Harvey: *Lectures on the Whole of Anatomy: An Annotated Translation of Prelectiones Anatomiae Universalis*, herausgegeben von C. D. O'Malley et al., Univ. of California Press, 1961, S. 191f., zitiert nach Basalla 1962, 468.

Verengung der Blutlaufbahn einhergehen. Der Druck, den der Blutstrom verursachen kann, muss daher in den Venen sehr viel geringer sein als in den Arterien, was die Möglichkeit impliziert, das venöse Blut, nicht aber das arterielle durch Abbindung zu stauen.²³⁶

In Bezug auf die in den 1830er Jahren mit M. Schleiden und T. Schwann einsetzende systematische, mikroskopische (zellbiologische) Erforschung von Geweben ist festzustellen, dass sie nicht unmittelbar konsequent durch Forschungsmodelle aus der Technik angeleitet wurde. Dies mag seinen Grund einerseits darin haben, dass die Erforschung von Geweben – und somit auch ihre mikroskopische Erforschung – in dieser Zeit besonders auf Phänomene gerichtet war, die sich an Maschinen *nicht* finden lassen, nämlich auf Eigenschaften der (Neu-)Bildung und Veränderung.²³⁷ Beispielsweise begreift R. Virchows bis heute einflussreiche Pathohistologie, die direkt an die Erkenntnisse von Schleiden und Schwann anschließt, die Erkrankungsereignisse von Geweben zwar als Ereignisse und Zustände an Zusammenschlüssen von Zellen, sie analogisiert diese Ereignisse allerdings den Gewebeveränderungen in der embryonalen Entwicklung.²³⁸

Dennoch war die mikroskopische Erforschung von Geweben bei einigen Wissenschaftlern von Beginn an dadurch motiviert, selbst die Fragen der Bildung und Veränderung von Geweben auch unabhängig von Annahmen über eigentümliche Bildungstriebe zu erforschen (etwa bei Schwann, der Schleidens Auffassung eines solchen Triebs ablehnte (vgl. Geus 2004, 344)). Die klarste Hinwendung zu einer technisch inspirierten Erforschung von Entwicklungsvorgängen findet sich vermutlich in dem sehr einflussreichen, Ende des 19. Jahrhunderts durch W. Roux begründeten Forschungsprogramm der ‚Entwicklungsmechanik‘.²³⁹ Trotz der experimentellen Erfolge, die durch ihr Gegenprogramm – einen ‚kritischen Vitalismus‘ – in einzelnen Fragestellungen erzielt wurden,²⁴⁰ hielt sich bei vielen Physiologen die Hoffnung, dass sich „dermaleinst die tierischen Gestaltungsvorgänge wie eine Maschine unter Kontrolle bringen ließen“ (Müller 1975, 209).

Ich möchte nun auf die Frage eingehen, was aus der Bewährung einer Organisationshypothese in der Erforschung eines biologischen Untersuchungsgegenstands folgt. Folgt daraus, dass wir die Organisation des Gegenstands kennen und den biologischen Untersuchungsgegenstand als

²³⁶ Eine entsprechend spezifizierte Organisationshypothese über den Blutkreislauf impliziert aus dem gleichen Grund die ebenfalls zu Harveys Zeiten bereits bewährte Kausalaussage, dass das Blut aus angestochenen Arterien – nicht aber aus angestochenen Venen – mit großem Druck herausspritzt (vgl. Rothschild 1953, 53).

²³⁷ Vgl. etwa Geus 2004, 343.

²³⁸ Vgl. Geus 2004, 345. Vielleicht nahm Virchow aus diesem Grund Abstand davon, Gewebe (und ganze Lebewesen) als Zellmaschinen aufzufassen, zugunsten ihrer Auffassung als Zellenstaaten. (vgl. Jacob 1972, 96).

²³⁹ Vgl. etwa Müller 1975, 200 und Penzlin 2004b, 442ff.

²⁴⁰ Etwa durch H. Driesch, vgl. etwa Müller 1975, 202f.

‚organische Maschine‘ bezeichnen dürfen, in der diese vielleicht sogar in manchen technischen Maschinen realisierte Organisation in einer – um Langes Unterscheidung zwischen Organisation und Struktur aufzugreifen – *organischen Struktur* realisiert ist? Während der Bewährung einer Organisationshypothese über einen Untersuchungsgegenstand sprechen Forscher jedenfalls so, als würden sie es mit einer organischen Maschine zu tun haben. Das ist auch zulässig, wie ich in 5.2.4 darlegen werde, man bedient sich dabei allerdings einer weiteren Form physiologischer Modellanwendung: Die Forscher beziehen sich in solchen Redekontexten nämlich strenggenommen nicht auf den Untersuchungsgegenstand, sondern auf ein sog. theoretisches Modell für diesen. Folglich überschneiden sich hier zwei Formen der physiologischen Modellanwendung. Die Bezugnahme auf ein theoretisches Modell in solchen Kontexten ist schlicht praktisch, eben weil sie es erlaubt, technische, die Organisationshypothese betreffende Überlegungen auf einen Gegenstand (eine organische Maschine) zu beziehen, und es somit gestattet, ihre eigentlich korrekte Relativierung auf Forschungsmodelle für biologische Untersuchungsgegenstände nicht ständig explizit machen zu müssen. Strenggenommen aber ist auch bei einer bewährten Organisationshypothese der vorliegende biologische Untersuchungsgegenstand nicht als organische Maschine zu bezeichnen, und zwar aus drei Gründen, die ich nun ausführen möchte.

Erstens sind biologische Untersuchungsgegenstände trivialerweise keine Maschinen, weil sie nicht konstruiert sind, und weil ihre Bewegungen nicht zwangsführbar sind. Zweitens bewährt man nie eine Hypothese über die Organisation des Gegenstands selbst. Es mögen etliche weitere Teile in demselben zu unterscheiden sein, welche in jener Organisationshypothese, die ja nur mit Blick auf ein ganz bestimmtes (als Leistung interpretiertes) Phänomen am Gegenstand bestätigt wurde, gar nicht vorkommen. Auch können Entitäten, die in der Organisationshypothese zu diesem Phänomen vorkommen, im Kontext eines anderen Phänomens in ganz andere Ereignisse involviert sein.

Selbstverständlich können die Organisationshypothesen zu verschiedenen Phänomenen am selben Gegenstand integriert werden. Aber auch dann lässt sich jener Identitätsbehauptung keine Geltung zuschreiben, wie ich nun durch die Anführung eines dritten Grunds argumentieren möchte. Für eine Maschine ist eine vollständig spezifizierte Organisationsangabe *verifizierbar* (s.o.) – die Maschine wurde schließlich so gebaut, dass die Komponenten auf eine definierte Weise zusammenarbeiten (vgl. die Maschinenfunktionserklärung für die Wasseruhr in 4.1.2). Diesen erkenntnistheoretischen Status aber können auch integrierte Organisationshypothesen über biologische Untersuchungsgegenstände nicht erlangen. Eine bestätigte Organisationshypothese ist nämlich zunächst einmal eine bestätigte *Hypothese*, die als über Zeit-

punkte allquantifizierende Aussage nicht verifizierbar ist. Ferner ist der erkenntnistheoretische Status einer solchen Organisationshypothese noch komplizierter als der eines einfachen generellen Kausalgesetzes (bei dem es sich aufgrund der Allquantifikation über Zeitpunkte ja auch um eine Hypothese handelt, vgl. 3.1.3). Denn eine Organisationshypothese lässt sich nicht direkt bestätigen und daher auch unabhängig vom Hypothesen-Charakter der in ihr ausgesagten Kausalrelationen nicht verifizieren. Im Gegensatz zur voll spezifizierbaren, verifizierbaren Organisation einer Maschine wird der Organisationshypothese zu einem biologischen Untersuchungsgegenstand nur *Bestätigung* bzw. Bewährung zugeschrieben, und zwar deshalb, weil sich etliche Aussagen über Kausalrelationen zwischen den in der Organisationshypothese vorkommenden Komponenten bestätigen ließen, weil sich also das Bestehen bzw. Nicht-Bestehen etlicher einfacher genereller Kausalgesetze bestätigen ließ. Diese einzelnen generellen Kausalaussagen über Ereignisse an den relevanten Komponenten folgen logisch aus der Organisationshypothese. Eine vollständig spezifizierte Organisationsangabe folgt aber nicht logisch aus diesen Kausalaussagen. Denn die Kausalaussagen könnten auch mit anderen Organisationen (Organisationshypothesen) verträglich sein, d.h. logisch auch aus anderen Organisationshypothesen folgen.

Sehr gut lässt sich dies an einer sehr allgemeinen und unspezifischen Organisationshypothese von Liebig illustrieren, die die stoffliche Assimilation von Nahrung durch Lebewesen betrifft. Liebigs Hypothese besagte, dass alle Stoffe, aus denen Lebewesen zusammengesetzt sind und die in Lebewesen wirken, Produkte des Abbaus von Nahrungsbestandteilen sind, wobei die Vertreter unterschiedlicher Stoffgruppen an unterschiedlichen Orten im Lebewesen abgebaut werden. Eine aus dieser Hypothese (und entsprechenden Hilfsprämissen) folgende Kausalaussage lautet, dass nach einer Zuckereinjektion in die Blutbahn eines Lebewesens eine Akkumulation von Einfachzuckern in irgendeinem Gewebe nachzuweisen sein wird. C. Bernard bestätigte diese Kausalaussage – nach der Injektion von Grapefruitsaft in die Blutbahn eines Tiers fand sich eine besonders hohe Konzentration von Zuckern in der Leber. Aus dieser Kausalaussage folgt aber nicht Liebigs Hypothese, aus der Geltung der Kausalaussage folgt also nicht die Geltung der Organisationshypothese. Tatsächlich entdeckte Bernard, dass sich nach der Protein-Diät eines Hundes *dasselbe* Ergebnis feststellen ließ wie nach der Zuckereinjektion, d.h. eine hohe Zuckerkonzentration in der Leber (vgl. Bechtel und Richardson 1993, 114). Liebigs Hypothese zufolge hätte aber eine Eiweiß-Akkumulation in irgendeinem Gewebe nachweisbar sein müssen. Die sehr allgemeine und unspezifische Organisationshypothese, dass die Stoffe des Körpers eines Lebewesens durch den an unterschiedlichen Orten stattfindenden Abbau der Nahrung verfügbar gemacht werden, stellte sich damit als falsch

heraus, denn offensichtlich fanden zumindest auch Reaktionen der Bildung von Stoffen (wie die Bildung von Zuckern aus Eiweißbestandteilen) statt.

Als weiteres Beispiel möchte ich die Erforschung rhythmischer Bewegungen höherer tierischer Lebewesen anführen, die in der Zeit um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jhd. entscheidende neue Erkenntnisse hervorbrachte. Experimente hatten ergeben, dass Wirbeltiere (besonders Hunde wurden als Untersuchungsgegenstände verwendet) nach Durchtrennung des Rückenmarks unterhalb der den Brustwirbeln zugeordneten thorakalen Segmente mit den Hinterbeinen noch gewöhnliche, rhythmische Bewegungen (wie etwa der Progression, also des Vorwärtslaufens) instanzieren, wenn eine Bewegung dieser Art durch einen von außen applizierten Reiz initiiert wird.²⁴¹ Diese Entdeckungen fielen auf den Boden der erfolgreichen Erforschung der Rückenmarksreflexe: Gewisse zweckmäßige Bewegungen, die Wirbeltieren widerfahren, wenn sie bestimmten Reizen ausgesetzt sind, konnten in der Terminologie der Gewebe durch Ereignisse erklärt werden, die in sog. Reflexbögen stattfinden. Im einfachsten Fall verursacht das Ereignis des Reizes die Erregung eines afferenten Nervs; dies führt (vermittelt durch die ‚Propagation‘ der Erregung entlang des Nervs) zur Erregung eines motorischen Nervs im Rückenmark, welche ihrerseits die Reizung bestimmter Muskelgruppen verursacht (vgl. das Beispiel des Patellarsehnenreflexes in 2.3.3). Es war naheliegend, anzunehmen, „daß die [...] verwickelten Bewegungen des Ganges [die alternierende rhythmische Progressionsbewegung, JK] sich aus einer Reihe von kettenartig ineinandergreifenden Reflexen zusammensetzen“ (Böhme 1919, 2). In der zugehörigen Organisationshypothese des Physiologen M. Philippson werden diese Reflexe durch Exterozeption (durch die Wahrnehmung äußerer Reize) verursacht: Kommt die Pfote eines sich während des Ausschreitens in der Streckbewegung befindenden Beins eines Hundes in Kontakt mit dem Boden, so bewirke der dadurch entstehende Druck auf die Fußsohle die Streckung der Zehengelenke, was das Abstoßen vom Boden (‚extensor thrust‘) zur Folge habe. Gleichzeitig werde das Bein vollständig durchgestreckt, ein Effekt des sog. gekreuzten Streckreflexes (vgl. Brown 1912, 309). Denn das kontralaterale Bein sei zu diesem Zeitpunkt des Prozesses gebeugt (s.u.); und unter dem letztgenannten Reflex wurde eben diese Streckbewegung eines Beins verstanden, die sich experimentell bei Beugung des kontralateralen Beins auslösen ließ (analog verstand man unter dem gekreuzten Beugereflex den durch die Streckung des kontralateralen Beins im ipsilateralen Bein verursachten Beugereflex (vgl. etwa Böhme 1919, 3)). Der durch die vollständige Streckung des Beins und durch den ‚extensor thrust‘ wirkende erhöhte Druck auf die Fußsohle löst in diesem

²⁴¹ Es gelang als erstes F. Goltz, Versuchstiere, die einer solchen Sektion unterzogen worden waren, längere Zeit am Leben zu erhalten und an ihnen entsprechende Experimente durchzuführen (Freusberg 1874, 358 ff.).

Bein, so lautet Philipppsons Hypothese weiter, einen Beugereflex aus, durch welchen das Bein gleichzeitig nach vorn bewegt wird (gemeint ist die Rotation am Hüftgelenk). Der gekreuzte Beugereflex sowie die durch die Vorwärtsbewegung des Beins verursachte Spannung der Haut in der Leistengegend verursache die Streckung des kontralateralen Beines, sodass dessen Pfote nun in Kontakt mit dem Boden komme, und sich die Reflexkette wiederhole (vgl. Brown 1912, 309).

Aus dieser Organisationshypothese folgt eine Menge an Kausalaussagen, deren jede die spezifische Auslösbarkeit eines der in der Organisationshypothese genannten Reflexe betrifft. Und Philipppson verweist auf die experimentelle Bestätigung all dieser Kausalaussagen.²⁴² Aus der Hypothese folgt aber ebenfalls die negative Kausalaussage, dass die Progressionsbewegung nicht mehr instanziiert wird, wenn die sensorischen Nerven, die bei der Exterozeption erregt werden, durchtrennt werden. C. S. Sherrington tat genau dies und stellte in der Folge keine wesentliche Änderung in der Auslösbarkeit und im Ablauf der Progression fest (Brown 1912, 310). Obgleich sich also die Existenz der einzelnen Reflexe, aus denen Philipppsons Organisationshypothese für die Progression aufgebaut ist, experimentell bestätigen ließ, erwies sich die Hypothese als falsch.

Sherrington stellte eine alternative, auf der Verkettung von Reflexen basierte Organisationshypothese für die Progressionsbewegung auf, die die rhythmische Koordination nicht mehr auf die Exterozeption sondern auf die Propriozeption – also die durch besondere in den Muskeln und an den Gelenken befindliche ‚Sinnesorgane‘ ermöglichte Eigenwahrnehmung – zurückführte. Das zentrale Element dieser Organisationshypothese lag darin, dass die spezifische Reizung der in den Muskeln und Gelenken eines Beins befindlichen propriozeptiven Organe während der Streckung oder Beugung des Beins – und vermittelt eines über das Rückenmark verlaufenden Reflexbogens – in demselben Bein einen jeweils antagonistischen Reflex auslöst. Dieser antagonistische Reflex wird dann auf die gleiche Weise wieder von seinem antagonistischen Reflex unterbrochen, sodass sich das Bein nach einem anfänglichen Stimulus dank der Propriozeption im Zustand einer alternierenden rhythmischen Bewegung befindet.²⁴³ Obgleich sich die Existenz der Einzelreflexe, aus denen Sherringtons Organisationshypothese zusammengesetzt ist, experimentell bestätigen ließ, und Sherrington somit – gegebenen die Kenntnis der Phänomene der Propriozeption und die erwiesene Unmöglichkeit

²⁴² Vgl. Philipppson 1905, 30ff. Die experimentelle Bewährung der Kausalaussagen wird in der *Genese* der Formulierung der Organisationshypothese sicherlich auch eine Rolle gespielt haben, ein Punkt, der für den hier interessierenden Geltungsstatus der Hypothese aber irrelevant ist.

²⁴³ Vgl. etwa Brown 1912, 310 f. Sherrington berücksichtigt ebenso die von Philipppson beschriebenen Kreuzreflexe (vgl. Sherrington 1909, 112 f.). Die im Text gegebene Darstellung beschränkt sich auf das hier relevante Kernelement von Sherringtons Hypothese.

der exterozeptiven Vermittlung der Bewegungskoordination – gut für den propriozeptiven Ursprung der Reflexe argumentieren konnte (vgl. Sherrington 1909), musste die Organisationshypothese gleich derjenigen Philipppsons aufgrund der Bestätigung einer negativen logisch aus ihr ableitbaren Kausalaussage aufgegeben werden: Auch nach der Durchtrennung des gesamten posterior in das Rückenmark eintretenden Nervenstrangs, welcher *alle* afferenten, von den Hinterbeinen in das Rückenmark führenden Nerven enthält, ließ sich die alternierende Streck- und Beugebewegung, die den Kern der Hypothese bildet, noch instanzieren (Brown 1912). Brown stellte daraufhin die Hypothese auf, der rhythmische Wechsel von Streckung und Beugung sei kein Ergebnis von Reflexketten, sondern habe seinen Ursprung in einer rhythmisch alternierenden Aktivität, die im Rückenmark selbst generiert wird. Die Propriozeption diene bei der Progression einzig zur feineren Abstimmung der Progressionsbewegungen etwa auf einem bestimmten Untergrund, habe also rein regulative Funktion (Brown 1912, 316 ff.). Browns Idee wurde in der Folge zur Organisationshypothese des zentralen Mustergenerators ausgearbeitet, einer Konstruktion aus mindestens zwei zentralen (also etwa im Rückenmark gelegenen) Interneuronen, die sich reziprok inhibieren und so bei tonischer Erregung durch ein aus einem übergeordneten Zentrum des Nervensystems stammendes Kommandoneuron alternierend aktiv sind. Ihre synaptische Verbindung mit Motoneuronen führt dann zur alternierenden Muskelbewegung. Das bereits von Brown vorgeschlagene Organisationsmerkmal der auf Propriozeption basierten Modulierung dieser rhythmischen Aktivität ließ sich als sensorische Rückkopplung sehr gut in eine kybernetische Organisationshypothese integrieren.²⁴⁴

Das Beispiel von Liebigs sehr allgemeiner Organisationshypothese zur Leistung der Bereitstellung der benötigten Stoffe sowie die Beispiele der konkreteren Organisationshypothesen zur Erzeugung rhythmischer Bewegungen während der Progression sollten demonstrieren, dass Organisationshypothesen nicht logisch aus Mengen von Kausalaussagen folgen. Dies gilt auch unabhängig von diesen Beispielen aus begrifflichen Gründen: Es besteht immer die Möglichkeit des Vorhandenseins unberücksichtigter Organisationsmerkmale, solcher, die nicht aus den abgeleiteten Kausalaussagen folgen (auf die die Kausalaussagen also keinerlei Hinweis enthalten), die sich im Einzelfall aber als relevant erweisen können. Es muss dabei nicht um unberücksichtigte Teile gehen. Es kann ebenso der Fall sein, dass sich Teile, die in bewährten Organisationshypothesen berücksichtigt sind, im Kontext von Bedingungen, die

²⁴⁴ Eine Darstellung der Grundlagen des zentralen Mustergenerators findet sich etwa in Hildebrandt *et al.* 2015, 466 f.

nicht mit denjenigen der experimentellen Hypothesenbewährung übereinstimmen, anders verhalten als in diesen.

Da diese Einschränkung bezüglich der Bewährungsfähigkeit von Organisationshypothesen aus logischen Gründen besteht, ist es nicht angebracht, selbst einer offenkundig besonders zutreffenden, also einer besonders gut bewährten sehr spezifizierten Organisationshypothese den Hypothesen-Charakter abzusprechen und zu behaupten, jetzt kenne man die wirkliche (und deshalb vollständig spezifizierte) Organisation, sodass man dem Gegenstand in dieser Hinsicht auch zuschreiben könnte, eine Maschine zu sein. Tatsächlich gibt es dazu in der biologischen Praxis auch selten Anlass, gerade weil sich die Bewegungen von biologischen Untersuchungsgegenständen nicht zwangsführen lassen und Zwangsführbarkeit eine Bedingung für eine absolut präzise Leistungsangabe und somit für eine vollständig spezifizierte Organisationsangabe ist (s.o.). E.coli-Bakterien sind vermutlich die besterforschtesten Lebewesen der Welt, trotzdem verzweifelt der biologische Experimentator ständig daran, dass sie sich im Einzelfall nicht so verhalten, wie sie es eigentlich ‚sollten‘. Dass es vor dem Hintergrund der Zweckbestimmung aus 1.3 ein rationaler Teil physiologischer Forschungsheuristik ist, Phänomene an Lebewesen bestmöglich kontrollierbar (zwangsführbar) zu machen, um möglichst präzise Organisationshypothesen formulieren zu können, möchte ich damit nicht leugnen. Ein Teil dieser Forschungsheuristik besteht darin, biologische Untersuchungsgegenstände trotz mangelnder Zwangsführbarkeit als Maschinen ‚anzusehen‘, deren ganz spezifische Organisation experimentell ermittelt werden kann – hierbei spricht man aber, wie bereits erwähnt, über ein theoretisches Modell für den Untersuchungsgegenstand, nicht über den Untersuchungsgegenstand selbst (vgl. 5.2.4). Diese ‚Betrachtungsweise‘ von biologischen Gegenständen wird unabhängig von Forschungskontexten insbesondere auch durch die üblichen Lehrbuchdarstellungen (vgl. 5.2.3) suggeriert.

Ich möchte zum Abschluss der Diskussion über die Identität von biologischen Untersuchungsgegenständen und Maschinen noch einmal gesondert darauf aufmerksam machen, dass der Mangel vollständig spezifizierter Organisationshypothesen auch für solche Hypothesen gilt, die von Komponenten handeln, welche sichtbar gemacht werden können. Zwar lässt sich die Anordnung zuvor bereits unterschiedener Gewebe bei der Zergliederung eines Lebewesens bestimmen – eine Aussage über diese Anordnung ist aber noch keine Organisationshypothese. In einer solchen spielt schließlich das spezifische Zusammenwirken von (etlichen) Komponenten eine zentrale Rolle und dieses lässt sich auch für Gewebe entweder überhaupt nicht oder aber nicht in einem angemessen komplexen Ausmaß beobachten, insbesondere nicht in Situationen der interessantesten Typen, denjenigen nämlich, in denen die Gewebe in

dem bzw. an dem Lebewesen wirken, welches nicht in eine möglicherweise invasive Experimentalanordnung eingegliedert ist.²⁴⁵ Darüber hinaus ließe sich das für jede Organisationsangabe zentrale *Kausalwissen* über die Ereignisse an den Komponenten auch aus einer Beobachtung der Verläufe nicht gewinnen. Hierzu muss in kontrollierte Bedingungen eingegriffen werden (vgl. Kap. 3), was das Experimentieren mit isolierten Teilen erfordert.

Ich möchte nun erörtern, inwiefern die Anwendung von Forschungsmodellen in der Physiologie die Wissensakkumulation produktiver macht und inwiefern in dieser spezifischen Weise der Erforschung biologischer Untersuchungsgegenstände die verschiedenen für die Physiologie relevanten Gegenstandsbereiche verknüpft werden. Ich denke, dass der letztgenannte Punkt offensichtlich ist. Wird ein Phänomen an einem Lebewesen als Leistung definiert und unter Veranschlagung einer Organisationshypothese erforscht, handelt die Organisationshypothese von bestimmten Teilen des Lebewesens, also von Geweben oder Zusammensetzungen von Geweben (Organen). In der Bestätigung der Organisationshypothese wird effektiv eine Menge Kausalaussagen über Ereignisse an diesen bewährt (es handelt sich um Kausalaussagen, die logisch aus der Organisationshypothese folgen). Insofern die Bewährung dieser Aussagen als Bewährung der Organisationshypothese angesehen wird, ist jedem Ereignis an einem Teil des Untersuchungsgegenstands, um das es in einer der Kausalaussagen geht, eine Funktion in Bezug auf das als Leistung interpretierte Phänomen am Untersuchungsgegenstand zuzuschreiben. Diese Zuschreibung ist derjenigen analog, die wir an Komponenten bzw. an Ereignisse an Komponenten einer Maschine vornehmen. Sie ist im Fall des Untersuchungsgegenstands möglich, weil bzw. wenn dieser in Bezug auf ein Phänomen erfolgreich so erforscht wurde, als sei er eine einer bestimmten Leistung fähige Maschine.

Weil eine selbst wieder aus Komponenten bestehende Komponente einer Maschine ebenfalls als Maschine angesehen werden kann, lässt sich ein Gewebe analog nach einer Organisationshypothese erforschen, die Zellen (bzw. zelluläre Bestandteile) und extrazelluläre Bestandteile als Komponenten vorsieht.²⁴⁶ Die Forschungsmodelle für Zellen oder zelluläre Bestandteile handeln von Biomolekülen als Komponenten (wobei im Organisationsplan Makromoleküle und ihre molekularen Komponenten als verschiedene Ebenen der Spezifität unterschieden werden können). Somit werden Phänomene eines der vier physiologischen Gegenstandsbereiche im Zusammenhang mit Phänomenen der anderen Gegenstandsbereiche erforscht. Wird etwa ein Phänomen an einem Gewebe als Leistung interpretiert und gemäß einer Organisati-

²⁴⁵ Vgl. das Beispiel des Patellarsehnenreflexes in 2.3.3.

²⁴⁶ Als Komponenten von Geweben könnten zunächst Zellen und die flüssigen und festen Bestandteile des extrazellulären Milieus verwendet werden. In Zellen ließen sich dann die üblichen zellulären Bestandteile (Zellmembran, Zytosol, Mitochondrien, Plastiden, Endoplasmatisches Retikulum, Golgi-Apparat, Endosomen, Vesikel, Zellkern, usf.) unterscheiden.

onshypothese erforscht, so ist der Forschungshintergrund die (potenzielle) Funktion dieser Leistung im Kontext anderer Teile (anderer Gewebe) des Lebewesens (oder eines Organs). Die Organisationshypothese wird hingegen von Zellen bzw. zellulären Bestandteilen handeln. Also wird das Gewebe nicht isoliert erforscht (wie es prinzipiell aber möglich wäre, vgl. 3.2.2), sondern im Zusammenhang mit Entitäten zweier anderer physiologisch relevanter Gegenstandsbereiche.

Nun möchte ich begründen, warum die Interpretation von Phänomenen an biologischen Untersuchungsgegenständen als Leistungen und die Erforschung der Gegenstände als Erbringer dieser Leistungen nach Modellen aus dem Bereich der Technik die Produktivität physiologischer Wissensakkumulation erhöht. Um die Produktivitätssteigerung nachvollziehen zu können, möchte ich zunächst noch einmal hervorheben, dass eine Erforschung biologischer Gegenstände unter Anleitung von (Maschinen-)Organisationen nicht alternativlos ist (man denke etwa an das von Rothsuh erwähnte psychomorphe Denkmodell, das ganz andere Forschungsfragen aufwerfen und eine ganz andere Forschung erfordern würde). Vor dem Hintergrund der Vereinbarung, dass biologische Wissenschaft Mittel zur Erlangung von Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen sein soll, ist diese Art der Forschung allerdings ausgesprochen rational. Denn durch die experimentelle Bestätigung einer Organisationshypothese für den Untersuchungsgegenstand in Hinsicht auf eine (potenziell) interessante Leistung wird Manipulationswissen erzeugt, das zur Hervorbringung der Leistung in verschiedenen Bedingungen, zur Beseitigung (oder Erzeugung) von Störungen sowie zur ‚Leistungssteigerung‘ genutzt werden kann. Unter Anerkennung des handlungsbasierten Interventionismus ist solches Wissen zugleich auch immer als begründetes Vorhersagewissen nutzbar. Eine Hinsicht, in der die durch technische Forschungsmodelle angeleitete Forschung produktiv ist, basiert auf der Tatsache, dass Forscher bei der Veranschlagung eines bestimmten Organisationstyps als Forschungsmodell bzw. bei der Aufnahme gewisser (technischer) Organisationsmerkmale in die Organisationshypothese zu einer Leistung selbstverständlich nicht willkürlich verfahren. Die Verwendung des kybernetischen Organisationstyps bei der Erforschung der enzymatischen Aktivitätsänderung ist nur sinnvoll, wenn sich eine (obgleich nicht notwendigerweise strenge) Korrelation zwischen Änderungen des Substrats und Änderungen der enzymatischen Aktivitätsmenge detektieren lässt (was tatsächlich der Fall ist). Durch die Verwendung eines dazu passenden Modells aus dem Bereich der Technik wird dann ein bestimmter Katalog an Forschungsfragen eröffnet, der die Spezifizierung einer Organisationshypothese anleitet. Mit der Entscheidung, die substratabhängige Aktivitätsänderung als Leistung einer kybernetischen Maschine zu erforschen (die Aktivitätsmenge von Enzymen ist

dann die oder eine Regelgröße), stellen sich unmittelbar die Fragen nach dem Messglied dieser Regelgröße, nach dem Regler, nach dem durch den Regler beeinflussten Stellglied (dessen Aktivität als Ausprägung einer Stellgröße quantifiziert werden kann), nach eventuellen Eigenschaften des Reglers oder des Stellglieds, die auch unabhängig von der Ausprägung der Regelgröße Einfluss auf die Stellgröße haben (analog der in den Regler einer kybernetischen Maschine eingegeben Führungsgröße). Dabei sei angemerkt, dass sich dieser Fragenkatalog bereits aus dem *einfachsten* Regelkreis, nämlich dem eines Eingrößensystems, ergibt. Der Kybernetik sind auch wesentlich komplexere Organisationen (Regelkreise) etwa für Mehrgrößensysteme zu entnehmen. In solchen Systemen beeinflusst eine Veränderung der Stellgröße kausal die Ausprägung mehrerer verschiedener Regelgrößen, Effekte, die durch eigens dafür installierte Entkopplungsregler gesteuert (beispielsweise kompensiert) werden können. Mit der Anleitung physiologischer Forschung durch Modelle der Maschinenorganisation treten also stets *konkrete* Forschungsfragen auf den Plan, die allesamt der Frage untergeordnet sind: ‚Wie ließe sich diese ‚Leistung‘ des Untersuchungsgegenstands *auf der Grundlage unseres technischen Wissens* (und der verfügbaren Kenntnis der Teile des Untersuchungsgegenstands) technisch realisieren?‘ Diese Form der Produktivität ist auf jeden Fall derjenigen Produktivität überlegen, die allein aus der empirischen Feststellung eines (nicht-trivialen) Klassifikationssystems erwächst (vgl. 3.2.2). Denn letztere bestand schlicht in der Möglichkeit, die *nicht konkreten* Fragen aufzuwerfen, warum im klassifizierten Bereich bestimmte und nicht ganz andere Entitäten anzutreffen sind und warum diese stets in bestimmten und nicht ganz anderen Zuständen oder Ereignissen vorliegen.

Außerdem regt die Bestätigung erster Kausalaussagen, die aus einer noch nicht voll spezifizierten Organisationshypothese folgen, konkrete Forschungsfragen an, um die noch mangelhaft spezifizierten Stellen der Organisationshypothese zu spezifizieren (auch hier stellt man sich – obgleich noch wesentlich konkretere – Fragen nach technischer Realisierbarkeit). Ich wies darauf hin, dass Harvey bereits eine zentrale Kausalaussage bestätigt hatte, die aus seiner Hypothese des Blutkreislaufs folgt. Es gab allerdings, wie ich ebenfalls schon erwähnte, keinen Anhaltspunkt dafür, wie das Blut von den Arterien in die Venen gelangt. Die Suche nach solchen Verbindungsstellen wäre ohne die Hypothese des Blutkreislaufs überhaupt nicht begründet gewesen. Nach Harveys Publikation von 1628 wurde sie aber eifrig betrieben und 1661 von Erfolg gekrönt, als M. Malpighi feine kapillare Verbindungen zwischen Arterien und Venen in der Lunge entdeckte (Rothschuh 1953, 66).

Neben den beiden erläuterten Hinsichten, in denen die Verwendung von Maschinen-Modellen die Produktivität physiologischer Forschung steigert, möchte ich hier noch auf die Möglich-

keit weiterer Produktivitätsquellen hindeuten: Die Forschung wird immer angeregt werden, wenn sich zwei oder mehr bewährte Organisationshypothesen (zu unterschiedlichen ‚Leistungen‘) als inkonsistent erweisen, etwa weil sie den gleichen Teilen unvereinbare Eigenschaften zuschreiben. Ferner ist zumindest denkbar, dass auch die Zusammenführung von konsistenten Organisationshypothesen zu verschiedenen ‚Leistungen‘ eines Untersuchungsgegenstands Anlass zu neuen, *konkreten* Forschungsfragen gibt.

5.2.3 Lehrmodelle

Der Begriff der Konstruktion von Lehrmodellen soll gemäß der Einleitung zu Kap. 5 verständlich machen, wie physiologisches Wissen in Bezug auf seine Lehr- und Lernbarkeit zweckmäßig organisiert werden kann, wobei die Adäquatheitsbedingung geachtet wird, dass das durch faktische physiologische Praxis ermittelte Wissen über die vier physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche nicht konsequent isoliert sondern im Zusammenhang dargestellt wird.

Unter einem Lehrmodell kann ein Gegenstand begriffen werden, der als abbildliches Modell von einem anderen Gegenstand konstruiert oder konsultiert wird, um zu Lehrzwecken Wissen über diesen Gegenstand in übersichtlicher Weise gesammelt und anschaulich verfügbar zu machen. Die Verwendung des Ausdrucks ‚wissenschaftliches Modell‘ in diesem Sinne findet sich vor allem in der Logisch-Empiristischen Wissenschaftstheorie, auch wenn die dort im Fokus stehenden, vorzüglich der Physik angehörenden Modelle weniger als Mittel zur übersichtlichen Darstellung und mehr als Mittel zur Veranschaulichung physikalischer Theorien begriffen werden (wodurch sie nicht nur die Lehr- und Lernbarkeit der Theorien sondern ebenfalls das Aufspüren logischer Fehler in den Theorien erleichtern). Ich möchte diesen historischen Hintergrund kurz skizzieren.

In 3.2.2 deutete ich bereits die Kernelemente des Logisch-Empiristischen Theorien-Verständnisses an: Eine Theorie besteht aus einer logischen Struktur – also einer Menge an logischen Formeln – und einer semantischen Struktur, d.h. einer Interpretation dieser Formeln. In der logischen Struktur lassen sich nicht-definierte primitive Terme von (durch primitive Terme) definierten nicht-primitiven Termen unterscheiden. Eine gewöhnliche Interpretation, die zu einer Theorie führt, wird in Form semantischer Regeln durch die direkte Zuweisung von Bedeutung an einige Terme der logischen Struktur erreicht – dies sind die Beobachtungsterme. Die übrigen – folglich theoretischen – Terme erhalten nur eine partielle Bedeu-

tung über die Sätze, in denen sie gemeinsam mit Beobachtungstermen auftreten (Zuordnungsregeln). Die primitiven Terme der logischen Struktur sind in der Regel theoretische Terme. Ein wissenschaftliches Modell lässt sich dem Logischen Empiristen Braithwaite zufolge als eine *andere* Interpretation der logischen Struktur der Theorie verstehen, „in which the *theoretical* terms are directly interpreted (by semantical rules)“ (Spector 1965, 124). Da die primitiven Terme der logischen Struktur in der Regel theoretische Terme sind, werden in einem Modell also bestimmte Eigenschaften des Systems direkt durch die semantischen Regeln ‚gesetzt‘, wie etwa die Eigenschaft eines Leiters, aus einer Porenstruktur und einem geladenen Fluid zu bestehen, oder die Eigenschaft eines Gases, eine Ansammlung sehr kleiner, kugelförmiger, sich schnell bewegender Körper zu sein. (vgl. Braithwaite 1968, 89f.; ‚Leiter‘ und ‚Gas‘, die in der Theorie Beobachtungsterme sind, über semantische Regeln also eine Bedeutung erhalten, die es ermöglicht, Gegenstände dieser Art durch Beobachtung und durch das Testen von Dispositionen zu identifizieren, sind im Modell Bezeichnungen für besagte Systeme). Ein Modell konstruieren bedeutet daher stets „*as-if* thinking“ (ebd., 93): An die Stelle des physikalischen Systems, von dem die Theorie handelt, wird durch die alternative Interpretation ein anderes physikalisches gesetzt. Der von den Logischen Empiristen in der Regel primär betonte Nutzen dieser Art von Modellen besteht darin, die formalen (interpretationsunabhängigen) Eigenschaften einer Theorie leichter verständlich zu machen (ebd., 92 f.), was neben der Erleichterung ihrer Lehr- und Lernbarkeit auch ihre Analyse und Kritik vereinfacht. Der hier verwendete Begriff des Modells als einer gültigen Interpretation einer Formelmenge entstammt der Formalwissenschaft.²⁴⁷ Modelle sind demnach die Gegenstände, die durch die interpretierten Formeln charakterisiert werden. Im Logischen Empirismus und in der physikalischen Lehre kann dieser Modell-Begriff noch ausdifferenziert werden, durch die Unterscheidung jener im allgemeinen Sinne formalwissenschaftlichen Modelle von den ikonischen Modellen insbesondere: Ikonische Modelle sind bekannte Gegenstände, auf die sich die alternative Interpretation bzw. Teile von ihr beziehen lassen.²⁴⁸ Teile des (formalwissenschaftlichen) Modells der idealen Gastheorie, demzufolge Gase Ansammlungen kugelförmiger, sich schnell bewegender Körper sind, die kontinuierlich elastisch gegeneinander und an die Wände des Behälters stoßen, in dem sie aufbewahrt werden, lassen sich gut auf Billardkugeln beziehen, die sich gegeneinander und gegen die Banden des Tisches schießen lassen. Ein Billardtisch mit entsprechenden Kugeln kann also als ikonisches Modell gewisser Aussagen der idealen Gastheorie dienen. Die zentralen Verläufe, von denen diese Theorie (bzw. ein entspre-

²⁴⁷ Vgl. etwa Hartmann 1990.

²⁴⁸ Vgl. hierzu Spector 1965 und Costa und French 2000, 118.

chendes formalwissenschaftliches Modell ihrer logischen Struktur) handelt, lassen sich an diesem ikonischen Modell besonders gut illustrieren.

Der allgemeine, formalwissenschaftliche Begriff des Lehrmodells lässt sich unter Einbezug des Begriffs des theoretischen Konstrukts (vgl. 3.2.2) auch folgendermaßen darstellen: Alle Gesetzaussagen von Theorien sind – insofern sie generelle Aussagen sind – hypothetisch. Es gibt dabei neben generellen Gesetzaussagen über beobachtbare Phänomene auch noch solche generellen (Gesetzes-)Aussagen in Theorien, die einen hypothetischen Charakter in einem noch ganz anderen, stärkeren Sinne haben, und zwar die (partiellen) Charakterisierungen theoretischer Konstrukte in Form von partiellen Bedeutungszuweisungen an theoretische Terme (vgl. 3.2.2). Diese Charakterisierungen theoretischer Konstrukte werden im Rahmen der Konstruktion eines (formalwissenschaftlichen) Modells ihres hypothetischen Charakters beraubt, indem die theoretischen Konstrukte durch vollständige Definitionen der entsprechenden Terme mittels semantischer Regeln als ganz bestimmte Dinge ‚gesetzt‘ werden.

Im Rahmen der kreativen Theorien-Konstruktion (vgl. 3.2.2) stellen Wissenschaftler ihre Überlegungen nicht selten in einer Semantik an, die bei erfolgreicher Theorien-Konstruktion im Nachhinein ein (formalwissenschaftliches) Modell der Theorie bildet. Ein solches Vorgehen kann derart aufgefasst werden, dass ein (vorgestelltes) System, welches im Nachhinein als formalwissenschaftliches Modell einer Theorie dienen wird, in der Theorien-Konstruktion als Forschungsmodell genutzt wird. Braithwaite zitiert zur Demonstration dieses Umstands eine Passage aus H. Hertz‘ *Die Prinzipien der Mechanik*:

„We make [– in theory construction –, JK] for ourselves internal pictures or symbols of external objects [i.e. we imagine a model system for the real objects, JK], and we make them of such a kind that the necessary consequences in thought of the pictures [i.e. of the model, JK] are always the pictures of the necessary consequences in nature of the objects pictured. ... When on the basis of our accumulated previous experiences we have succeeded in constructing pictures with the desired properties, we can quickly derive by means of them, as by means of models, the consequences which in the external world would only occur in the course of a long period of time or as a result of our own intervention.“²⁴⁹

Hertz meint hier offenkundig, dass wir anstelle des realen physikalischen Systems ein anderes System vorstellen (etwa eine Ansammlung kugelförmiger, schnell bewegter Körper anstelle eines Gases) und die Konsequenzen aus dieser Modellvorstellung (etwa die große Menge von Stößen der kugelförmigen Körper gegen die Behälterwände) mit denjenigen Vorstellungen assoziieren, die wir in Bezug auf den realen Gegenstand haben (etwa das Vorliegen eines be-

²⁴⁹ Zitiert nach Braithwaite 1968, 91 (die Übersetzung ins Englische stammt von Braithwaite).

stimmten Gasdrucks). Das Ende des Zitats deutet darauf hin, dass das Modellsystem hier als Forschungsmodell genutzt wird, indem das erwartbare Verhalten dieses Systems unter bestimmten Bedingungen zum Anlass für Experimente am richtigen System genommen wird. Auch unabhängig von solch vorgängiger Nutzung eines Systems als Forschungsmodell kann es im angegebenen Sinn als Lehrmodell dienen.

Weil theoretische Terme nicht auf etwas Beobachtbares referieren, gehe es bei der Bildung von Modellen für Theorien nicht um die Ähnlichkeit mit Wirklichem, es gehe einzig um eine Übereinstimmung der logischen Struktur von Theorie und Modell:

„Hertz is maintaining, against those who would require that reality should resemble our [model, JK] pictures of it, that the only resemblance required is that of formal structure“ (Braithwaite 1968, 91),

Während diese ‚Konsistenzforderung‘ die Erforschung von Phänomenen an einem System mit Hilfe eines *Forschungsmodells* gerade besonders produktiv machen kann – wobei Inkonsistenzen der Modellanwendung keineswegs Abbruch tun müssen –, ist sie für den Fall eines Lehrmodells wesentlich (genauer: wesentlich für die Teile des Modellsystems, die als Lehrmodell intendiert sind). Andererseits wäre das Modellsystem keine Interpretation der logischen Struktur der Theorie, es würde sich also im Zweifel in entscheidenden Punkten anders verhalten als das reale System. Dennoch gilt: Wird ein System als Lehrmodell einer Theorie verwendet, wird damit ein *alternatives* System ‚gesetzt‘, gleich, ob dasselbe System zuvor in der Konstruktion der Theorie auch als Forschungsmodell genutzt wurde oder nicht. Denn auch bei ausgesprochen hoher Bewährtheit einer Theorie bleiben die die theoretischen Terme enthaltenden Aussagen *indirekt* bestätigte Aussagen, Aussagen also, die potenziell durch andere ersetzbar sind, welche möglicherweise sogar eine bessere Theorie abgeben. Der Charakterisierung von theoretischen *Konstrukten* in einem Lehrmodell liegt also immer eine Konstruktionsleistung zugrunde, da die theoretischen Termini nur partiell, nicht vollständig definiert sind (genau aus diesem Grunde wird ja ein Lehrmodell gebildet, vgl. hierzu auch die längere Fußnote in der Einleitung). Braithwaite sieht – neben anderen Autoren (vgl. Spector 1965, 125) – in der Vernachlässigung des Unterschieds von Modellen und wirklichen Systemen eine ausgesprochene Gefahr für die wissenschaftliche Arbeit (Braithwaite 1968, 93).

Ich möchte im Anschluss an diese historische Einleitung zwei sehr unterschiedliche Formen von abbidlichen Lehrmodellen in der Physiologie unterscheiden, deren Verwendung sich in der Praxis überschneidet. Die erste Form lässt sich den allgemeinen formalwissenschaftlichen,

die zweite Form den ikonischen Modellen assoziieren. Ich werde verdeutlichen, dass beide Formen von Lehrmodellen als abbildliche Modelle nach 5.1 verstanden werden können.

Die Konstruktion der Lehrmodelle, die ich zunächst vorstellen möchte, schließt unmittelbar an die physiologische Forschung mittels vorbildlicher Modelle aus dem Bereich der Maschinenorganisationen an. Werden etliche Phänomene an einem biologischen Untersuchungsgegenstand erfolgreich nach Organisationshypothesen erforscht, folgt daraus – auch wenn man diese Hypothesen integriert – nicht, dass der Untersuchungsgegenstand eine Maschine dieser (integrierten) Organisation ist. In biologischen Lehrwerken wird uns aber ein anderer Eindruck vermittelt, nämlich der, dass wir es tatsächlich mit ‚organischen‘ Maschinen zu tun haben. Auf diese Weise werden uns beispielsweise in Lehrwerken der makroskopischen Anatomie und Physiologie Lebewesen oder Teile von Lebewesen sprachlich und zeichnerisch in Form von Bauplänen von Gewebemaschinen präsentiert, die bzw. deren Komponenten auf eine bestimmte Weise ‚arbeiten‘, etwa um auf das Eintreten gewisser äußerer Reize hin eine bestimmte Leistung zu instanzieren. Ein Beispiel ist die kybernetische ‚Kreislaufmaschine‘ zur Aufrechterhaltung eines adäquaten arteriellen Blutdrucks, wie sie im *Penzlin*, dem Standardwerk der Tierphysiologie, entworfen wird.²⁵⁰ Die Regelstrecke dieser Maschine ist das arterielle Gefäßsystem (die Regelgröße ist der arterielle Blutdruck), das verschiedenen Störungen, etwa in Form von Aktivitätsänderungen des Organismus ausgesetzt sein kann. Das Messglied für den Blutdruck sind die mechanischen Pressorezeptoren im Carotissinus und Aortenbogen. Über die Carotissinusnerven und die Depressornerven stehen diese kausal mit dem Regler, den medullären Kreislaufzentren im Hirnstamm, in Verbindung. Diese instanzieren keine Festwertregelung, wie es etwa ein Thermostat tut, da sich die Führungsgröße aus einer wechselseitigen Beeinflussung der medullären Kreislaufzentren mit dem ebenfalls im Hirnstamm liegenden Atemzentrum, ferner mit der wichtigsten Regulationsstelle für vegetative Funktionen – dem im Zwischenhirn gelegenen Hypothalamus – sowie mit der Großhirnrinde ergibt. Entsprechend der Führungsgröße wird die Stellgröße über kausale (neuronal sowie hormonell vermittelte) Einwirkung der medullären Kreislaufzentren auf die Stellglieder, Herz und Gefäßmuskulatur, angepasst. Die Veränderungen von Herzaktivität und Gefäßdurchmesser haben direkten Einfluss auf die Regelgröße, den arteriellen Blutdruck.²⁵¹

Weitere Beispiele sind die Maschinen, die ‚Reflexleistungen‘ instanzieren, wie die aus Knochen, Sehnen Muskeln und Nerven bestehende organische Maschine, die den Patellarsehnenreflex instanziiert (vgl. 2.3.3). Die Komponenten von Gewebemaschinen bestehen teils selbst

²⁵⁰ Vgl. Hildebrandt *et al.* 2015, 242-247

²⁵¹ Vgl. für eine Organisationsskizze der kybernetischen Kreislaufmaschine Hildebrandt *et al.* 2015, 245.

aus Geweben (wie beispielsweise das Herz in der Kreislaufmaschine). Das Ereignis, das solche komplexen Gewebekomponenten im Kontext einer umfassenderen Maschine instanziiert (wie die sehr spezifische Pumpleistung des Herzens im Kontext der Kreislaufmaschine) können selbst als Leistungen charakterisiert werden, die aufgrund der Organisation ihrer einfachen Gewebekomponenten nach einem bestimmten Ereignis der Inbetriebnahme (beim Herzen: ein Stromimpuls am Sinusknoten) instanziiert werden.

Einfache Gewebe werden als zelluläre Maschinen, also als Maschinen charakterisiert, die aus Zellen (bzw. zellulären Bestandteilen) und extrazellulären Teilen bestehen. Ich möchte zur Illustration einen etwas vereinfachten Schaltkreis für die zellulären Komponenten des Kleinhirns skizzieren. Bei diesem handelt es sich – in der Semantik organischer Maschinen – um

„[...] ein wichtiges Kontrollzentrum für die Bewegung. Es empfängt umfangreiche Signale von Axonen aus dem Rückenmark und der Brücke [dem ventral des Kleinhirns gelegenen Abschnitt des Rautenhirns, JK]. Die Signale aus dem Rückenmark liefern Informationen über die Lage des Körpers im Raum. Die Signale aus der Brücke enthalten Informationen aus der Großhirnrinde über die Ziele von geplanten Bewegungen. Das Kleinhirn vergleicht diese Arten von Informationen und berechnet die Abfolge der Muskelkontraktionen, die notwendig sind, um die Bewegungsziele zu erreichen“ (Bear *et al.* 2012, 210f.).

Das Kleinhirn empfängt diese Informationen (teils vermittelt durch andere Strukturen) über die afferenten Moos- und Kletterfasern. Diese erregen oder hemmen einerseits die im Kleinhirn gelegenen Zellkörperansammlungen neuronaler Zellen (die sog. ‚Kleinhirnkerne‘), andererseits erregen sie vor allem die in der Kleinhirnrinde in verschiedenen Schichten angeordneten Körnerzellen und inhibitorischen Zwischenneurone (beispielsweise sog. Korbzellen). Diese kortikalen Zellen erregen oder hemmen die ebenfalls kortikalen Purkinje-Zellen, die dann die Neurone der Kleinhirnkerne hemmen. Von den Kleinhirnkernen projizieren Efferenzen u.a. in solche Gehirnstrukturen, denen eine kausale Rolle bei der Motorik zugeschrieben wird. Man stellt sich die Integration und Modulation der eingehenden Information (der eingehenden elektrischen Impulse) durch die Kleinhirnmaschine als das Ergebnis einer Synthese einerseits des direkten Einflusses der Moos- und Kletterfasern auf die Kleinhirnkerne und andererseits der Hemmung der letzteren durch die Purkinje-Zellen vor. Das Schaltbild in Abb. 6 verdeutlicht diesen Grundgedanken.

Entsprechend den Gewebemaschinen werden Zellen bzw. Zellbestandteile als molekulare Maschinen dargestellt, das Endomembransystem etwa als Produzent und Verteiler von Biomolekülen mit eingebauten Schritten der Qualitätskontrolle, Mitochondrien und Plastiden als Energiewandler.

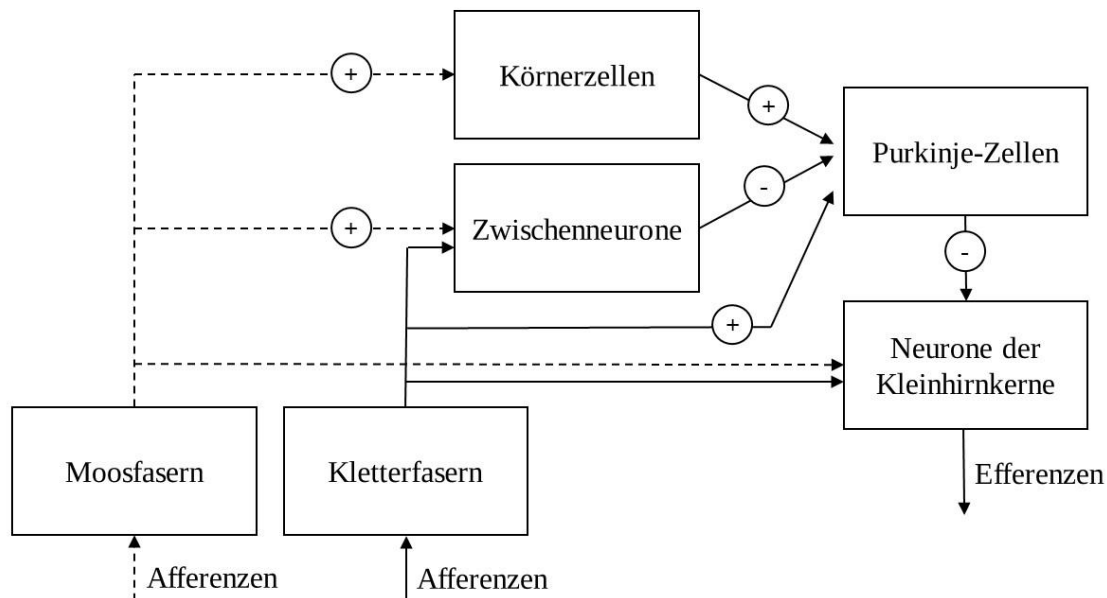


Abb. 6: Zelluläre Verschaltungen im Kleinhirn. Über Moos- und Kletterfasern treten aus unterschiedlichen Strukturen Afferenzen in das Kleinhirn ein; die Kleinhirn-Efferenzen treten hauptsächlich aus den Neuronen der Kleinhirnrinde aus. Die Körnerzellen, Purkinje-Zellen und die (inhibitorischen) Zwischenneurone befinden sich im Kleinhirnkortex. Das Vorliegen mehrheitlich exzitatorischer bzw. inhibitorischer Synapsen zwischen Neuronen verschiedener Typen ist durch ‚+‘ bzw. ‚-‘ angezeigt (vereinfacht nach Schünke et al. 2015, 369).

Es gibt Phänomene an Lebewesen bzw. ihren Teilen, die nicht an Maschinen vorzufinden sind, wie das Wachstum. Außerdem sind die an Lebewesen instanziierten Ereignisse nicht zwangsführbar. Wenn man sich aber bewusst macht, dass es sich bei organischen Maschinen um *Modelle* handelt, rauben diese Tatsachen der möglichst umfänglichen und möglichst detaillierten Charakterisierung organischer Maschinen nicht die Legitimität. Sie ist vor dem Hintergrund der Zweckbestimmung aus 1.3 sogar rational, wie ich gleich zeigen werde. Es ist bekannt, dass Descartes (sowie viele seiner Zeitgenossen) ganze Tiere und Pflanzen *wirklich* als etlicher Leistungen fähige Maschinen ansah, weshalb er Tiere auch „als seelenlose Automaten ohne weiteres vivisektorisches Experimenten ausgesetzt [hat]“ (Jahn 2004, 197). Descartes hat hier aber, so ließe sich argumentieren, nicht einfach über einen Unterschied hinweggesehen. Für ihn sind die tierischen und pflanzlichen Lebewesen tatsächlich Maschinen, da sie tatsächlich konstruiert, nämlich von Gott konstruiert sind (vgl. etwa Ballauff 1954, 209).

Ich möchte nun etwas näher auf den Modell-Charakter solcher organischen Maschinen eingehen. In 5.2.2 habe ich darauf verwiesen, dass man selbst bei der Integration verschiedener bestätigter Organisationshypothesen immer bei einer Organisations*hypothese* bleibt, deren hypothetischer Status nicht nur darin besteht, dass die einzelnen darin vorkommenden Kau-

salaussagen über Zeitpunkte allquantifizierende Aussagen sind. Ihr hypothetischer Status ist vielmehr vergleichbar dem der theoretischen Terme in Theorien (auch wenn sich Organisationshypothesen und theoretische Terme in anderen Hinsichten unterscheiden): Die Sätze einer Organisationshypothese sowie die Axiome einer Theorie, die mit theoretischen Termen formuliert sind, dienen der logischen Ableitung experimentell prüfbarer Sätze. Der Schritt, den man macht, indem man solch eine integrierte Organisationshypothese als eine *verifizierte* Aussage ansieht, dem Untersuchungsgegenstand also wirklich – wie einer Maschine, die man konstruiert hat – eine bestimmte Organisation zuschreibt, ist meinem Ermessen nach dem Schritt analog, in dem ein Gegenstand Braithwaite zufolge in der Semantik eines bestimmten (formalwissenschaftlichen) Modells einer Theorie charakterisiert wird. In beiden Fällen ‚drängt‘ sich eine solche Charakterisierung auf: Wenn man die Leitungsphänomene eines Drahts dadurch vorhersagen kann, dass man den Draht als System aus einem Atomgitter und einem Elektronengas charakterisiert, und wenn darüber hinaus aus dieser Charakterisierung noch neue Vorhersagen folgen, die sich bestätigen lassen, dann liegt die Identifizierung des Drahts mit einem Atomgitter und einem Elektronengas nahe. Wenn eine Vielzahl bislang teils ungeprüfter chemischer und physikalischer Verläufe aus einer Theorie abgeleitet werden kann, die von bestimmt beschaffenen atomaren Körpern handelt, ist es naheliegend, die Stoffe, mit denen man im Labor hantiert, als Ansammlungen solcher Körper anzusehen. Wenn sich etliche Phänomene an einem biologischen Untersuchungsgegenstand erfolgreich mit gewissen Organisationshypothesen erforschen ließen und aus einer Integration dieser Hypothesen zu einer umfänglicheren Hypothese eventuell sogar noch Vorhersagen abgeleitet werden können, die sich bestätigen lassen, liegt es nahe, den Untersuchungsgegenstand als eine entsprechend organisierte Ansammlung von Komponenten und somit als organische Maschine aufzufassen.

Logische Empiristen wie Braithwaite haben mit ihrem Habitus begrifflicher Strenge darauf hingewiesen, dass dieser Schritt das ‚Setzen‘ eines anderen – obgleich natürlich nicht eines beliebigen anderen – Systems oder Gegenstands bedeutet. In diesem Sinne kann auch das durch physiologische Forschung fundierte Reden über organische Maschinen als Rede in einer bestimmten Modell-Semantik und somit als Rede über einen anderen – obgleich nicht beliebig anderen – Gegenstand konzeptualisiert werden. Denn *effektiv* besteht das experimentelle Wissen – auch wenn seine Ermittlung durch Forschungsmodelle aus dem Bereich der Maschinenorganisationen angeleitet wird – in nichts anderem, als in einer Menge von bestätigten Kausalaussagen (die das Verhalten von Lebewesen oder Ereignisse an aus Lebewesen herstellbaren Teilen betreffen). Weitere Forschung wird dadurch angeregt, dass die (zumindest

teils) bestätigten Organisationshypothesen beibehalten, weiter spezifiziert und mit anderen Organisationshypothesen integriert werden. Denn hieraus ergeben sich neue Vorhersagen über Verläufe, die sich experimentell prüfen lassen. An die Stelle eines biologischen Untersuchungsgegenstands aber eine organische Maschine entsprechender Organisation zu ‚setzen‘ ist ein davon zu unterscheidender theoretischer Schritt, den man – aus begrifflichen Gründen – nicht gehen muss, und über dessen Eigentümlichkeit man sich – im Rahmen der hier vertretenen Konzeptualisierung – im Klaren sein sollte. Die (sprachliche und zeichnerische) Konstruktion einer organischen Maschine kann also als Konstruktion eines abbildlichen Modells von einem Komplex an Kausalrelationen zwischen Ereignissen an aus einem biologischen Untersuchungsgegenstand herstellbaren Teilen angesehen werden, die im Zuge der Bewährung einer Organisationshypothese bewährt wurden.

Hat man sich zur Konstruktion solcher Lehrmodelle entschieden, lässt sich in der Charakterisierung der organischen Maschinen natürlich das Vokabular fruchtbar machen, das aus den der Technik entnommenen Forschungsmodellen stammt, mit denen die Ermittlung des Kausalwissens angeleitet wurde. Wenn der Organisationstyp der kybernetischen Maschine erfolgreich genutzt wurde, um etliche Phänomene an Zellen zu erforschen, kann in einem zweiten, zu Illustrationszwecken dienenden Schritt eine kybernetische Maschine charakterisiert werden, die aus jenen Zellbestandteilen besteht, als wäre sie daraus konstruiert worden. Im Bereich dieser *Illustrationsfunktion* könnte der große Bestand technischen Vokabulars verortet werden, der sich dem Leser insbesondere biologischer *Lehrbücher* präsentiert (‚Signalkaskade‘, ‚Informationsfluss‘, ‚Regulation‘, ‚Regulationsantwort‘, ‚Informationsabgleich‘, ‚Rezeptor‘, ‚Verschaltung‘, ‚Schaltkreisneurone‘, ‚Detektoren‘, ‚Transkriptionsmaschinerie‘, ‚Bewegungsapparat‘, ‚Rückkopplung‘, etc.). Dabei muss man sich – im Rahmen meiner Konzeptualisierung – bewusst machen, dass die so charakterisierten organischen Maschinen Lehrmodelle sind. Denn, mag die Erforschung von gewissen Phänomenen an einer Zelle auch unter Verwendung eines Forschungsmodells aus dem Bereich kybernetischer Maschinen recht erfolgreich gewesen sein, folgt beispielsweise nicht, dass bestimmte molekulare Bestandteile der Zelle tatsächlich *Signale übermitteln* oder andere Moleküle an Zielorte *transportieren*. Den Molekülen ist nämlich eigentlich – vom Standpunkt der chemischen Theorie, die den entsprechenden biochemischen Nachweisen zugrunde liegt – nichts anderes zuzuschreiben, als dass sie sich mit anderen Molekülen gegenseitig anziehen oder abstoßen.

Lange macht den Unterschied zwischen vorbildlichem und abbildlichem Modellieren an dieser Stelle nicht. Er geht von der Darstellung der Verwendung von Forschungsmodellen dazu über, die jeweils durch ein vorbildliches Modell aus der Technik inspirierte und experimentell

bewährte Organisation (Organisationshypothese) samt ihren strukturellen Eigenschaften im Untersuchungsgegenstand als das bzw. ein zugehöriges „*empirisches Modell*“ (Lange 1999, 143) zu bezeichnen. Dieses dient bei Lange einerseits als bereits (zumindest teilweise) spezifiziertes Forschungsmodell zur weiteren Forschung (ebd., 143). Insofern es aber zur Integration und übersichtlichen Darstellung des in der Erforschung einiger Phänomene am Gegenstand gewonnenen Wissens dient – und diese Funktion spricht Lange dem empirischen Modell ebenfalls zu (ebd., 145) – lässt sich ‚Modell‘ nicht mehr in der Bedeutung des *Forschungsmodells* verstehen.

Das Formulieren solcher Lehrmodelle in der Physiologie kann als Mittel zu einem ähnlichen Zweck angesehen werden wie im Logischen Empirismus, und dieser Zweck ist vor dem Hintergrund meiner Zweckvorstellung für physiologische Praxis (siehe 1.3) als erstrebenswert anzusehen. Im Gegensatz zu einer unzusammenhängenden Liste aller Kausalurteile, die sich an aus einem biologischen Gegenstand herstellbaren Teilen bestätigen lassen, erhöht es die Lehr- und Lernbarkeit des physiologischen Wissens maßgeblich, wenn stattdessen eine organische Maschine charakterisiert wird. Denn sie wird – da sie eine Maschine ist – so dargestellt, dass sie gewisser Leistungen fähig ist, die durch bestimmte ‚Inbetriebnahme‘ hervorgerufen werden können, wobei sich der Zusammenhang des Inbetriebnahme- und des Leistungsereignisses durch eine Maschinenfunktionserklärung (vgl. 4.1.2) geben lässt. Je nach interessierender Leistung lässt sich so eine organische Maschine charakterisieren, die nur aus solchen Komponenten besteht, die für diese Leistung relevant sind (wie die Reflexmaschine aus vierköpfigem Oberschenkelmuskel, dessen Ursprung und Ansatz (fixiertem Oberschenkelknochen und Darmbein, Kniescheibe und Schienbein), Patellarsehne, Lumbalsegmenten des Rückenmarks und den relevanten Nerven). Dies ermöglicht im Einzelfall eine in sich *abgeschlossene* Maschinenfunktionserklärung, wie man sie auch für die Rotation des Sägeblatts einer Kreissäge geben kann, ausgehend von dem Ereignis, dass das Gerät an einem Knopf angeschaltet wird.

Vor dem Hintergrund, dass physiologisches Wissen in erste Linie zur wissenschaftlichen Stützung der Heil- und Kultivierungspraxis dienen soll (vgl. 1.3) ist die Organisation dieses Wissens in organischen Maschinen sehr zweckmäßig in Bezug auf seine Lehr- und Lernbarkeit. Denn eine Problemstellung aus diesen praktischen Kontexten besteht in der Regel darin, dass das Lebewesen zu irgendetwas nicht mehr fähig ist oder bald nicht mehr fähig sein wird (Heilungspraxis), oder aber, dass es wünschenswert wäre, wenn es zu etwas in höherem Maße fähig wird, bzw. sein Körper bestimmte Eigenschaften in einem anderen Maße ausprägt (Kultivierungspraxis). Problemstellungen dieser Art lassen sich direkt in Bezug auf die Leistungen

einer organischen Maschine reformulieren: Die Maschine ist einer gewissen Leistung nicht mehr oder in ungenügendem Maße fähig und wird ihr bald vielleicht gar nicht mehr fähig sein. Zur Lehre entsprechend problemspezifischen Wissens werden organische Maschinen entworfen, die nur die für die interessante Leistung relevanten Komponenten umfassen. Mit einer solchen leistungsbezogenen Integration physiologischen Wissens in organischen Maschinen lassen sich direkt die Punkte demonstrieren, an denen eine defekte Maschine auf Störungen untersucht und an denen zum Zweck der Störungsbeseitigung oder Leistungssteigerung eingegriffen werden kann.

Ich komme nun zur Vorstellung einer zweiten Form von physiologischen Lehrmodellen. Der Ausdruck ‚Lehrmodell‘ wird hier in einer sehr anderen Bedeutung gebraucht, obgleich die Verwendung der nun zu besprechenden Lehrmodelle in der Regel mit der Verwendung der zuerst vorgestellten Lehrmodelle einhergeht. Während die organischen Maschinen den formalwissenschaftlichen Modellen der Logischen Empiristen zu assoziieren sind, sind es die nun vorzustellenden Lehrmodelle den ikonischen Modellen.

Wissenschaftliche Lehrmodelle sollen wissenschaftliche Wissensbestände zu Lehrzwecken in einer anschaulichen und übersichtlichen Weise verfügbar machen. Es ist daher angemessen, die jedem bekannten zeichnerischen oder real konstruierten ‚Modelle‘ von wissenschaftlichen Untersuchungsgegenständen als abbildliche Modelle zu bezeichnen. Hierzu zählen etwa Kunststoffgebilde, die Organe, DNA-Moleküle, Atomgitter, usf. vorstellen sollen, aber auch die solche Gegenstände präsentierenden Abbildungen in Lehrwerken. Anatomische Lehrbücher und Lehratlanten konkurrieren maßgeblich über die Güte ihrer Abbildungen miteinander. Das Gütekriterium ist dabei aber weder ästhetisch, noch besteht es in der möglichst realistischen Darstellung. Denn auf Photographien beispielsweise von Gewebestrukturen erkennt man wie bei ihrer wirklichen Präparation in der Regel überhaupt nichts, wenn man nicht bereits fortgeschrittene Fertigkeiten und Kenntnisse in der Behandlung dieser Gewebestrukturen besitzt. In den zeichnerisch oder real konstruierten abbildlichen Modellen des Gegenstands (etwa eines Gewebezusammenhangs) werden Eigenschaften des Gegenstands, die von besonderem wissenschaftlichem Interesse sind, zu Lehrzwecken hervorgehoben – in anatomischen Modellen beispielsweise die Abgrenzung unterschiedlicher Gewebestrukturen. Die Praxis der Konstruktion solcher abbildlicher Modelle ist zweifelsfrei rational, weil sie anatomische (und die damit zusammenhängenden physiologischen) Wissensbestände effizienter lehr- und lernbar macht.

In die Klasse dieser abbildlichen Modelle fallen nicht nur Modelle von Entitäten, sondern auch Modelle von wissenschaftlich ermittelten Verläufen. In der Rekonstruktion technischer

Modell-Begriffe in 5.1 habe ich bereits auf die Möglichkeit hingewiesen, Verlaufsskizzen als abbildliche Modelle von Verläufen aufzufassen (siehe Tab. 4 in 5.1). Alternativ stehen Computeranimationen zur Verfügung, oder fingierende Aussagen, die es dem Rezipienten ermöglichen, sich einen Verlauf bildlich vorzustellen. Worin besteht genau der Modell-Charakter solcher wissenschaftlichen Verlaufsmodelle? Das wissenschaftliche Wissen, das in der Erforschung eines Phänomens erzeugt wird, besteht effektiv in der Bewährung etlicher Zustands- bzw. Verlaufsgesetze, die die in 3.1.3 entwickelte konditionale Form haben. Denn schließlich handelt es sich um experimentelles Wissen. In biologischen Lehrmedien wird dieses Wissen aber in der Regel nicht in Form von Listen aus Konditionalaussagen, sondern vielmehr graphisch und/oder ‚erzählerisch‘ präsentiert, als würde der Verlauf gerade vor dem Leser stattfinden.

Diese anschauliche Form der Wissensvermittlung durch eine Verlaufsskizze möchte ich beispielhaft vorführen – es ist eine sehr einfache Prozedur, derer sich manche Vertreter der Mechanistischen Konzeptualisierung aber offensichtlich unzureichend bewusst sind, wenn sie physiologisches (Lehrbuch-)Wissen als Beschreibungswissen konzeptualisieren. Um beispielsweise das Kausalwissen über Ereignisse am synaptischen Spalt zusammenzufassen, wird die schematische Zeichnung einer Synapse gezeigt, mit Kanälen in der präsynaptischen Membran und Kanälen sowie Andockstellen für Neurotransmitter in der postsynaptischen Membran. Außerhalb der präsynaptischen Membran sind Partikel eingezeichnet, die Calcium-Ionen darstellen sollen, innerhalb der präsynaptischen Membran mit Partikeln gefüllte Gebilde – die Neurotransmitter-Vesikel. Eine solche Graphik kann als Lehrmodell (in der gerade vorzustellenden zweiten Bedeutung) einer Synapse angesehen werden. Ein Lehrmodell der Verläufe an einer Synapse nach dem Eintreten einer Potenzialänderung über der präsynaptischen Membran lässt sich durch eine Verlaufsskizze, also durch eine Kombination von Bildern geben. Im ersten Bild wird zeichenhaft angedeutet, dass über der präsynaptischen Membran eine Potenzialänderung eintritt. Das zweite Bild zeigt die Kanäle dieser Membran in geöffnetem Zustand, und durch Pfeile den Einstrom der Calcium-Ionen. Im dritten Bild ist ebenfalls mit Pfeilen die Bewegung der Vesikel angedeutet, usf. Oft werden zweckmäßigerweise alle Ereignisse in einem Bild dargestellt; ein erläuternder Text informiert dann über ihre Reihenfolge (vgl. Abb. 3 in 2.2.2). Anstelle einer Verlaufsskizze kann auch eine Computeranimation als Lehrmodell dienen, oder aber eine rein sprachliche Charakterisierung, die eine bildliche Vorstellung der Verläufe ermöglicht, bzw. eine entsprechende Abbildung ergänzt.

In 2.2.1 zitierte ich Cravers Paradebeispiel für ÄME, welches genau in einer solchen erzählenden – ‚beschreibenden‘ – Verlaufscharakterisierung besteht. Hier noch einmal ein Ausschnitt daraus:

„An action potential arrives at the cell's axon terminal, raising the membrane voltage sufficiently to open Ca^{2+} -specific ion channels. The resulting influx of Ca^{2+} initiates a cascade of intracellular reactions that terminates in the creation of a pore between a transmitter-containing vesicle and the membrane“ (Craver 2007, 22).

Ein weiteres Beispiel sei dem Standardwerk *Molecular Cell Biology* von Lodish *et al.* entnommen. Es ist ein Ausschnitt aus einem Modell von molekularen Ereignissen während der Muskelkontraktion. Diese basiert wesentlich auf der Verschiebung von länglichen Proteinbestandteilen (Myosin und F-Aktin) gegeneinander, ein Ereignis, bei dem ATP hydrolysiert wird. Die Verlaufs-‚Erzählung‘ ist im Buch durch eine entsprechende graphische Verlaufs-skizze ergänzt:

„In the absence of ATP, the head of myosin binds very tightly to F-actin. When ATP binds, the affinity of the head for F-actin is greatly reduced and releases from actin. The myosin head then hydrolyzes the ATP, and the hydrolysis products, ADP and P_i , remain bound. The energy provided by the hydrolysis of ATP induces a conformation change in the head that results in the head domain rotating with respect to the neck. [...]“ (Lodish *et al.* 2008, 736).

Als Beispiel für eine Verlaufs-‚Erzählung‘ zu Ereignissen an Geweben kann die in 2.3.3 gegebene Charakterisierung des dem Patellarsehnenreflex ‚zugrunde liegenden‘ Mechanismus dienen.

Solche Verlaufsmodelle dienen der übersichtlichen und anschaulichen Darstellung bzw. der Integration von Wissen, das in Unmengen unabhängiger Experimente etabliert wurde. Sie können den Eindruck erwecken, zeichnerisch Beobachtungen festzuhalten, bzw. sprachlich den Inhalt von Beobachtungen zu *beschreiben*. Diese Auffassung ist aber aus zwei Gründen nicht gerechtfertigt. Erstens sind die molekularen und atomaren Anteile solcher Modelle überhaupt nicht beobachtbar und daher auch nicht beschreibbar (im Sinne des Beschreibungsbegriffs aus 1.1.3). Auch wenn die Verlaufsmodelle von Ereignissen handeln, von denen zumindest einige beobachtbar sind (man denke an den Verlauf, der im Reflexbogen des Patellarsehnenreflexes besteht), werden die Verläufe von niemandem beobachtet. Ihre Darstellung ist das Ergebnis der Zusammensetzung (‚Konstruktion‘) etlicher wissenschaftlicher Einzelerkenntnisse. Die Experimente, die das in Verlaufsmodellen anschaulich dargestellte Wissen

erzeugen, beginnen fast ausnahmslos damit, dass der im Verlaufsmodell skizzierte Gegenstand (etwa eine Synapse oder ein Gewebezusammenhang) *zerstört wird*, um mit einzelnen Bestandteilen, die aus ihm hergestellt werden, *isoliert* – also *außerhalb* des Kontexts jenes Gegenstands (etwa der Synapse oder des Gewebezusammenhangs) und somit auch außerhalb des Kontexts dieses Verlaufs – zu experimentieren.²⁵²

Zweitens erheben die Modelle den Anspruch, *kausale* Zusammenhänge abzubilden. Aus der Zuschreibung, dass es in den Bildern oder sprachlichen Charakterisierungen um kausal verbundene Ereignisse geht, folgt aber, dass ihrer Erzeugung auch abseits des Problems der Nicht-Beobachtbarkeit *mehr* zugrunde liegen muss als bloße Beobachtung und Beschreibung des Beobachteten. Nach Kap. 3 handelt es sich bei diesem ‚Mehr‘ um die Praxis des wissenschaftlichen Experimentierens, die zunächst einmal zur Bewährung von Konditionalaussagen führt, welche über Zeitpunkte allquantifizieren und daher keine Ergebnisse von Beschreibungen sein können (vgl. 1.1.3).

Aus dem ersten Grund folgt unmittelbar, dass es sich bei Verlaufsmodellen nicht um Beschreibungen oder entsprechende Beobachtungsskizzen handelt. Der zweite Grund kann auch folgendermaßen verstanden werden: Selbst wenn die im Modell dargestellten Ereignissequenzen beobachtbar und beschreibbar wären, wäre solch eine Beschreibung nicht von der wissenschaftlichen Relevanz, die dem in Verlaufsmodellen präsentierten Wissen faktisch zugesprochen wird. Eine solche Beschreibung würde nämlich noch nichts über kausale Relationen aussagen. Die zeichnerischen oder sprachlichen (oder mittels Computeranimationen vorgenommenen) Charakterisierungen von Verläufen können daher als Ergebnisse einer Konstruktionsleistung aufgefasst werden. Auf der Grundlage von Kap. 5.1 lassen sich solche Konstruktionen als Ergebnisse abbildlichen Modellierens begreifen. Gegeben wird hier eine Fiktion. Diese ist keineswegs willkürlich, da sie den Anspruch erhebt, experimentelle Befunde zu integrieren – das ändert aber nichts an ihrem Status als Fiktion.

Ich kündigte zu Beginn von 5.2.3 an, dass die beiden hier vorzustellenden Formen von Lehrmodellen sehr verschieden sind, sich in der Anwendung aber oft überschneiden. Solche Überschneidungen bestehen darin, dass die sprachliche und zeichnerische Konstruktion von organischen Maschinen Information über das spezifische ‚Arbeiten‘ der Maschine bzw. ihrer Teile einschließt und diese Information regelmäßig durch Verlaufsmodelle gegeben wird. Genau die gleiche Darstellungsform findet sich in gewöhnlichen Maschinenfunktionserklärungen (vgl. 4.1.2), in denen graphisch ein Bauplan (bzw. die Beschreibung des Aufbaus der Maschine) gegeben wird, ergänzt um eine ‚Erzählung‘ darüber, wie die Komponenten nach der Inbe-

²⁵² Vgl. etwa die Übersicht über neurochemische Methoden von Braunewell und Gundelfinger 1997.

triebnahme zusammenwirken. Während man die Rede über organische Maschinen der Veranschlagung eines formalwissenschaftlichen Theorien-Modells im Sinne Braithwaites analogisieren kann, lassen sich die Verlaufsskizzen den ikonischen Modellen assoziieren. Die Deckung ist nicht vollständig, da ikonische Modelle eigentlich *bekannte* Dinge sind, an denen sich Aspekte der Theorie (bzw. des formalwissenschaftlichen Modells der Theorie) illustrieren lassen. Dieser Zweck wird aber ähnlich gut durch die sprachlich ergänzten Abbildungen in biologischen Lehrbüchern erreichbar gemacht, ausgehend von denen sich entsprechende Gegenstände (Systeme) fingieren lassen, an denen die Verläufe stattfinden (solchen Fiktionen kommen Computeranimationen am nächsten).

Die Konstruktion von Verlaufsmodellen ist eine naheliegende Option, um das physiologische Wissen anschaulich und übersichtlich darzustellen und somit besser lehr- und lernbar zu machen. Denn die Verwendung von (insbesondere bildlichen) Verlaufsskizzen trägt mittelbar zur zweckmäßigeren Organisation des physiologischen Wissens bei, indem sie die Darstellung von organischen Maschinen erleichtert.

In der Einleitung zu Kap. 5 wies ich darauf hin, dass eine deskriptiv adäquate Konzeptualisierung physiologischer Praxis hinsichtlich der in ihr vorgesehenen Darstellung von Wissen die Möglichkeit implizieren muss, dass gleichzeitig Wissen unterschiedlicher physiologisch relevanter Gegenstandsbereiche vermittelt wird (und eine solche gleichzeitige Vermittlung natürlich irgendeinen Sinn hat und nicht willkürlich geschieht). Die durch Verlaufsmodelle gestützte Darstellung organischer Maschinen wird diesem Adäquatheitsanspruch gerecht. Denn weil es sich bei den genaueren Charakterisierungen der organischen Maschinen um Modelle (und nicht um Beschreibungen von Wirklichkeit oder um Photographien) handelt, können einzelne Komponenten vollständig oder zum Teil in ihrer Komponentenstruktur dargestellt werden, andere hingegen nicht – je nachdem, ob eine detailliertere Darstellung für die folgende Anwendung des physiologischen Wissens (etwa in der Heilpraxis) erforderlich ist, oder ob eine undetailliertere Darstellung ausreicht. Um das Wissen über die Wirkung bestimmter Hormone zu lehren, ist es ausreichend, die Hormone und die relevanten Bindungsstellen an den Zielorganen molekular zu modellieren. Auf das Blut, durch das die Hormone transportiert werden, bezieht man sich als Gewebe. Denn die Modellierung des Bluts in seinen molekularen Komponenten wäre sehr unübersichtlich, praktisch vermutlich überhaupt nicht durchführbar und alles andere als zielführend (es sei denn, das Hormon interagiert mit einer dieser Komponenten – dann wird aber auch nur diese molekular modelliert).

Analoges findet sich in typischen Modellen zu Ereignissen am synaptischen Spalt (s.o.): Bestimmte Komponenten der Synapse bzw. bestimmte Teile ihrer Komponenten werden als zel-

luläre Bestandteile dargestellt, etwa der Großteil der Zellmembranen, die im präsynaptischen Terminus vorliegenden Vesikel und der Großteil der flüssigen Komponenten, d.h. das Zytosol und die extrazelluläre Flüssigkeit. Das gilt auch für das Ereignis der Verschmelzung von Vesikeln mit der Plasmamembran. Manche Teile der genannten Komponenten werden dagegen in ihrer eigenen, molekularen Komponenten-Struktur modelliert, so etwa bestimmte Eiweißbestandteile der Plasmamembranen als Proteine (wobei molekular i.d.R. wieder nur besonders relevante Regionen dargestellt werden, etwa die Bindestellen von Rezeptorproteinen oder die Selektionsfilter von Kanalproteinen) und bestimmte Anteile der flüssigen Komponenten als Calcium-Ionen und Neurotransmitter. Es wäre für die Darstellung irrelevant und aus Gründen der Übersichtlichkeit extrem unzweckmäßig, die Plasmamembran oder die flüssigen Komponenten vollständig in ihrer molekularen Struktur zu modellieren, obgleich das prinzipiell möglich wäre. Das Modell lässt sich in dieser Hinsicht auch leicht modifizieren (sofern man über das nötige molekulare Wissen verfügt). Geht es beispielsweise um die Vermittlung von Wissen über Störungen bei der Verschmelzung der Vesikel mit der Plasmamembran, kann es zweckmäßig sein, zumindest Ausschnitte des Vesikels und der Plasmamembran vollständig in ihrer molekularen Komponentenstruktur darzustellen. Solch ein beliebiges Verfahren in der Darstellung organischer Maschinen ist nur möglich, weil es sich bei ihnen um Modelle handelt. Auf photographischen Aufnahmen zellmikroskopischer Ansichten wird man niemals molekulare Komponenten entdecken; hier gibt es nur Membranen, Flüssigkeiten und sonstige Partikel, die in der Regel als Körner bezeichnet werden (z.B. Eiweiß- oder Stärkekörner). Ebenso wird eine molekulare, etwa massenspektrometrische Analyse von Substanzen aus der Zelle nicht ergeben, dass etwas eine Zellmembran, eine Flüssigkeit oder ein Vesikel ist. Weil also in Lehrmodellen die Ausdifferenzierung einzelner Komponenten(teile) in ihre je eigenen Komponenten stets möglich und für gewisse Teile je nach Problemstellung sehr sinnvoll ist, kommt es in der Vermittlung von physiologischem Wissen in der Regel zu einer Integration der vier physiologischen Gegenstandsbereiche. Damit genügt der Einbezug des Begriffs der beiden Lehrmodelle in die Konzeptualisierung der Physiologie der in der Einleitung zu Kap. 5 formulierten Bedingung deskriptiver Adäquatheit.

Meine bisherige Konzeptualisierung bleibt noch in einem entscheidenden Punkt unvollständig. Ich demonstrierte, dass die in der physiologischen Forschung experimentell zu prüfenden Kausalaussagen oft aus Organisationshypothesen abgeleitet werden, die technisch inspiriert sind. Dann zeigte ich, dass zu Lehrzwecken organische Maschinen entworfen werden, die tatsächlich eine bestimmte Organisation aufweisen. Anhand dieser können gewisse je interessante Leistungen durch Maschinenfunktionserklärungen erklärt und auf diese Weise die kau-

salen Wissensbestände einfach vermittelt werden. Was tut man aber, wenn man den Hörsaal verlässt bzw. das Lehrbuch zur Seite legt, um das wissenschaftliche Wissen zum Zweck der Manipulation oder Vorhersage auf einen wirklichen biologischen Gegenstand anzuwenden? Beim Erlernen des Wissens hat man sich strenggenommen nicht mit Lebewesen sondern mit anderen Gegenständen, nämlich mit organischen Maschinen, also mit Modell-Gegenständen beschäftigt. Mein Lösungsvorschlag für diese Frage sieht eine letzte Erweiterung meiner Konzeptualisierung durch einen vierten (und ebenfalls letzten) Modell-Begriff vor.

5.2.4 Theoretische Modelle

Entsprechend meiner Ankündigung in der Einleitung zu Kap. 5 soll der Einbezug des Begriffs des theoretischen Modells in meine Konzeptualisierung die Anwendung physiologischen Wissens betreffen, also den Bezug des in Form von Modellen gelernten Wissens auf wirkliche Gegenstände in einer möglichst zweckmäßigen Form. Ich möchte den Begriff des theoretischen Modells zunächst unabhängig vom physiologischen Kontext einführen – einfache Beispiele, die zur Erläuterung dieses Begriffs genutzt werden, stammen üblicherweise aus dem Bereich der klassischen Physik. Anschließend werde ich einen Vorschlag dafür liefern, wie sich der Begriff des theoretischen Modells in die hier verwendete Modell-Typisierung aus 5.1 einfügen lässt, da dies nicht unmittelbar ersichtlich ist. Schließlich werde ich zeigen, wie sich meine Konzeptualisierung physiologischer Praxis in der genannten Hinsicht durch diesen Begriff ergänzen lässt.

In 3.2.2 merkte ich bereits an, dass der Begriff des theoretischen Modells maßgeblich durch die semantische Auffassung wissenschaftlicher Theorien geprägt wurde, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts von Theoretikern des Strukturalismus vorgelegt wurde.²⁵³ Dennoch wurde der Begriff des theoretischen Modells in jüngerer Zeit auch von Theoretikern übernommen, deren Theorieauffassung nicht vollständig der ursprünglichen semantischen Theorieauffassung entspricht.²⁵⁴ Nach der Skizze einiger Grundgedanken der semantischen Theorieauffassung werde auch ich mich auf einen Begriff des theoretischen Modells festlegen, der nicht mehr auf alle besonderen Merkmale dieser Auffassung verpflichtet ist.

Der Kerngedanke der semantischen Theorieauffassung besteht darin, dass sich wissenschaftliche Theorien in erster Linie nicht auf wirkliche Gegenstände beziehen (sondern auf Modelle):

²⁵³ Eine Übersicht über diese Auffassung gibt Stegmüller 1985 und 1986.

²⁵⁴ So etwa Schurz 2014.

„One major philosophical insight recovered by the semantic view of theories is that the statements of physical theory are not, strictly speaking, statements about the physical world. They are statements about theoretical constructs“ (Hughes 1997, 325).

Bei diesen theoretischen Konstrukten (die nicht mit theoretischen Entitäten (vgl. 3.2.2) verwechselt werden dürfen!) handelt es sich um theoretische Modelle. Der Ausdruck ‚Modell‘ wurde von Vertretern der semantischen Theorieauffassung ursprünglich – und vergleichbar seiner Verwendung im Logischen Empirismus (vgl. 5.2.3) – im Sinne der Formalwissenschaften gebraucht:

„The semantic view began as an application of meta-logic and set theory to the general structure of theories [...]. The initial role played by the idea of a model was derived from the role of this concept in those formal disciplines. A model, basically, is a set of objects (and relations between them) that functions as an *interpreting structure* for a set of sentences. A model is used as something for a set of sentences to be *true of*“ (Godfrey-Smith 2006, 727).

Auch die Logischen Empiristen veranschlagten diesen formalwissenschaftlichen Modell-Begriff. Ein Modell in diesem Sinne wurde von ihnen als nicht-partielle, also als vollständige Interpretation derjenigen Formelmenge angesehen, die die logische Struktur einer Theorie bildet. Auf diese Weise ließ sich die Theorie illustrieren und ihre logische Struktur gut analysieren. Der semantischen Auffassung zufolge sind Theorien und ihre Interpretationen – ihre Modelle – enger miteinander verknüpft: Eine Theorie wird als Definition eines (mengentheoretischen) Prädikats P aufgefasst, es wird also mittels einer Ansammlung von definierenden Sätzen, die gemeinsam die Theorie²⁵⁵ bilden, eine Klasse von Gegenständen P spezifiziert. Bei diesen Gegenständen handelt es sich um die Modelle der Theorie. Bereits diese Skizze zeigt, dass der semantischen Theorieauffassung zufolge Theorien nicht nur zu Illustrations- und Analysezwecken mit Modellen ‚versehen‘ werden, sondern dass eine Theorie immer mit Modellen verknüpft ist, als denjenigen Gegenständen oder Systemen, die sich der Theorie gemäß verhalten (s.u.). Den Werken Stegmüllers, der die semantische Auffassung maßgeblich weiterentwickelte, und W. Balzers, eines ebenfalls einflussreichen Vertreters derselben, lässt sich folgendes Definitionsschema für die mengentheoretischen Prädikate P entnehmen:²⁵⁶

²⁵⁵ Die Strukturalisten sprechen an dieser Stelle auch von der „präsystematisch vorgegebenen Theorie“ (Stegmüller 1986, 23), um den Ausdruck ‚Theorie‘ für die Produkte der mengentheoretischen Formalisierungen der präsystematisch vorgegebenen Theorien zu reservieren.

²⁵⁶ Vgl. Stegmüller 1986, 22; Balzer 1982, 271ff.

- $x \in P \Leftrightarrow$
- 1) $x = \langle D_1, \dots, D_k; f_1, \dots, f_m \rangle$
 - 2) Axiome zur Charakterisierung aller D_i ($1 \leq i \leq k$) und f_j ($1 \leq j \leq m$)
 - 3) Verknüpfungsgesetze
- } Begriffsgerüst

Das unter (1) aufgeführte Tupel $\langle D_1, \dots, D_k; f_1, \dots, f_m \rangle$ ist eine (noch unbestimmte) Struktur, wobei alle Ausdrücke $\text{,}D_i\text{'}$ ($1 \leq i \leq k$) Ausdrücke für Grundobjekte, also für Gegenstände sind,

„die [...] ihrerseits keiner weiteren Analyse unterzogen werden[...], etwa psychische Akte in der Psychologie, Raumpunkte in der Geometrie und Güterarten in der Ökonomie“ (Balzer 1982, 273).

Die Ausdrücke $\text{,}f_j\text{'}$ ($1 \leq j \leq m$) sind Relatoren (vgl. ebd.), wobei sich auch Funktionsausdrücke und Ausdrücke für Konstanten als Relationen darstellen lassen.²⁵⁷ Diese Ausdrücke werden in (2) charakterisiert (ein $\text{,}D_i\text{'}$ könnte etwa als Raumpunkt definiert werden, sodass alle Dinge, die D_i sind, Raumpunkte sind, ein $\text{,}f_j\text{'}$ als Massefunktion, die einem Gegenstand (bzw. einem Raumpunkt) eine Masse zuschreibt). Weil (1) und (2) gemeinsam eine Struktur bestimmen, werden sie auch als das „*Begriffsgerüst* der Theorie“ (Stegmüller 1986, 22) bezeichnet. Die Systeme, die dieser Struktur entsprechen, die also von in ihr bestimmten Gegenständen gebildet werden, welche zueinander in Relationen stehen, die in ihr, der Struktur, bestimmt sind, sind *potenziell* Modelle der Theorie T. Dies lässt sich auch so formulieren: Ein System ist genau dann ein potenzielles Modell der Theorie T, wenn es einzig mit dem Vokabular von T charakterisiert werden kann. Eine Ansammlung von Raumpunkten (Partikeln), denen jeweils eine Masse sowie zu jedem Zeitpunkt t ein Impuls und ein Ort zugeschrieben wird, ist also ein potenzielles Modell der Partikelmechanik.²⁵⁸

Im Definitionsschema werden unter (3) in Form von Verknüpfungsgesetzen (die manchmal ‚eigentliche‘ oder ‚fundamentale‘ Axiome der Theorie genannt werden) bestimmte Zusammenhänge zwischen Elementen der Struktur formuliert, in ihnen werden also „mehrere in der Theorie vorkommende Größen miteinander verknüpft“ (Stegmüller 1986, 23). Im gegebenen Fall lässt sich diese Verknüpfung durch die Newtonschen Kraftgesetze geben.²⁵⁹ Der struktu-

²⁵⁷ „Formal lassen sich Funktionen als spezielle (‚links‘ überall definierte und ‚rechts‘ eindeutige) Relationen, und Konstanten als spezielle (nullstellige) Funktionen auffassen“ (Balzer 2009, 65).

²⁵⁸ Siehe für eine ausführliche Besprechung des Beispiels der klassischen Partikelmechanik Stegmüller 1985, 106ff.

²⁵⁹ Diese bilden ebenfalls die Axiome der Kontinuumsmechanik (vgl. für eine Darstellung dieser Schurz 255f.).

realistischen Auffassung zufolge ist die Klasse der P, also die Klasse der Systeme, denen P zugeschrieben werden kann, die Klasse der Modelle der Theorie T.²⁶⁰

Modelle einer Theorie T sind also nicht nur die Systeme, die sich in der Terminologie von T charakterisieren lassen, sondern diejenigen, die sich darüber hinaus gemäß den ‚eentlichen‘ Gesetzen der Theorie verhalten. Ein Fischschwarm ist daher kein Modell der Mechanik: Zwar ist er ein potentielles Modell dieser Theorie, insofern er sich als Ansammlung massehabender Körper charakterisieren lässt, deren jedem zu einem beliebigen Zeitpunkt ein Impuls zugeschrieben werden kann – Impulserhaltung liegt in diesem System allerdings nicht vor, da die Körper bisweilen spontan die Geschwindigkeit und Richtung ihrer Bewegung ändern.

Die die Modelle spezifizierenden Gesetze werden von Stegmüller als *quantifizierende* Gesetze vorgestellt (sie verknüpfen *Größen*). Da in der Physiologie Quantifizierung aber nicht immer möglich ist, möchte ich auch nicht-quantifizierende Zustands- und Verlaufsgesetze zu den ‚eentlichen‘ Gesetzen einer Theorie zählen. Hiermit weiche ich nicht von der Funktion der ‚eentlichen‘ Gesetze ab, die darin liegt, diejenigen Systeme zu bestimmen, die sich gemäß der Theorie T verhalten. Denn in Zustandsgesetzen wird ausgedrückt, dass das Eintreten eines Zustands mit dem Eintreten eines anderen Zustands einhergeht, während in Verlaufsgesetzen ausgedrückt wird, dass einem bestimmten Ereignis an Gegenständen des Systems ein anderes Ereignis folgt. In Gesetzen beider Typen werden also verschiedene Zuschreibungen an Teile des Systems miteinander *verknüpft*, was – Gesetze beider Typen gründen schließlich in Kausalzusammenhängen (vgl. 3.2.1) – eine Zuschreibung des ‚Verhaltens‘ an das System bedeutet.²⁶¹

²⁶⁰ Vgl. etwa Costa und French 2000, Stegmüller 1986, 20ff.

²⁶¹ Neben den ‚vollständigen‘ und den potenziellen Modellen einer Theorie unterscheidet die strukturalistische Auffassung noch die Klasse der partiellen potenziellen Modelle. Bei diesen handelt es sich um die Teilklasse potenzieller Modelle, die einer verkürzten Fassung des Begriffsgerüsts genügen, nämlich derjenigen, in der alle Sätze, in denen sog. T-theoretische Terme vorkommen, eliminiert wurden. T-theoretische Terme sind den Strukturalisten zufolge Terme für Größen (also Funktionsausdrücke), die sich (bzw. deren Wert sich) für einen Einzelfall nur mittels eines anderen Modells der Theorie T bestimmen lassen. Stegmüller erläutert diesen Gedanken an einer heuristischen Miniaturtheorie, der Archimedischen Statik (im Folgenden: ‚AS‘): Ein potenzielles Modell der AS besteht aus einer Menge M von n Punkten, die sich um einen Drehpunkt befinden, und zwei Funktionen, d und g , die M in die reellen Zahlen abbilden, wobei für jeden Punkt a_i gilt, dass $g(a_i) > 0$ (d quantifiziert die Distanz jedes Punkts zum Drehpunkt, g das Gewicht des Punkts). Das ‚eentliche‘ Axiom der Theorie ist die goldene Regel der Statik: $\sum_{i=1}^n d(a_i) * g(a_i) = 0$. Um ein (potenzielles) Modell von AS auszuzeichnen, muss Punkten (bzw. Körpern) ein Gewicht, also ein Wert von g zugeschrieben werden. Das ist nur möglich, wenn man die Körper wiegt. Waagen sind aber – so Stegmüllers Vereinfachung zu Illustrationszwecken – stets Balkenwaagen. Um einem Körper mithilfe einer Balkenwaage einen Gewichtswert zuzuschreiben, muss der mit dem Körper ‚bestückten‘ Waage zunächst zugeschrieben werden, dass sie die goldene Regel der Statik erfüllt, dass das aus Waage und Körper bestehende System also ein Modell von T ist (Stegmüller 1986, 33ff.). Die spezifischere strukturalistische Theorienauffassung (auf die ich hier nicht eingehe) ergibt sich genau aus diesem Zirkel (vgl. Stegmüller 1986, 42ff.). Balzer 1982, 44 schließt nicht aus, dass sich einmal ein Verfahren finden ließe, mit dem sich T-theoretische Terme unabhängig von T bestimmen lassen. Hartmann 1993, 114 zufolge wurden solche Verfahren mittler-

Nach dieser Skizze des Begriffs des (potenziellen) theoretischen Modells einer Theorie, wie er in der semantischen Theorieauffassung entworfen wurde, möchte ich mich der Frage zuwenden, wie sich theoretische Modelle (etwa ein theoretisches Modell des Planetensystems) zur Wirklichkeit, d.h. zu wirklichen Ansammlungen von Dingen (etwa den wirklichen Planeten) verhalten. Die Auseinandersetzung mit dieser Frage wird Gelegenheit dazu geben, den Begriff des theoretischen Modells noch etwas genauer zu bestimmen und eine Begründung dafür zu geben, warum es sinnvoll ist, diesen Begriff in die Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis und ihrer Anwendung einzubeziehen. Ich vertrete in Bezug auf jene Frage folgende Position: Obgleich manche Formulierungen von Autoren wie Balzer und Stegmüller gelegentlich das Gegenteil suggerieren, sollten theoretische Modelle *nicht* als wirkliche Ansammlungen von Dingen verstanden werden. Dies wurde im eingangs angeführten Zitat von Hughes gerade als essenzielles Merkmal der semantischen Theorieauffassung identifiziert. Das nachfolgende Zitat von Stegmüller hilft, das Verhältnis von Modell und Wirklichkeit weiter zu klären:

„[U]m das die Theorie ausdrückende Prädikat auf ‚empirisch gegebene‘, ‚reale‘ Entitäten anwenden zu können, müssen diese Entitäten mittels des Begriffsgerüsts erfaßbar sein, das den ‚eigentlichen‘ Axiomen, welche die fundamentalen Gesetze der Theorie zum Inhalt haben, zugrundeliegt“ (Stegmüller 1986, 26).

Dazu sei

„ein erhebliches Maß an Konzeptualisierung, Idealisierung und sonstiger vorbereitender Tätigkeit erforderlich [...], um dasjenige, was als Anwendung der Theorie intendiert ist, als potentiell Modell zu deuten“.²⁶²

Laut Stegmüller besteht der ‚Übergang‘ zwischen dem Bezug auf ein wirkliches System und dem Bezug auf ein Modell also darin, dass hinsichtlich des wirklichen Systems bestimmte Konzeptualisierungen vorgenommen werden, die Idealisierungen beinhalten. Meines Ermessens kommt hier einer der Idealisierungsbegriffe zum Tragen, die Hüttemann in seiner Untersuchung verschiedener Idealisierungspraxen herausgestellt hat. Idealisieren meint in dieser Bedeutung die Formulierung falscher Aussagen über den Untersuchungsgegenstand, die der Autor als Maßnahmen der Ersetzung (etwa einer bestimmten Charakterisierung eines Gegenstands durch eine andere) begreift, um deren Falschheit der Idealisierende aber weiß. Durchgeführt werden solche Maßnahmen, um einen gewissen Zweck (besser) zu erreichen (vgl.

weile für alle Grundgrößen gefunden. Unter anderem aus diesem Grunde vertrete ich hier nicht die strukturalistische Theorieauffassung und entlehne ihr einzig den Begriff des theoretischen Modells.

²⁶² Stegmüller 1986, 26, vgl. auch Balzer 1982, 269.

Hüttemann 1997, 88). Durch Idealisierung wird also (in der hier relevanten Bedeutung) ein vom wirklichen Gegenstand verschiedenes System charakterisiert. Die Idealisierungen, die bei der Charakterisierung (bzw. *durch* die Charakterisierung) von theoretischen Modellen vorgenommen werden, sind in zwei Hinsichten zweckmäßig: Erstens ermöglicht die Idealisierung überhaupt die Anwendung der Theorie. Zweitens ermöglicht sie darüber hinaus oft eine möglichst praktikable und zielführende Anwendung der Theorie in dem Sinne, dass mit möglichst wenig Arbeitsaufwand nur diejenigen Aussagen über die zeitliche Fortentwicklung der den wirklichen Gegenstand einschließenden Situation erzeugt werden, die uns im jeweiligen Einzelfall interessieren.²⁶³ Um eine Theorie wie die klassische Partikelmechanik zu benutzen, um die Bewegung eines Planeten oder Kometen vorherzusagen, kann nicht über Planeten oder Kometen gesprochen werden, weil die Prädikatoren ‚Planet‘ und ‚Komet‘ in der klassischen Partikelmechanik nicht vorkommen. Eine Beschreibung der relevanten Himmelskörper und ihrer Relationen zueinander muss also durch Aussagen ersetzt werden, die allein von Raumpunkten handeln, denen je eine Masse, ein Impuls und ein Ort zukommt. Allgemein gesprochen muss eine Beschreibung durch Aussagen ersetzt werden, die *einzig* Prädikatoren enthalten, welche in der anzuwendenden Theorie T vorkommen.

Diese das Modellsystem charakterisierenden Aussagen können als idealisierend gewertet werden, da durch sie ein System charakterisiert (fingiert) wird, das absolut in den begrifflichen Rahmen der Theorie T passt. Balzer hat das mit folgendem Beispiel illustriert:

„Auf der einen Seite der zu klärenden Verbindung [zwischen Wirklichkeit und Modell, JK] steht ein ‚unstrukturiertes‘ System, ein Teil der Welt, den wir auf irgendeine Weise zum Gegenstand unseres Interesses, unserer Neugier gemacht haben. Auf der anderen Seite steht ein von uns mit unseren [wissenschaftlichen, JK] Begriffen ‚durchdrungenes‘ System, d.h. das ursprüngliche System wird nun von uns ‚durch die Brille unserer [wissenschaftlichen, JK] Begriffe‘ gesehen. Während wir z.B. vorher nur ein Karussell sahen, haben wir nach der Herstellung der fraglichen Verbindung ein System von Partikeln vor uns, die sich auf bestimmten Bahnen bewegen“ (Balzer 1982, 289).

Ähnliche Stellen finden sich bei N. Cartwright. Lebensweltlich sind wir, so die Autorin, nicht mit klaren Systemen konfrontiert, die mit den in wissenschaftlichen Theorien vorkommenden Prädikatoren beschreibbar sind und definierten Gesetzen gehorchen. Vielmehr bieten sich uns Cartwright zufolge *Anlässe zur Theorie-Anwendung* in Form von (häufig nicht strengen) Regelmäßigkeiten (Cartwright 1999b, 58). Um eine Theorie anzuwenden, muss die Beschrei-

²⁶³ Zwischen dem Zweck möglichst geringen Arbeitsaufwands und dem Zweck, Aussagen über die jeweils besonders interessierenden Aspekte der Situation zu erzeugen, kann es natürlich stets zu einem Konflikt kommen.

bung wirklicher Gegenstände durch eine Systemcharakterisierung ersetzt werden, die einzig in der Terminologie der anzuwendenden Theorie formuliert ist:

„To explain a phenomenon is to find a model that fits it into the basic [conceptual, JK] framework of the theory and that thus allows us to derive analogues for the messy and complicated phenomenological laws which are true of it“ (Cartwright 1999, 152).

Verstärkt wird die These der Nicht-Identität zwischen wirklicher Situation und Modellsituation noch unter Beachtung des oben genannten zweiten Zwecks, zu dem die bei der Formulierung eines Modells vorgenommenen Idealisierungen Mittel sind. Diesen bestimmte ich als die möglichst praktikable und zielführende Anwendung der Theorie in dem Sinne, dass mit möglichst wenig Arbeitsaufwand nur die wirklich interessanten Aussagen über die zeitliche Entwicklung der wirklichen Situation erzeugt werden. Dies möchte ich nun erläutern und belegen.

Vertreter der semantischen Theorieauffassung haben darauf hingewiesen, dass die Charakterisierung eines theoretischen Modells für eine Einzelanwendung stets als Spezifizierung eines allgemeiner gefassten Standardmodells – eines Modelltyps – zu verstehen ist. Solche noch unspezifizierten Standardmodelle (die manchmal auch selbst theoretische Modelle genannt werden) ergäben sich in der historischen Genese der Theorie aus paradigmatischen Anwendungsfällen. In der Newtonschen Mechanik könnte das Standardmodell der Planetenbewegung, das der Gezeiten, das des Freien Falls auf die Erde, das des Abrollens von einer schiefen Ebene, usf. unterschieden werden.²⁶⁴ Schurz zufolge werden solche Standardmodelle – „kinds of physical systems“ (Schurz 2014, 259) –, die er bereits als theoretische Modelle bezeichnet, durch die Annahme sehr allgemeiner Systembedingungen („*system conditions*“ (ebd., 257)) bestimmt. Unter expliziter Referenz auf die Strukturalisten gibt Schurz zu verstehen, dass diese Bedingungen einerseits *Systemtypen* in der Terminologie der Theorie bestimmen – sie liefern also die theoretischen (Standard-)Modelle für die wirklichen Systeme (ebd., 256-258). Darüber hinaus beinhalten sie Vereinfachungen. Im Fall der Standardmodelle Planetensystem und Freie-Fall-Bewegung legen sie etwa fest, „which particles exert a non-negligible gravitational force in the considered system“ (ebd., 258). Dies ermögliche es, im Standardmodell Planetensystem von stabilen Planetenbahnen (bzw. stabilen Bewegungsbahnen von Massepunkten) auszugehen (ebd., 259) und im Standardmodell Freie-Fall-Bewegung die Krafteinwirkung eines fallenden Körpers auf den Erdball zu vernachlässigen. Solche Ver-

²⁶⁴ Vgl. etwa Stegmüller 1985, 200 für einige dieser Fälle.

einfachungen sind ebenfalls Idealisierungen im oben bestimmten Sinne und sie sind Mittel zu dem Zweck, eine Theorie möglichst zielführend (bzw. zweckmäßig) anzuwenden: Ein Körper im freien Fall übt eine geringe Anziehung auf die Erde aus; diese ist aber zu vernachlässigen, da wir uns in Fällen des Freien Falls für gewisse Eigenschaften des fallenden Körpers (etwa seine Geschwindigkeit kurz vor dem Auftreffen) interessieren und die geringe Gravitationskraft, die der Körper auf die Erde ausübt, normalerweise keinen praktisch relevanten Unterschied bezüglich dieser Eigenschaften erzeugt.

Der Zweck möglichst praktikabler und zielführender Theorieanwendung erlaubt es außerdem oft, Standardmodelle heranzuziehen, die primär überhaupt nicht für Fälle der vorliegenden Art intendiert waren. Um Aussagen über die künftige Bewegung eines Tausenddollarscheins im Wind zu machen, kann es Cartwright zufolge zielführender sein, ein theoretisches Modell der Fluidodynamik in Anschlag zu bringen, anstelle eines solchen mechanischen Modells, in dem der hoffnungslose Versuch unternommen wird, die Vielzahl der Kräfte, die der Wind auf die verschiedenen Stellen des Scheins ausübt, zu modellieren (Cartwright 1999b, 27). Die hydrodynamischen Vorhersagen werden an Präzision vollkommen ausreichen.²⁶⁵

Da theoretische Modelle nicht mit wirklichen Systemen identisch sind, sind Aussagen, die solche Modelle charakterisieren, auch nicht als *Beschreibungen* von etwas Wirklichem zu klassifizieren. In Übereinstimmung damit schreibt Balzer am Ende seiner Illustration der semantischen Theorieauffassung an Beispielen aus verschiedenen Wissenschaften:

„Schließlich sei noch bemerkt, daß wir bisher die Wendung ‚ein potentielles [...] Modell *erfaßt* ein reales System‘ im technischen Sinne [...] benutzt haben. Der Sinn dieser Redeweise ist es, zu vermeiden, daß die potentiellen Modelle als bloße ‚Beschreibungen‘ realer Systeme angesehen werden. Das durch das Wort ‚Beschreibung‘ angedeutete Verhältnis zwischen ‚Original‘ und ‚beschriebenem Abbild‘ scheint uns für ein Verständnis der Beziehung von ‚Realität‘ und ‚Modell‘ nicht hilfreich, eher irreführend zu sein“ (Balzer 1982, 291).

Balzer begründet diese Stellungnahme nicht näher, eine Begründung lässt sich aber auf der Grundlage des Begriffs der Beschreibung (vgl. 1.1.3) konstruieren: Wenn eine Aussagenfolge B, die ein Modellsystem charakterisiert, als Beschreibung einer realen Gegebenheit (bzw. eines realen Gegenstands) aufgefasst würde, dann handelte es sich bei B um eine Menge von *Prädikationen* an die wirklichen Dinge, wobei diese Prädikationen mit ‚unproblematischem‘ Geltungsanspruch vorgetragen werden. Diese Auffassung ist offensichtlich absurd (einem Planeten beispielsweise würde ihr zufolge *zugeschrieben* werden, ein Punkt zu sein).

²⁶⁵ Im Beispielfall wird aber auch dem Glücklichen, der irgendwoher ein hinreichend genaues Wissen der aktuellen Luftströme an dem Ort besitzt, das Modellieren nichts bringen. Der Schein wird weg sein.

Es könnte eingewandt werden, dass durch B eine Beschreibung von Dingen (etwa Planeten) *als* Dinge einer anderen Art (etwa als Punkte) vorgenommen wird. Der normalsprachlichen Redeweise, ein Ding *als* soundso ein Ding zu *beschreiben*, lässt sich mit dem lebensweltlich begründeten *Beschreibungsbegriff* (vgl. 1.1.3) jedoch kein Sinn abgewinnen. Zwar erzeugen die Relevanzkriterien, denen Beschreibungen unterliegen, eine Relativität von Beschreibungen ein und desselben Gegenstands, prinzipiell können also verschiedene Beschreibungen ein und desselben Gegenstands existieren. Hierbei handelt es sich aber um eine Relativität in Bezug auf das Interesse desjenigen, der die Beschreibung einfordert, wobei dieses Interesse (mittels der Relevanzkriterien) bestimmt, *was* vom vielen Beschreibbaren in der letztlich gegebenen Beschreibung tatsächlich auftaucht. Die Kriterien regeln also eine *Auswahl* des zu Beschreibenden, sie regeln nicht, *wie* oder *als was* etwas ‚beschrieben‘ wird. So mag ein Freund, der uns dazu auffordert, die Ausstellungsräume eines Museums zu beschreiben, welches wir besichtigten, kein Interesse an den Wandfarben und den Fußböden besitzen. Er mag dagegen besonders an den Raumgrößen, der relativen Lage der Räume und an den Lichtverhältnissen interessiert sein, oder an der Komposition der Kunstwerke. Eine den entsprechenden Relevanzkriterien genügende Beschreibung gelingt, wenn von uns die richtige Auswahl aus dem potenziell Beschreibbaren getroffen wird und unsere als Beschreibung gegebenen Aussagen auf die in 1.1.3 bestimmte ‚unproblematische‘ Weise gelten. Zu sagen, die Ausstellungsräume könnten *als* irgendetwas *anderes* beschrieben werden, erscheint nicht angemessen, da hierdurch der Unterschied zwischen Beschreibungen und Fiktionen nicht mehr klar wäre.

Worum handelt es sich dann bei den Aussagen, die theoretische Modelle charakterisieren? Ich schließe mich in dieser Frage der häufig in jüngerer Zeit vertretenen Auffassung an, die solche Aussagen als fingierende Aussagen und theoretische Modelle folglich als Fiktionen (fingierte Systeme) verstehen. Diese Auffassung kann als ein konstruktiver Vorschlag angesehen werden, der an die Stelle der häufig unklaren Umschreibungen tritt, mit denen einige klassische Vertreter der semantischen Auffassung die Natur theoretischer Modelle zu charakterisieren versuchten. Man denke etwa an das obige Zitat von Balzer, das von einem Modell als von einem durch die Brille bestimmter Begriffe gesehenen Gegenstand sprach. Solch unklare Passagen finden sich häufig, sogar wenn es offenkundig um die Definition des Ausdrucks ‚Modell‘ geht:

„Modell‘ wird hier [...] im Sinne von ‚Bild‘ oder ‚Konstrukt eines Systems‘ verstanden: Modelle sind ‚begriffliche Bilder‘, Konstrukte oder Repräsentanten realer Systeme“ (Balzer 2009, 108f.).

Werden Modelle als Gegenstände aufgefasst, die mit entsprechenden Aussagen fingiert werden, steht nichts der Möglichkeit im Wege, sich eine bildliche oder zeichnerische Vorstellung dieses fingierten Systems zu machen (etwa die Vorstellung von sich auf Bahnen bewegenden Partikeln). Ich möchte nun einige Autoren, die theoretische Modelle als Fiktionen charakterisieren, zu Wort kommen lassen. Godfrey-Smith hat beispielsweise auf den ‚konkreten‘ (bildhaften) Charakter von solchen Modellen hingewiesen. Bei deren „quite schematic, only partly specified [character]“ handele es sich um etwas, „[which] is familiar from the case of ordinary fictions“ (Godfrey-Smith 2006, 735). Natürlich gebrauchen viele Autoren, die Modelle als Fiktionen verstehen, zur Bezeichnung der (fingierenden) Aussagen dennoch die Ausdrücke ‚Beschreibung‘ oder ‚description‘, da sie diese Ausdrücke nicht im engen lebensweltlichen Verständnis gebrauchen, das ich herausarbeitete. Sie weisen aber stets durch passende Zusätze wie ‚fiktional‘, ‚generativ‘, o.ä. darauf hin, dass es sich nicht um ‚bloße‘ Beschreibungen realer Begebenheiten handelt. So schreiben Cartwright und G. Contessa:

„I think that a model – a *specially prepared, usually fictional description of the system* under study – is employed whenever a mathematical theory is applied to reality“ (Cartwright 1999, 158, Hervorhebung JK).

„I will call the original description by means of which a model is created *the generative description of that model*“ (Contessa 2010, 225f., Hervorhebung im Original).

R. Frigg zufolge erden oder fundieren („ground“) die fingierten Modellsysteme die strukturellen Behauptungen einer Theorie, wobei dieser Bezug auf Strukturen durchaus im Sinne der semantischen Theorieauffassung (s.o.) verstanden werden kann:

„Taken literally, descriptions that ground structural claims (almost always) fail to be descriptions of the intended target system. Instead they describe a hypothetical system distinct from the target system“.²⁶⁶

Dass Frigg hier der Modell-Beschreibung („descriptions“) abspricht, eine Beschreibung des wirklichen Systems zu sein, zeigt, dass ihm bei den Modell-Beschreibungen keine Beschreibungen im strengen Sinne von 1.1.3 vorschweben. Er macht dies auch explizit, indem er über die ‚Beschreibungen‘, mit denen fiktionale Modelle kreiert werden, schreibt:

²⁶⁶ Frigg 2010, 254, vgl. auch ebd. 266.

„[T]he essential difference between a fictional and non-fictional text lies in what we are supposed to do with it: a text of fiction invites us to imagine certain things while a report of fact leads us to believe what it says“ (Frigg 2010, 260).

Theoretische Modelle laden in diesem Sinne zur Theorie-Anwendung ein. Gibt es – gegeben das Verständnis von Modellen als fingierte Systeme – eine Möglichkeit, den Begriff des theoretischen Modells mit der Modell-Typisierung aus 5.1 zu fassen? Zu Beginn von 5.2.4 verwies ich darauf, dass er ursprünglich im Sinne des formalwissenschaftlichen Begriffs des semantischen Modells verwendet wurde. Doch auch die Vertreter der semantischen Theorieauffassung greifen zu seiner Erläuterung manchmal auf andere Modell-Verständnisse zurück. So schreibt Balzer:

„Diese Verwendung [des Ausdrucks ‚Modell‘, JK] ähnelt der in der Technik, in der ein Modell (zum Beispiel ein Modell eines Flugzeugs) Darstellung oder Repräsentation eines anderen Systems (des Flugzeugs selbst) ist“ (Balzer 2009, 109).

In diesem Sinn wären theoretische Modelle abbildliche Modelle, deren Zweck es ist, etwas zu veranschaulichen oder übersichtlich darzustellen. Diese Auffassung widerspräche aber meiner bisherigen Rekonstruktion dieses Begriffs, der zufolge theoretische Modelle ‚konstruiert‘ (fingiert) werden, um Theorien auf wirkliche Gegebenheiten anzuwenden. Denn um Veranschaulichung geht es bei der Theorie-Anwendung offensichtlich nicht, vielmehr um das Anstellen gezielter Manipulationen, um das Formulieren von Vorhersagen und um das Erklären des Bestehens von Tatsachen.

Meiner Ansicht nach lassen sich theoretische Modelle als vorbildliche Modelle klassifizieren. Angenommen, die Frage sei, was genau getan werden muss (was für eine Situation S_1 realisiert werden muss), damit sich – eventuell zu einem späteren Zeitpunkt – eine Situation S_2 einstellt, die etwa darin besteht, dass ein bestimmter Gegenstand in einem interessanten Zustand vorliegt. T sei eine Theorie, von der erwartet wird, dass sie Wissen über die Herstellung von S_2 liefern kann. Diese Erwartung sei gut begründet, da der vorliegende Fall in eine Klasse der paradigmatischen Anwendungsfälle von T falle (das ist der Normalfall). Da die bei der Situationsbeschreibung S_2 benutzten Prädikatoren nicht in T auftauchen, wird ein theoretisches Modellsystem bestimmt, d.h. es wird ein Standardmodell von T entsprechend spezifiziert. Vor dem Hintergrund der intendierten Anwendung des Modells ist die Frage, wie S_2 herzustellen ist, durch die Frage zu ersetzen, wie $S_{m,2}$ herzustellen ist, wobei das ‚m‘ im Index anzeigt, dass die Charakterisierung $S_{m,2}$ einzig in der Sprache von T und bezogen auf das

Modellsystem erfolgt. Gibt es in T ein Zustands- oder Verlaufsgesetz $\forall t(t \in S_{m,1} \rightarrow (t + \tau) \in S_{m,2})$, wobei $S_{m,1}$ ein von $S_{m,2}$ verschiedener Zustand am Modell ist, bzw. lässt sich ein solches Gesetz aus allgemeineren kausalen Gesetzen aus T ableiten, dann kann das durch $S_{m,1}$ spezifizierte Modellsystem als vorbildliches Modell für die Herstellung einer Situation S_1 angesehen werden, durch deren Realisierung ohne weiteres Zutun eine Situation des Typs S_2 eintreten wird (so behauptet es zumindest die Theorie T in dieser Anwendung). Der Modell-Charakter stimmt dabei mit demjenigen von Rebers Küsten-Modell überein ($S_{m,1}$ war dort die Situation, die im Vorliegen der eingedeichten Miniaturküste besteht).

Auf der Grundlage des Interventionistischen Kausalitätsbegriffs (vgl. 3.1.3) lässt sich dieser vorbildliche Modell-Charakter auch dann veranschlagen, wenn die konkrete Problemstellung nicht in der gezielten Herstellung einer Situation vom Typ S_2 liegt, sondern in einer Vorhersage von S_2 ausgehend von einer S_1 -Instanz oder in einer Erklärung des Vorliegens einer S_2 -Instanz durch Verweis auf eine S_1 -Instanz (im Rahmen einer wissenschaftlichen Genese-Erklärung durch Ursachenangabe). Denn indem $S_{m,1}$ Wissen darüber liefert, was für eine Situation S_1 hergestellt werden muss, damit sich ohne weiteres Zutun eine Situation S_2 einstellt, wird dem Interventionistischen Ansatz zufolge Kausalwissen bereitgestellt,²⁶⁷ das folglich zum Zweck von Erklärungen durch Ursachenangabe oder zum Zweck von Vorhersagen einsetzbar ist. Dieser Auffassung zufolge liegt der Modell-Charakter eines theoretischen Modells im strengen Sinne also in den vom Modellsystem ableitbaren Instruktionen begründet, die vorschreiben, was getan werden müsste, um eine bestimmte Situation zu realisieren.

In welchem Sinn lässt sich von der Konstruktion theoretischer Modelle bei der Anwendung physiologischen Wissens sprechen? Während die in 5.2.3 vorgestellten Lehrmodelle einzig der Vermittlung von Wissen dienen, werden theoretische Modelle dort konstruiert, wo das (gegebenenfalls durch Lehrmodelle vermittelte) physiologische Wissen auf einen wirklichen Gegenstand, also auf ein wirkliches Lebewesen, auf ein Gewebe oder auf eine Zelle bezogen bzw. angewendet werden soll, um Manipulationen vorzunehmen oder Vorhersagen und Erklärungen zu erstellen. So ein Bezug von physiologischem Wissen auf wirkliche Gegenstände findet einerseits im außerwissenschaftlichen, etwa im medizinischen Gebrauch des Wissens statt. Er findet sich aber auch im wissenschaftlichen Kontext, dann nämlich, wenn Forscher in der Erforschung von Phänomenen an einem Untersuchungsgegenstand bereits bewährtes Wissen über diesen anwenden (etwa zur Abschätzung von Manipulationskonsequenzen in der Experimentalplanung). Die Ergänzung meiner Konzeptualisierung um den Begriff des theoretischen

²⁶⁷ Man darf voraussetzen, dass $S_{m,1}$ und $S_{m,2}$ die Kriterien erfüllen, die nach Box 5 (vgl. 3.1.3) an potenzielle Relata genereller Kausalurteile zu stellen sind – bei $\forall t(t \in S_{m,1} \rightarrow (t + \tau) \in S_{m,2})$ handelt es sich schließlich um ein bewährtes wissenschaftliches Gesetz oder um ein Gesetz, das aus einem solchen abgeleitet ist.

tischen Modells soll eine möglichst zweckmäßige Form der Anwendung physiologischen Wissens implizieren, die insofern als deskriptiv adäquat bewertet werden kann, als dass sie die gleichzeitige Anwendung von Wissen aus verschiedenen der physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche zulässt. Allerdings dienen theoretische Modelle der obigen Darstellung zufolge der Theorie-Anwendung und von Theorien lässt sich in der Physiologie wenn überhaupt dann nur in dem sehr weiten Sinne sprechen, als dass möglichst vollständige Klassifikationen der Entitäten der vier physiologischen Gegenstandsbereiche vorliegen sowie möglichst vollständiges Wissen um Kausalrelationen zwischen Ereignissen an den Entitäten jedes Bereichs (vgl. 3.2.2). Können zu solchen ‚Theorien‘ – also zur ‚Gewebelehre‘, zur ‚Zellehre‘ und zur ‚molekularbiologischen Lehre‘ – theoretische Modelle gegeben werden? Selbst wenn dies möglich ist, so wäre eine entsprechende Konzeptualisierung der Anwendung physiologischen Wissens nicht deskriptiv adäquat, da in der faktischen Anwendung in der Regel auf Entitäten aus unterschiedlichen Gegenstandsbereichen Bezug genommen wird. Dennoch lässt sich meines Ermessens eine deskriptiv adäquate Konzeptualisierung der physiologischen Wissensanwendung am einfachsten einführen, wenn man aus heuristischen Gründen vorübergehend von einer isolierten Anwendung des Wissens über Gewebe, Zellen und Biomoleküle ausgeht.

Vor dem Hintergrund dieser Annahme lassen sich zu den angeführten ‚Theorien‘ tatsächlich theoretische Modelle konstruieren. Denn abseits des Mangels deskriptiver Adäquatheit sind die Zusammenfassungen physiologischen Wissens über die einzelnen Gegenstandsbereiche nur insofern keine (wirklichen) Theorien, als dass sie nicht axiomatisierbar sind (vgl. 3.2.2). Zur Erzeugung von theoretischen Modellen zu einer Theorie T ist die Axiomatisierung von T aber nicht notwendig, worauf auch Balzer hingewiesen hat (Balzer 1982, 277). Auch wenn die Strukturalisten insbesondere die Verknüpfungsgesetze als (‚eigentliche‘) Axiome bezeichnen, muss eine Menge solcher Axiome für eine Theorie T nicht die Eigenschaften von Axiomenmengen haben, die in 3.2.2 bestimmt wurden – die Anzahl der Axiome muss nicht gering sein, um als wenig umfängliche und somit effiziente Ableitungsbasis speziellerer Gesetze zu dienen.

Soll also zu Zwecken der Manipulation, Vorhersage oder Erklärung Wissen über einen Gegenstandsbereich Z_1 (etwa Wissen der Gewebelehre) auf Gegenstände eines anderen Gegenstandsbereichs Z_2 (etwa Lebewesen) angewendet werden, so ist rein in der Terminologie der Gewebelehre ein theoretisches Modell zu dem Lebewesen zu spezifizieren. Die Charakterisierung dieses Modells enthält Terme für die einzelnen Gewebe und ihre räumlichen Relationen zueinander – darüber hinaus bestimmen etliche Zustands- und Verlaufsgesetze das Verhalten

des Systems unter verschiedenen Bedingungen. Natürlich kann die Charakterisierung eines solchen Modells im Einzelfall als Spezifizierung eines Standardmodells für Gewebesysteme zu der jeweiligen Spezies von Lebewesen vorgenommen werden. Standardmodelle könnte es auch zu noch spezifischeren Anwendungsfällen geben, etwa für Lebewesen einer bestimmten Spezies, die eine bestimmte Krankheit haben. Ferner muss nicht zum gesamten Lebewesen ein Gewebe-Modell entworfen werden – man kann sich auf die für die Problemstellung relevanten Teile beschränken. Analog lässt sich zu einem Gewebe oder zu Teilen eines Gewebes ein Modell der Zellehre angeben, und zu Zellen bzw. Zellbestandteilen ein molekularbiologisches Modell.

Ausgehend vom theoretischen Modell, das sich in einem je nach Problemstellung bestimmten Zustand befindet, lassen sich – unter Anwendung der Gesetze der jeweiligen ‚Theorie‘ – Folgezustände des Modellsystems erschließen. So lässt sich mit einem Gewebe-Modell eine Vorhersage über einen Folgezustand am Lebewesen treffen. Besteht der vorgestellte Anfangszustand in einem durch Intervention herzustellenden Zustand, liefern die Folgezustände Wissen über die Konsequenzen von Manipulationen am Lebewesen. In diesem Fall wird aber auch die Intervention rein in der Terminologie der Gewebelehre charakterisiert. Denn 3.2.2 zufolge wird in der Erforschung von Kausalrelationen zwischen Ereignissen an Geweben auch Wissen darüber erzeugt, wie in bestimmte Gewebe interveniert werden kann, was zur Aufnahme entsprechender Ereignisprädikatoren in den Gegenstandsbereich der Gewebelehre führt. Weil man im Anwendungsfall die gezielten Manipulationen durch wissenschaftliches Wissen stützen möchte, ist damit gewährleistet, dass auch das Interventionsereignis rein in der Terminologie der Gewebelehre charakterisiert werden kann. Analog verhält es sich mit theoretischen Modellen der anderen physiologischen ‚Theorien‘.

Ich möchte auf zwei Punkte in dieser einführenden Skizze zur Konstruktion theoretischer Modelle in der Physiologie aufmerksam machen. Erstens handelt es sich bei den theoretischen Modellen zu einer physiologischen ‚Theorie‘ T um organische Maschinen, die ganz in der Terminologie von T entworfen sind. Denn die Modelle sind ja (vorgestellte) Zusammensetzungen von Entitäten, denen mit Blick auf das je interessante Ereignis eine gewisse Weise des ‚Arbeitens‘, also eine gewisse Organisation unterstellt wird. Letzteres unterstellen wir, indem wir ausgehend von einem bestimmten Zustand des Modellsystems Folgezustände erschließen. Wir setzen also eine gewisse Organisation und damit das Vorliegen einer organischen Maschine voraus. Dass sich solche Modelle im Einzelfall als mangelhaft erweisen können, ist allseits bekannt: Ein bestimmtes theoretisches Modell eignet sich auch unabhängig vom physiologischen Kontext in der Regel mehr oder weniger gut für einen gewissen Anwendungsfall

(die Modellierung kann mehr oder weniger erfolgreich sein). Bei der Verwendung organischer Maschinen als theoretische Modelle für Lebewesen oder deren Teile kann sich insbesondere die Organisation der Maschine als inadäquat für den vorliegenden Einzelfall erweisen (ein Lebewesen verhält sich nicht so, wie eine zum Zweck der Vorhersage herangezogene Gewebemaschine es tun sollte). Hier macht sich der Umstand bemerkbar, dass die Organisation der organischen Maschine in Bezug auf den biologischen Gegenstand stets eine *Organisationshypothese* ist.

Wird an einem theoretischen Modell einer der physiologischen ‚Theorien‘ eine Erklärung für das Vorliegen eines Sachverhalts gegeben, kann diese gleich den Erklärungen an Lehrmodellen als Maschinenfunktionserklärung klassifiziert werden (mit dem Unterschied, dass die im Anwendungskontext gegebene Maschinenfunktionserklärung nicht generell formuliert wird). Zweitens ist die jener einführenden Skizze entsprechende Konstruktion von theoretischen Modellen ausgesprochen ineffizient. Ihr zufolge wäre es beispielsweise unzulässig, folgenden Manipulationsplan zu formulieren: Einem Menschen wird der antidepressive Wirkstoff Citalopram gegeben, damit dieser durch spezifische Bindung die Serotonintransporter SERT an serotonergen Neuronen seines zentralen Nervensystems inhibiert, sodass sich eine höhere Serotonin-Konzentration in seiner Hirnflüssigkeit einstellt (was eine veränderte Hirnaktivität zur Folge hat, da es zur Aktivitätsänderung der postsynaptischen Neurone serotonerger Synapsen kommt). Planen wir in dieser Weise eine Manipulation unter Anwendung physiologischen Wissens, nutzen wir die Terminologie aller vier physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche (Hirnflüssigkeit wird wie Blut oder Lymphflüssigkeit als flüssiges Gewebe charakterisiert). Solch eine Manipulationsplanung ist nach der bisherigen Skizze zur Konstruktion theoretischer Modelle unzulässig, da diese ja immer nur zu *einer* der physiologischen ‚Theorien‘ entworfen werden dürfen. Von einem Lebewesen kann man im Beispielfall nur sagen, dass man ihm eine bestimmte Festsubstanz zu schlucken gibt und dass sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit am Verhalten des Lebewesens mittelfristig etwas verändern wird (erfasst durch ein statistisches Gesetz). Im theoretischen Modell einer Gewebemaschine bestünde der entsprechende Anfangszustand darin, dass man die Festsubstanz (irgendwie) in die Speiseröhre befördert. Hieraus ergeben sich dann Folgezustände: Sie gelangt in den Magen, wo sie sich auflöst, und die Lösung gelangt in den Darm. Sie wird vom Darmepithel aufgenommen und ans Blut abgegeben. Aus dem Blut gelangt die gelöste Substanz durch die Endothelien der Blut-Hirn-Schranke in die Hirnflüssigkeit (das Passieren von Flüssigkeiten durch Gewebe kann zum Beispiel durch eine Färbung nachgewiesen werden). In der Folge ändert sich die Hirnaktivität in einer bestimmten Weise.

Ein theoretisches Modell der Zellehre ist vergleichbar wenig aussagekräftig über die spezifische Wirksamkeit des Citalopram. Denn beim Wirkstoff Citalopram sowie bei seinem Wirkort, dem Serotonintransporter SERT, handelt es sich um Moleküle, während in der Zellehre nur von denjenigen Entitäten und Ereignissen geredet werden darf, die sich mikroskopisch individuieren und nachweisen lassen. Hier geht es vor allem um Flüssigkeiten und Membranen, es kann aber auch um Feststoffe gehen. Ein theoretisches Modell der Zellehre wird ferner zunehmend unübersichtlich, denn nun müssen alle relevanten Komponenten in der Terminologie der Zellehre dargestellt werden. Gewebe, die im Gewebe-Modell eine Rolle spielten, müssen hier in ihrer zellulären Struktur modelliert werden. Ein molekulares Modell ermöglicht schließlich die Charakterisierung desjenigen Ereignisses, das die spezifische Wirkungsweise von Citalopram ausmacht, nämlich die Bindung an den Serotonintransporter. So ein Modell kann jedoch nicht wirklich entworfen werden, denn es müsste ja rein in molekularer Terminologie charakterisiert werden.

In der faktischen Anwendung physiologischen Wissens verfährt man also sehr intelligent, wenn man *gleichzeitig* Wissen aus *verschiedenen* physiologischen Gegenstandsbereichen anwendet. Eine solche Anwendungsplanung für die Citalopram-Gabe skizzierte ich oben zu Beginn der Besprechung des Beispiels. Da in theoretischen Modellen organische Maschinen charakterisiert werden, und eine solche Charakterisierung nicht in einer Beschreibung oder in einer Photographie besteht, darf festgehalten werden: Um physiologisches Wissen zu Manipulations-, Vorhersage- und Erklärungszwecken anzuwenden, wird zum vorliegenden biologischen Gegenstand (etwa zu einem Lebewesen) eine *je nach Problemstellung spezifizierte* organische Maschine als theoretisches Modell charakterisiert. Die problembezogene Spezifizierung liegt etwa darin, dass nur relevante Komponenten aufgenommen werden und dass nur bestimmte dieser Komponenten oder bestimmte Teile dieser Komponenten selbst in ihrer Komponentenstruktur dargestellt werden, andere nicht. Dies geschieht mit dem Bewusstsein, dass sich die nicht in ihrer Komponentenstruktur dargestellten Komponenten prinzipiell sehr wohl in ihrer Komponentenstruktur darstellen *ließen*, obgleich das für die gegebene Problemstellung nicht relevant ist. Theoretische Modelle dieser Art gleichen also den entsprechenden Lehrmodellen. Derselbe Gegenstand – eine organische Maschine – dient im einen Fall als vorbildliches, im anderen Fall als abbildliches Modell. Da ich in 5.1 zu dem Schluss kam, dass ein Gegenstand erst durch seine bestimmte Verwendung zu einem Modell wird, was insbesondere impliziert, dass derselbe Gegenstand einmal als vorbildliches, ein anderes Mal als abbildliches Modell dienen kann, ist diese Konklusion im Rahmen meiner Konzeptualisierung nicht unangemessen. Es gibt jedoch eine Hinsicht, in der sich die als Lehrmodelle und die als

theoretische Modelle verwendeten organischen Maschinen unterscheiden. Bei den Lehrmodellen, etwa einem Lehrmodell zum Verlauf einer gewissen Gewebeerkrankung, haben wir es immer mit Standardfällen zu tun. Hier ist eine *Klasse* von Fällen modelliert, ebenso, wie ein Brachiosaurus-Modell in einem Museum Modell von einer *Klasse* von Lebewesen ist (vgl. 5.1). Theoretische Modelle beziehen sich dagegen immer auf individuelle Anwendungsfälle, sie sind in der Regel Spezifikationen von Standardmodellen, die dadurch erzeugt werden, dass der Gegenstand, zu dem ein Modell gegeben wird (also ein Lebewesen oder ein Teil von ihm), individuell untersucht wird, im medizinischen Kontext beispielsweise in Form einer üblichen körperlichen Untersuchung. Meiner Ansicht nach decken sich die dabei verwendeten Standardmodelle von organischen Maschinen mit den allgemeinen Lehrmodellen entsprechender organischer Maschinen.

Der Begriff des theoretischen Modells ergänzt die Konzeptualisierung der physiologischen Praxis nicht nur in der Hinsicht, als dass er die Anwendung physiologischen Wissens auf wirkliche Dinge in außerwissenschaftlichen, etwa in medizinischen Kontexten begrifflich fassbar macht. Er ermöglicht ebenfalls eine Konzeptualisierung des Bezugs auf wirkliche Dinge (etwa Lebewesen, Gewebe oder Zellen) in Forschungskontexten. Analog zu Hertz' Feststellung über die Verwendung von Modell-Semantiken in der physikalischen Theorienkonstruktion (vgl. 5.2.3) können physiologische Forscher im kreativen Prozess des Formulierens von Organisationshypothesen ebenfalls davon ausgehen, der zu erforschende biologische Untersuchungsgegenstand *sei* eine organische Maschine. Auf diesen Punkt machen Cartwright und Pemberton 2014 mit folgendem Beispiel aufmerksam: Wenn eine Bakterienkultur in Petri-Schale grün-blaue Schimmelflecken und eine erhöhte Mortalität der Bakterien zeigt,

„we might tentatively posit a cp-law: when we have blue-green mould contaminating our petri-dish, certain bacteria in the dish die. Initially we may have little or no account of how the cp-regularity comes about—so how should we proceed? The next step in a typical scientific approach is to try to reproduce the phenomenon: perhaps a sample of the mould is isolated and then introduced into a petri-dish containing a suitable bacteria culture. *Notice how this approach pre-supposes that the cp-law arises from a nomological machine—a machine which the scientist now tries to reproduce and run repeatedly in order to confirm the cp-law*“ (Pemberton und Cartwright 2014, 1752, Hervorhebung JK).

Physiologische Forscher reden in diesen Kontexten – analog zu den Physikern, wenn auch nicht ganz übereinstimmend mit diesen – in einer Modell-Semantik, nämlich der Semantik organischer Maschinen. Beide Formen der modellgestützten Überlegung sind analog, da in ihnen an die Stelle des Untersuchungsgegenstands ein anderer Gegenstand gesetzt wird, der

die modellgeleitete Forschung maßgeblich vereinfacht: Wie Hertz schreibt, ermöglicht das Nachdenken in der physikalischen Modell-Semantik die Evaluation von Konsequenzen aus dem Modellsystem und deren Assoziation zu Zuständen oder Ereignissen an wirklichen Gegenständen (das Modellsystem kann hier als Forschungsmodell fungieren). In Bezug auf die Physiologie ermöglicht das Nachdenken in der Modell-Semantik eigentlich erst wirklich das Anstellen technischer Überlegungen der Form ‚Wie könnte der Gegenstand – die Maschine – konstruiert sein?‘ bzw. ‚Wie ließe sich der Gegenstand – eine Maschine mit entsprechender Leistung – konstruieren?‘ (vgl. 5.2.2), obgleich man es überhaupt nicht mit einem technischen Gegenstand zu tun hat. Es stützt also ebenfalls die modellgeleitete Erforschung des Gegenstands. Diese Differenz zwischen physiologischen Forschungsüberlegungen in der Semantik organischer Maschinen und dem adäquaten Begreifen des Untersuchungsgegenstands als eines Gegenstands, der keine Maschine ist, findet sich auch im längeren Zitat von Lange, das ich in 5.2.2 anführte: Niemand hält etwa eine Zelle wirklich für eine Maschine, dennoch stellen Wissenschaftler Forschungsfragen, die implizieren, dass es sich um eine Maschine handelt. Auch in Forschungskontexten – so lässt sich diese Vorgehensweise nun konzeptualisieren – werden Charakterisierungen von biologischen Gegenständen durch Charakterisierungen von organischen Maschinen ersetzt, um Forschungsüberlegungen zu vereinfachen. Besonders erfolgreich werden diese Überlegungen bei möglichst detaillierter Kenntnis der zur Verfügung stehenden ‚Bauteile‘ mit ihren je spezifischen Eigenschaften (insbesondere den kausalen Dispositionen) sein.

5.3 Zusammenfassung und Alternativen zur Mechanistischen Konzeptualisierung

Ich möchte nun die Ergebnisse aus 5.1 und 5.2 zusammenfassen und herausstellen, inwiefern sie auf der Grundlage der Ergebnisse von Kap. 3 und Kap. 4 Alternativen zu den von mir kritisierten Zügen der Mechanistischen Konzeptualisierung bieten. In 5.1 unterschied ich gemäß meiner Rekonstruktionsskizze in 1.3 zwei Formen des nicht-wissenschaftlichen, technischen Modellierens. Konstruierte oder nicht-konstruierte Gegenstände werden dem dort gegebenen Begriff zufolge durch eine bestimmte Verwendungsweise zu Modellen. Abbildliche Modelle dienen der anschaulichen und übersichtlichen Darstellung von komplexen oder schwer zu überschauenden Gegenständen (Architektur-Modell, Stadt-Modell), vorbildliche Modelle liefern Vorschriften zur Herstellung von etwas (Kuppel-Modell, Rebers Küsten-Modell).

In 5.2 führte ich mit diesen Begriffen technischen Modellierens vier wissenschaftliche Modell-Begriffe ein, die ich spezifisch für den physiologischen Kontext erörterte. Experimental-

modelle, so meine Darstellung in 5.2.1, sind Gegenstände, an denen experimentell synthetische Normen zur Herstellung gewisser Zustände oder Ereignisse gerechtfertigt werden, deren Geltung aufgrund einer behaupteten Ähnlichkeit zwischen den Modellsystemen und gewissen, praktisch nicht manipulierbaren oder ungern manipulierten Gegenständen ebenfalls für diese letzteren Gegenstände beansprucht wird. Weil experimentelles Handlungswissen in meiner Konzeptualisierung Kausalwissen impliziert, kann das Experimentieren am Modell Kausalaussagen über die nicht manipulierten Gegenstände rechtfertigen (obgleich diese Rechtfertigung schwächer ist als die durch direktes Experimentieren erzielte Rechtfertigung). Weil Physiologie als Praxis vorgestellt wird, die Mittel zum Zweck einer möglichst effizienten Akkumulation von Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen sein soll (vgl. 1.3), ist es 5.2.2 zufolge rational, die Erforschung von Lebewesen oder von Teilen von Lebewesen (allgemein: die Erforschung von biologischen Untersuchungsgegenständen) nach vorbildlichen Modellen aus der Technik anzuleiten. Ein zur Reproduktion eines Phänomens an einem biologischen Untersuchungsgegenstand geeigneter Experimentalaufbau wird dafür als Maschine aufgefasst, an der sich durch spezifische Inbetriebnahme ein bestimmtes Leistungsergebnis hervorbringen lässt. Der Typ oder einzelne Merkmale der im Bauplan des Experiments realisierten Organisation können dem Bereich der Maschinenorganisationen entlehnt sein, die also als vorbildliche Modelle für die Konstruktion des Experimentalaufbaus dienen, mit dem das Phänomen erforscht wird. Für die ‚organische Komponente‘ gelten damit Funktionsnormen, aus denen bestimmte Auswahl- und Präparationsschritte für den Untersuchungsgegenstand abgeleitet, und auf Grundlage derer Störungen definiert und adäquate Maßnahmen zur Störungsbeseitigung bestimmt werden können (die Maschine *Experimentalaufbau* wird dadurch bestmöglich ‚ans Laufen‘ gebracht). Im Bauplan des Experimentalaufbaus lässt sich dabei die Organisation der organischen Komponente auf der Grundlage bereits verfügbaren Wissens von in dem biologischen Gegenstand zu unterscheidenden Teilen und deren kausalen Dispositionen in Form einer Organisationshypothese spezifizieren. Die aus dieser Hypothese folgenden Kausalaussagen, die die einzelnen Geschehnisse an den Bauteilen betreffen, sind im Anschluss in etlichen verschiedenen Experimenten zu bewähren, bei denen der Untersuchungsgegenstand in der Regel zerstört wird. Im biologischen Kontext können Organisationshypothesen, die auf diese Weise für Phänomene an bestimmten Lebewesen (oder ihren Teilen) bewährt wurden, auch in der Erforschung ähnlicher Phänomene an anderen Lebewesen (bzw. an ihren Teilen) veranschlagt werden, wenn sich die Lebewesen beider Klassen (bzw. ihre relevanten Teile) ähneln. In diesem Sinn fungieren die zunächst erforschten Lebewesen als Modellorganismen. Die an ihnen bestätigten Organisationshypothesen werden als vorbildliche

Modelle für die Konstruktion von Experimentalaufbauten verwendet, die die anderen, eventuell nur ungerne manipulierten Lebewesen enthalten.

Auch die erfolgreiche auf die skizzierte Weise technisch inspirierte Erforschung verschiedener Phänomene an einem Untersuchungsgegenstand macht diesen nicht zu einer Maschine. Denn erstens ist er nicht konstruiert, und seine Bewegungen sind nicht zwangsführbar. Zweitens informieren die Organisationshypothesen nie über die Organisation des Untersuchungsgegenstands selbst. Sie beziehen sich auf den Gegenstand insofern ein bestimmtes Phänomen an ihm reproduzierbar ist, bzw. – im Falle der Integration verschiedener Organisationshypothesen – insofern eine bestimmte Menge von Phänomenen an ihm reproduzierbar ist. Drittens behalten auch gute integrierte Organisationshypothesen ihren Status als Hypothesen, da sie nur indirekt über ihre logischen Konsequenzen bewährt wurden bzw. werden: Eine ganz spezifische Organisationsangabe, die für Maschinen aufgrund ihrer tatsächlichen Konstruktion verifizierbar ist, ist für biologische Untersuchungsgegenstände nicht verifizierbar und ihnen daher im strengen Sinne auch nicht zuschreibbar. Dies wäre aber notwendig, um sie tatsächlich als Maschinen zu bezeichnen.

Die Anwendung von Forschungsmodellen steigert die Produktivität physiologischer Wissensakkumulation nicht nur dadurch, dass Organisationstypen und -merkmale aus dem Bereich der Technik bestimmte Experimentalaufbauten und Organisationshypothesen über biologische Untersuchungsgegenstände inspirieren. Die Spezifizierung ansatzweise bestätigter Organisationshypothesen sowie die Integration bestätigter Organisationshypothesen aus der Erforschung verschiedener Phänomene an demselben Untersuchungsgegenstand geben konkrete Anregungen für weitere Forschungsschritte. Die durch Maschinen-Modelle angeleitete Erforschung biologischer Phänomene ist insofern als deskriptiv adäquat zu bewerten, als in ihr die Ereignisse an Teilen eines Untersuchungsgegenstands, die (oft) zu einem anderen physiologischen Gegenstandsbereich gehören als der Untersuchungsgegenstand selbst, in Bezug auf das am Untersuchungsgegenstand vorliegende Phänomen erforscht werden.

In 5.2.3 legte ich dar, dass die Lehre physiologischen Wissens dadurch befördert wird, dass es in Form organischer Maschinen präsentiert wird, den biologischen Gegenständen in der lehrenden und lernenden Bezugnahme also tatsächlich eine bestimmte Organisation zugeschrieben wird, als wären sie konstruiert worden. Bewährten Organisationshypothesen, die in der Erforschung von Phänomenen als produktive Ableitungsbasis für Kausalaussagen dienen und dienen, wird also in den dadurch entstehenden bzw. erzeugten Gegenständen, den sogenannten Lehrmodellen, der Hypothesen-Charakter abgesprochen. Dadurch lässt sich nicht nur das für die Heil- und Kultivierungspraxis interessante Wissen über einen biologischen Gegenstand

leistungsspezifisch kategorisieren und lehren; es lassen sich auch die Kausalrelationen zwischen Ereignissen der Inbetriebnahme und Leistungsereignissen durch Maschinenfunktionserklärungen erklären, die über mögliche Ansatzpunkte zur Störungsbeseitigung oder Leistungssteigerung informieren. Analog den technischen Bauplänen werden in Lehrbüchern organische Maschinen in ihrer bestimmten Arbeits- oder Funktionsweise in Form von bildlichen Verlaufsskizzen und/oder sprachlichen Verlaufs-,Erzählungen‘ charakterisiert, die eine naheliegende und vereinfachende Alternative zur Auflistung von Kausalgesetzen darstellen. Dieser Begriff physiologischer Lehrmodelle – der Begriff der durch Verlaufsskizzen gestützten Charakterisierungen organischer Maschinen – kann als deskriptiv adäquat angesehen werden, weil er je nach Bedarf die Spezifizierung der Komponentenstruktur einzelner Maschinenkomponenten erlaubt und somit die tatsächlich in Lehrbüchern vorzufindende integrierte Vermittlung von Wissen aller vier physiologisch relevanter Gegenstandsbereiche gestattet. Die so charakterisierten organischen Maschinen sind nicht die biologischen Untersuchungsgegenstände selbst. Diese Maschinen existieren nicht, und die dargestellten Arbeitsweisen werden nicht beobachtet. Es handelt sich um Fiktionen, die zur Wissensvermittlung aber sehr zweckmäßig und in ihrem Gehalt keineswegs willkürlich sind.

In 5.2.4 erweiterte ich die Konzeptualisierung physiologischer Praxis um den Begriff des theoretischen Modells. Bei einem theoretischen Modell handelt es sich um ein System, das vollständig in der Terminologie einer Theorie zu einem wirklichen Gegenstand fingiert wird, um zu Zwecken der Manipulation, Vorhersage oder Erklärung von Ereignissen an dem wirklichen Gegenstand die Gesetze der Theorie anwendbar zu machen. Weil auch das zu Erklärungs- oder Vorhersagezwecken veranschlagte wissenschaftliche Wissen Kausalwissen ist, bei dem es sich nach 3.1.3 um experimentell bestätigtes Manipulationswissen handelt, können theoretische Modelle als vorbildliche Modelle für die Herstellung bestimmter Zustände oder Ereignisse am wirklichen Gegenstand aufgefasst werden. In der Anwendung physiologischen Wissens über Gegenstände eines Gegenstandsbereichs Z_1 (etwa Gewebe) auf einen Gegenstand eines anderen Gegenstandsbereichs Z_2 (etwa Lebewesen) wird eine organische Maschine aus Komponenten charakterisiert, die dem Gegenstandsbereich Z_1 angehören. Die Planung etwa einer Manipulation des Lebewesens wird also an einer Gewebemaschine vorgenommen, die Erklärung für das Vorliegen eines bestimmten Zustands oder Ereignisses an dem Lebewesen nach einer bestimmten Einwirkung in Form einer Maschinenfunktionserklärung an der Gewebemaschine. Dabei kann es je nach Problemstellung zweckmäßig sein, einzelne Komponenten der Gewebemaschine als zelluläre Maschinen und einzelne Komponenten einer zellulären Maschine als molekulare Maschinen zu modellieren. Theoretische Maschinen-Modelle wer-

den nicht nur in der außerwissenschaftlichen Anwendung physiologischen Wissens veranschlagt; Charakterisierungen biologischer Gegenstände werden auch durch Charakterisierungen organischer Maschinen ersetzt, um die kreative Formulierung von Forschungshypothesen (Organisationshypothesen) durch technische Erwägungen zu stützen (,Wie könnte jene zelluläre Komponente in ihrer spezifischen Leistung molekular organisiert sein?'). Diese durch die Konstruktion theoretischer Modelle ermöglichte integrierte Bezugsweise auf Gegenstände unterschiedlicher physiologischer Gegenstandsbereiche in der Anwendung physiologischen Wissens entspricht auch den tatsächlich vollzogenen Anwendungen und kann daher als deskriptiv adäquat bezeichnet werden.

Die Begriffe des Forschungsmodells, der Lehrmodelle und des theoretischen Modells ergänzen meine Konzeptualisierung physiologischer Praxis in den Hinsichten, in denen sie nach der Konzeptualisierung ihrer Grundlagen in Kap. 3 noch unvollständig geblieben ist. Während andere wissenschaftliche Disziplinen ihren Wissensbeständen durch Axiomatisierung eine zweckmäßige Form für Anwendung und Lehre verleihen und das wissenschaftliche Wissen dadurch zusätzlich produktiv mit Blick auf die weitere Akkumulation machen (vgl. 3.2.2), geschieht ersteres in der Physiologie durch die Konstruktion von organischen Maschinen (Lehrmodellen und theoretischen Modellen) und letzteres durch die Anwendung von Forschungsmodellen aus dem Bereich der Technik.

Neben diesen Ergänzungen ermöglichen die Modell-Begriffe einige Abgrenzungen zur Mechanistischen Konzeptualisierung, die ich nun herausstellen möchte. In der Einleitung kündigte ich an, dass meine Konzeptualisierung insbesondere ohne den Begriff der KME sowie ohne den Begriff einer eigenen Form der Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsverhältnissen auskommen soll. Auch die zweifelhafte und unklare Auffassung der Konstitutionsrelation als einer ,realen' Abhängigkeitsrelation zwischen verschiedenen, gleichzeitig stattfindenden Ereignissen, die in den Mechanistischen Texten oft suggeriert wird, wird damit obsolet. Denn die von manchen Autoren und auch von den sich in dieser Frage explizit positionierenden Mechanisten vertretene Ansicht, Folgerungen über die ,grundlegende Beschaffenheit der Welt' ließen sich begründen, indem man zeigt, dass sie implizite Voraussetzungen erfolgreich vollzogener Wissenschaftspraxis (hier: der Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsverhältnissen) oder einfach die beste Erklärung für die Tatsache der erfolgreichen Anwendung wissenschaftlicher Theorien (hier: der KME) seien, diese Ansicht verliert damit im gegenwärtigen Fall ihren Ansatzpunkt. Meine Konzeptualisierung mithilfe der Modell-Begriffe legt dagegen eindeutig eine nicht-realistische Auffassung der ,zugrunde liegenden' Relata der Konstitutionsrelation nahe.

Ich äußerte bereits die Vermutung, dass der Ursprung der Ansicht, es existiere solch eine ‚reale‘ Relation der Konstitution, in dem zentralen Stellenwert des Begriffs der Beschreibung in der Mechanistischen Konzeptualisierung zu suchen ist. Denn wenn ein Phänomen durch eine KME erklärt werden soll, gehen wir auf der einen Seite davon aus, dass es dieses Phänomen auch wirklich gibt. Wenn die Erklärung dann in einer *Beschreibung* des zugrunde liegenden Mechanismus liegt, der Craver zufolge ‚in der Welt abläuft‘, dann muss man sich durch die Angabe einer im angegebenen Sinne realen Relation zum Verhältnis dieser zwei Ereignisse – Phänomen und Mechanismus – verhalten. Aus diesem Grund kritisierte ich auch insbesondere dieses allgemeine Merkmal des Mechanistischen Erklärungsbegriffs in 2.3, indem ich zeigte, dass die Konzeptualisierung von Erklärungen als Beschreibungen nicht begründet ist (vgl. 2.3.2) und ferner inhaltliche Probleme mit sich bringt (vgl. 2.3.3). Ich möchte nun zunächst erläutern, wie sich die Gegenstände, die von den Mechanisten als Beschreibungen von Mechanismen konzeptualisiert werden, im Rahmen meines Ansatzes alternativ konzeptualisieren lassen. Hieraus ergibt sich auch unmittelbar eine alternative Konzeptualisierung der ÄME (denn diese sind nichts anderes als Beschreibungen von Mechanismen), auch wenn es um diese in meiner Arbeit nicht in erster Linie geht. Anschließend werde ich dann spezifischer auf die Möglichkeit zur alternativen Konzeptualisierung der KME sowie der Experimente zur Entdeckung von Konstitutionsverhältnissen eingehen.

Die Gegenstände, die die Mechanisten als ‚Beschreibungen von Mechanismen‘ begreifen, fallen in meiner Konzeptualisierung unter den Begriff des Verlaufsmodells (vgl. 5.2.3). Die in den Craver-Diagrammen (vgl. Abb. 2 in 2.2.2) abgebildeten Mechanismen, welche den Mechanisten zufolge bildliche Versionen solcher ‚Beschreibungen‘ sind, wurden als abstrahierte Fassungen der üblichen Lehrbuchdarstellungen (vgl. Abb. 3 in 2.2.2) entwickelt, bei denen es sich in meiner Konzeptualisierung um graphische Verlaufsmo-delle handelt. Bei den Standardbeispielen für sprachlich artikulierte Beschreibungen von Mechanismen (vgl. 2.2.1) handelt es sich, wie ich schon in 5.2.3 verdeutlichte, genau um die Form von ‚erzählendem‘ Text, der in Lehrbüchern graphische Verlaufsskizzen begleitet (und manchmal auch ersetzt). In 2.2.2 wies ich darauf hin, dass die Mechanisten sich sogar explizit auf Lehrbuch-Darstellungen beziehen, wenn es um solche Verlaufs-Charakterisierungen – ‚Beschreibungen von Mechanismen‘ – geht.

Ich führte in 5.2.3 zwei Gründe gegen die Auffassung an, Verlaufsmo-delle seien Beschreibungen, und genau diese Gründe nannte ich in 2.3.3 auch als inhaltliche Kritikpunkte gegen den Mechanistischen Erklärungs-begriff, insofern ihm zufolge Erklärungen als Beschreibungen von Mechanismen konzeptualisiert werden: Erstens beobachtet niemand das Ablaufen dieser

Mechanismen, weshalb ihre Charakterisierung keine Beschreibung von Beobachtungsinhalten sein kann. Denn zu dem durch die Charakterisierung eines Mechanismus vermittelten Wissen gelangt man durch etliche Experimente zu einzelnen Kausalrelationen *außerhalb* des Kontexts des Mechanismus, sowie durch nachträgliche ‚Zusammensetzung‘ der so erzielten Kausalkenntnisse. Entitäten der Molekularbiologie, in der die meisten Mechanismen charakterisiert werden, sind darüber hinaus überhaupt nicht beobachtbar. Zweitens, selbst wenn man den Mechanismus beim Arbeiten beobachten und die Ereignisfolge beschreiben könnte, würde dadurch das gerade interessante Wissen – nämlich Kausalwissen – nicht geliefert.²⁶⁸ Ich habe schon angemerkt, dass die Mechanisten mit dem Ausdruck ‚Beschreibungen‘ eigentlich nicht Beschreibungen im engen Sinne (vgl. 1.1.3) meinen können. Besteht man darauf, die sprachlichen Fassungen der ‚Beschreibungen von Mechanismen‘ wirklich als Beschreibungen anzusehen, dann kann man sie höchstens als Beschreibungen der bildlichen Verlaufsmodellen ansehen, die man in Lehrbüchern findet.

Wird die ‚Beschreibung eines Mechanismus‘ als Erklärung, nämlich als ÄME gegeben, lässt sich in meiner Konzeptualisierung von einer modellgestützten Maschinenfunktionserklärung sprechen. Es handelt sich um die in der Regel durch Verlaufsmodelle vorgenommenen Charakterisierungen von organischen Maschinen, die in genereller Form in Lehrwerken oder spezifiziert in Einzelfallerklärungen präsentiert werden. Denn solche Darstellungen gehen immer auf das ‚Arbeiten‘ der Komponenten ein, insofern dieses – gegeben ein Ereignis der Inbetriebnahme – zu einem Leistungsereignis führt, und genau das macht eine Maschinenfunktionserklärung aus (vgl. 4.1.2). Diese Erklärungen sind modellgestützt, weil der Bezug auf eine organische Maschine als solcher den Bezug auf ein Modell bedeutet, und ferner, weil die Art der Bezugnahme in der Regel über bildliche oder ‚erzählerische‘ Verlaufsmodelle erfolgt.

Nun möchte ich auf die Begriffe der KME und der zur Erstellung von KME vorgesehenen Experimente zu sprechen kommen. In KME wird ein Typ oder Einzelfall eines Phänomens (eines Ereignisses) N's ψ -ing durch einen ‚zugrunde liegenden‘ Mechanismus erklärt, der ein raumzeitlicher Teil von N's ψ -ing ist. Craver zufolge muss ein Ereignis X_i 's ϕ_i -ing (wobei ‚ X_i ‘ eine Entität kennzeichnet und ‚ ϕ_i ‘ einen Ereignisprädikator vertritt) zusätzlich noch wechselseitig mit dem Phänomen N's ψ -ing manipulierbar sein, um zum Mechanismus gezählt werden zu dürfen (vgl. 2.2.4, nachzuweisen ist das in sog. Top-Down- und Bottom-Up-

²⁶⁸ In 2.3.3 hatte ich noch nicht dafür argumentiert, dass Kausalwissen nicht der bloßen Beobachtung entnommen werden kann (denn dies geschah in Kap. 3). Als zweiten inhaltlichen Einwand gegen den Beschreibungscharakter der Mechanistischen ‚Beschreibungen von Mechanismen‘ führte ich dort an, dass bewährte Kausalaussagen auch dem von den Mechanisten akzeptierten Woodward'schen Ansatz zufolge als über Zeitpunkte allquantifizierende Konditionale eine Form besitzen, die für beschreibende Aussagen nicht in Frage kommt.

Experimenten). Kritiker von Craver wiesen auf die Unangemessenheit der letztgenannten Bedingung hin und formulierten eine Alternative: Jede Intervention in N's ψ -ing, die die Interventionsvariable $\Psi(N)$ einschlägig ändert, muss auch Ursache für eine einschlägige Änderung mindestens einer Variablen $\Phi(X_i)$ ²⁶⁹ sein (muss also in Bezug auf mindestens eine solche Variable analytisch fat-handed sein), wobei diese Bedingung von keiner starken Teilmenge der den Mechanismus bildenden Ereignismenge erfüllt sein darf. Um den analytischen Charakter der fat-handedness zu bewähren, müssen diese Relationen gemeinsamer Verursachung durch ‚chirurgische‘ Interventionen (die nur *eine* Variable einschlägig ändern) zu entkoppeln versucht werden.

In 2.3.1 habe ich Zweifel daran angemeldet, dass diese Konzeptualisierungen physiologischer Experimentalpraxis (als einer Praxis, die in Form von Konstitutionswissen eine eigene Form des Wissens über Abhängigkeiten zwischen Ereignissen erzeugt) als deskriptiv adäquat bezeichnet werden können. Denn die für die Aufklärung zugrunde liegender Mechanismen geeigneten *in-vivo*-Experimente mit Lebewesen und Zellen, die von den Mechanistischen Konzeptualisierungen der Physiologie massenhaft gefordert werden, stellen keinen sehr großen Anteil des physiologischen Methoden-Repertoires dar. Zwei historische Beispiele, die ich dort skizzierte, bestätigten diesen Eindruck. Im Rahmen meiner Konzeptualisierung ist der Begriff einer solchen Experimentalpraxis nicht vorgesehen und auch nicht nötig. In der Physiologie wird experimentell allein Kausalwissen über Ereignisse an Lebewesen oder an Geweben oder an Zellen (bzw. zellulären Bestandteilen) oder an Biomolekülen (Stoffen) erzeugt. Auch wenn beispielsweise mit einer Zelle gearbeitet wird, um Kausalwissen über Biomoleküle zu erzeugen (etwa in der Erforschung der Regulation der Enzymaktivitätsmenge), wird der Untersuchungsgegenstand in Form eines theoretischen Modells als molekulare Maschine (noch unvollständig bekannter Organisation) charakterisiert, wobei man sich aus Praktikabilitätsgründen auf die relevanten Teile beschränkt. An die Stelle des Ereignisses der Aufnahme einer Flüssigkeit durch eine Zelle tritt dann beispielsweise die Diffusion von Molekülen einer bestimmten Art durch einen Lipid-Bilayer oder deren spezifische Bindung an Transporter-Proteine, die Konformationsänderung der letzteren und die Auflösung der Bindung der Moleküle dergestalt, dass sie auf der entgegengesetzten Seite der Transporter weiterdiffundieren. In 5.2.4 habe ich darauf verwiesen, dass es prinzipiell (begrifflich) möglich ist, theoretische Modelle der Physiologie vollständig in der Terminologie von Geweben, Zellen (zellulären Bestandteilen) oder Biomolekülen zu spezifizieren. Die Tatsache, dass wir das in der physiologi-

²⁶⁹ $\Phi(X_i)$ ist die Interventionsvariable für die potenzielle Mechanismus-Komponente X_i – ihre Werte sind unterschiedliche Verhalten von X_i , beispielsweise φ_i und φ_i^* . $\Psi(N)$ ist analog Interventionsvariable für die Entität N.

schen Forschung nicht (konsequent) tun, lässt sich als eine rein praktische Maßnahme zur Vermeidung unnötigen Arbeitsaufwands und zur Wahrung der Übersichtlichkeit begreifen. Aus diesem Grund charakterisieren wir etwa in der Experimentalplanung oft gemischte theoretische Modelle, die Gegenstände unterschiedlicher Gegenstandsbereiche umfassen, und in denen dann etwa von der Aufnahme bestimmter Moleküle *durch Zellen* gesprochen wird – dieses Ereignis lässt sich aber ebenso wenig unter dem Mikroskop beobachten, wie sich eine chemische Reaktion zwischen Molekülen und einer zellulären Plasmamembran angeben lässt. In 5.2.2 habe ich verdeutlicht, dass die Erforschung von biologischen Untersuchungsgegenständen nach Maschinen-Modellen durch die systematische Ermittlung der verfügbaren organischen ‚Komponenten‘ gestützt wird, da hierdurch die ‚Bauteile‘ für die Spezifikation von Organisationshypothesen bereitgestellt werden (wobei ich hervorhob, dass die Unterscheidung und Erforschung der Komponenten im Zuge des Experimentierens (in Abhängigkeit vom Experimentieren) und somit entsprechend der modellgeleiteten Forschung vorstattengeht). Die konsequente Ermittlung der verfügbaren Komponenten beläuft sich auf die Erstellung von klassifikatorischen Zerlegungen (vgl. 3.2.2), mittels derer ein Untersuchungsgegenstand (bei fortgeschrittener Forschung) vollständig in der Terminologie des Gegenstandsbereichs charakterisiert werden kann, in den die Entitäten fallen, die aus ihm durch bestimmte Zergliederungs- und Aufreinigungsmethoden hergestellt werden können (Gewebe bei Lebewesen, zelluläre Bestandteile bei Geweben, usw.). Da alle Interventionen in die so charakterisierten Teile des Untersuchungsgegenstands ebenfalls in der Terminologie ihres jeweiligen Gegenstandsbereichs charakterisiert werden können, und ferner die Abhängigkeitsrelationen zwischen Ereignissen an diesen Teilen als Kausalrelationen detektierbar sind (vgl. 3.2.2), besteht meiner Konzeptualisierung zufolge weder im wissenschaftlichen Experimentieren, noch im außerwissenschaftlichen Manipulieren ein Grund, von Top-down- und Bottom-up-Interventionen zu sprechen, die durch eine eigentümliche Relation der Konstitution zwischen Ereignissen gewährleistet werden.

Für die KME, die das in den Mechanistischen ‚Konstitutions‘-Experimenten erzielte Wissen in Lehrbüchern integrieren und für die Anwendung bereithalten, habe ich in 4.1 kein lebensweltliches Analogon gefunden. Denn in keinem der lebensweltlichen Erklärungsverständnisse geht es darum, dass einem Ereignis irgendein Mechanismus (im Sinne der Mechanisten) zugrunde liegt, auf den als Erklärung dieses Ereignisses referiert wird. Die Gegenstände, die die Mechanisten als KME konzeptualisieren, lassen sich im Rahmen meiner Ausführungen ebenso wie die ÄME als organische Maschinen-Modelle bzw. als modellgestützte Maschinenfunktionserklärungen begreifen, die entweder (als Lehrmodelle) zur Vermittlung physiologischen

Wissens oder (als theoretische Modelle) zum Erstellen von Erklärungen für Sachverhalte an wirklichen Gegenständen dienen. Auch diese Maschinenfunktionserklärungen sind modellgestützt, insofern sie überhaupt von organischen Maschinen handeln. In meinem alternativen Konzeptualisierungsvorschlag handelt es sich bei der Mechanistischen Konstitutionsrelation also um die Relation zwischen organischen Maschinen, die bei Inbetriebnahme bestimmte Leistungsereignisse instanzieren, und den Ereignissen an den Komponenten dieser Maschinen. Da die von den Mechanisten als KME konzeptualisierten Erklärungen in meiner Konzeptualisierung (modellgestützte) Maschinenfunktionserklärungen sind, sind sie *reine* – obgleich modellgestützte – Kausalerklärungen (im Sinne der Erklärungen von Kausalrelationen, vgl. 4.1.2).²⁷⁰

Meine Konzeptualisierung kommt daher ohne den Begriff einer eigenen experimentellen Praxis zur Entdeckung von konstitutiven Zusammenhängen sowie ohne den Begriff einer eigentümlichen Form physiologischer Erklärung – ohne den Begriff der KME – aus. Selbst wenn man der Ansicht ist, aus dem erfolgreichen Vollzug einer wissenschaftlichen Praxis oder aus der erfolgreichen Anwendung ihrer Erzeugnisse könnten Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ gezogen werden, bietet meine Konzeptualisierung nicht mehr die Möglichkeit, auf einem dieser Wege zur Annahme einer ‚realen‘ Konstitutionsrelation zu gelangen, die als etwas unklare Ansicht, Phänomen- und Mechanismus-Ereignisse fänden gleichzeitig als verschiedene Ereignisse statt, in den Texten der Mechanisten ein mehr oder weniger deutliches Schattendasein führt. Die erstgenannte Folgerungsmöglichkeit kann nicht bemüht werden, da meine Konzeptualisierung nicht mehr den Begriff von Experimenten enthält, in denen auf unterschiedlichen ‚Ebenen‘ interveniert und detektiert wird. Doch auch die zweitgenannte Option führt nicht auf den Begriff einer ‚realen‘ Konstitutionsrelation. Theorienrealisten – die Vertreter dieser Option im Allgemeinen – gehen davon aus, dass man den theoretischen Entitäten, von denen sehr erfolgreich angewendete Theorien handeln, reale Existenz zusprechen könne, dass man sich in diesem Fall also nicht darauf beschränken müsse, die theoretischen Terme als rein instrumentelle Mittel zu begreifen, die die Formulierung eines (produktiven) Axiomensystems als Ableitungsbasis etlicher Spezialgesetze ermöglichen (vgl. zu dem grundlegenden Problem dieser Ansicht die längere Fußnote in der Einleitung). In 5.2.2-5.2.4 wies ich an einigen Stellen darauf hin, dass Organisationshypothesen zu physiolo-

²⁷⁰ Ich möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, dass eine modellgestützte Maschinenfunktionserklärung für ein Phänomen (eine Kausalrelation) auch von Ereignissen an Komponenten handeln kann, die in einer KME zu diesem bzw. einem ähnlichen, entsprechend als Ereignis interpretierten Phänomen strenggenommen nicht vorkommen, da konstitutive Relevanz mutuale Manipulierbarkeit bzw. Unmöglichkeit der experimentellen ‚Entkopplung‘ einschließt. Das die Maschinenfunktionserklärung stützende Modell kann dagegen ausgehend von zentralen Komponenten beliebig erweitert werden.

gischen Untersuchungsgegenständen eine Rolle zugesprochen werden kann, die der Rolle der theoretischen Terme in axiomatisierten Theorien in manchen Hinsichten ähnlich ist: Sie verleihen der physiologischen Forschung Produktivität in Bezug auf weitere Wissensakkumulation (vgl. 5.2.2) und ermöglichen eine zweckmäßige Organisation physiologischen Wissens für Anwendung und Lehre in Form von Modellen organischer Maschinen (vgl. 5.2.3 und 5.2.4).²⁷¹ Außerdem sind sie, wie Aussagen über theoretische Entitäten, nur indirekt über ihre logischen Konsequenzen prüfbar. In Bezug auf die Organisation biologischer Untersuchungsgegenstände habe ich eine rein instrumentelle Sichtweise veranschlagt – strenggenommen kann nur über *Organisationshypothesen* gesprochen werden, da diese nicht verifizierbar (obgleich der indirekten Bewährung fähig) sind. Denn einzig diese Auffassung erscheint mir begründbar. Als Gegenposition ließe sich – im Sinne eines physiologischen Pendant zum Theorienrealismus – ein Modellrealismus vertreten, der den Hypothesen-Charakter sehr gut bestätigter Organisationshypothesen fallen lässt und somit davon ausgeht, dass wirklich organische Maschinen bestimmter Organisation existieren.²⁷²

Man kann niemanden daran hindern, diese nicht begründbare Ansicht zu vertreten. Aber selbst für jemanden, der dies tut, ergäbe sich im Rahmen meiner Konzeptualisierung nicht die Folgerung des Bestehens einer ‚real‘ existierenden Konstitutionsrelation als einer Abhängigkeitsrelation zwischen gleichzeitig stattfindenden, voneinander verschiedenen Ereignissen. Denn geht man davon aus, dass Lebewesen Gewebemaschinen sind, stellt sich die Frage nicht mehr, wie sich das Arbeiten dieser Gewebemaschinen zu Ereignissen an Lebewesen verhält. Der Ausdruck ‚Lebewesen‘ bedeutet dann nämlich entweder etwas, über dessen Existenz man sich einst – zu Zeiten eines geringeren Entwicklungsstands der Physiologie – täuschte, oder er bezeichnet das gleiche wie der Ausdruck ‚Gewebemaschinen‘, bezeichnet also Gewebemaschinen. Und wie es neben Halterung, Betätigungsknopf, Verkabelung, Elektromotor und rotierendem Sägeblatt nicht noch eine Kreissäge gibt, die etwas leistet, gäbe es auch in diesem Fall nichts Zusätzliches neben einer Reihe bestimmt arrangierter Bauteile, an denen – nach

²⁷¹ Letzteres leisten theoretische Terme, indem sie Axiomatisierungen ermöglichen.

²⁷² Ein Modellrealist würde dann über den ersten der drei Gründe hinwegsehen, die ich in 5.2.2 gegen die Identifizierung von biologischen Untersuchungsgegenständen und Maschinen anführte: Bei jenen handelt es sich trivialerweise nicht um Maschinen, da sie nicht konstruiert und ihre Bewegungen nicht zwangsführbar sind. Gegen den letztgenannten Punkt könnte der Modellrealist einwenden, die Zwangsführbarkeit bestehe nur deshalb nicht, weil wir die Organisation des Untersuchungsgegenstands noch nicht vollständig kennen. Auch dem erstgenannten Punkt kann man widersprechen, etwa wie Descartes es tat, indem er biologische Untersuchungsgegenstände als Maschinen auffasst, die Gott konstruiert hat. Auch über den zweiten Grund, der in 5.2.2 für die Nicht-Identität von Maschinen und biologischen Gegenständen angeführt wurde, würde der Modellrealist hinwegsehen: Die Integration der Organisationshypothesen auch zu etlichen als Leistungen interpretierten Phänomenen an einem Untersuchungsgegenstand ergibt einzig eine Organisationshypothese für den Untersuchungsgegenstand, insofern er etwas ist, an dem sich jene Phänomene reproduzieren lassen, insofern er als etwas angesehen wird, an dem ein gewisses Arsenal an Leistungen instanziiert werden kann.

Inbetriebnahme, etwa durch einen ‚Reiz‘ – eine Sequenz kausal miteinander verbundener Ereignisse abläuft, die schließlich ein (nutzbringendes) Ereignis an einem oder mehreren anderen Bauteilen verursacht. Da Analoges auch bei der Annahme der Existenz zellulärer und molekularer Maschinen gilt, besteht kein Anlass zu der unklaren Annahme einer ‚realen‘ Abhängigkeitsrelation Konstitution im Mechanistischen Sinne.

Fazit

Die Physiologie entwickelte sich seit der Frühen Neuzeit zur Wissenschaft vom Verhalten der Lebewesen unter besonderem Fokus auf ihre grundlegenden Lebenserscheinungen, wodurch sie sich – ursprünglich der medizinischen Praxis zugehörig – seit dem 19. Jahrhundert auch als Stütze anderer Praxen wie etwa der Kultivierungspraxis qualifizierte. Ihr historischer Gang zeichnet sich durch die Erschließung neuer Gegenstandsbereiche aus: Neben dem unmittelbar zugänglichen Verhalten der Lebewesen wurde durch deren Zergliederung und durch die Anwendung von Lupen gläsern der Gegenstandsbereich der Gewebe und Gewebezusammenhänge (Organe) eröffnet. Ausgehend von R. Hookes Mikroskopie von Gewebeschnitten des Korks (1665) und besonders befördert durch die Arbeiten von M. Schleiden und T. Schwann aus den 1830er Jahren wurde der Gegenstandsbereich der Zellen bzw. zellulären und extrazellulären Bestandteile erschlossen. Die Arbeiten der Iatrochemiker des 17. Jahrhunderts führten über die Entwicklung der messenden Chemie am Ende des 18. Jahrhunderts bereits im 19. Jahrhundert zu einer systematischen wissenschaftlichen Behandlung der Wirkungsweise von aus Lebewesen gewinnbaren Stoffen im Kontext der Lebewesen und damit zur Erschließung eines vierten physiologisch relevanten Gegenstandsbereichs, den ich vor dem Hintergrund der modernen Chemie als Gegenstandsbereich der Biomoleküle bezeichnete. Die Erforschung der Ereignisse an Geweben, Zellen und Biomolekülen war entweder von Beginn an oder zumindest sehr bald auf die Erzielung physiologisch relevanter Erkenntnisse über das Verhalten von Lebewesen ausgerichtet.

In der vorliegenden Arbeit habe ich einen kritischen und einen konstruktiven Beitrag zu wissenschaftstheoretischen Diskursen über die Physiologie geleistet, wobei sich meine kritischen Impulse gegen die in den letzten zwei Jahrzehnten ausgearbeitete ‚Mechanistische‘ Konzeptualisierung der Physiologie richteten. Diese begreift die Physiologie als eine Praxis, in der durch zwei unterschiedliche Formen des Experimentierens die Mechanismen ermittelt werden, die physiologische Phänomene – also bestimmte Verhalten von Lebewesen oder bestimmte Geschehnisse an ihren Teilen – entweder *verursachen* oder sie *konstituieren* (dem Verhalten bzw. den Geschehnissen ‚zugrunde liegen‘). Vermittelt wird dieses Wissen in zwei entsprechenden Formen allgemein verfasster und in der Anwendung für den Einzelfall konkretisierbarer Mechanistischer Erklärungen – den Ätiologischen Mechanistischen Erklärungen (ÄME), die den verursachenden Mechanismus eines Phänomens darstellen (etwa die Ereignisse im präsynaptischen Endköpfchen, die die Neurotransmitterausschüttung verursachen), und den Konstitutiven Mechanistischen Erklärungen (KME), die den Mechanismus zeigen,

der dem Phänomen ‚zugrunde liegt‘ (etwa die Ereignisse an Geweben, die einem bestimmten Verhalten von Lebewesen ‚zugrunde liegen‘).

Meine Kritik an dieser Konzeptualisierung besteht im Wesentlichen darin, dass ich eine Konzeptualisierung der physiologischen Praxis für möglich halte, in der nur *eine* Form von Experimentalpraxis vorgesehen ist – diejenige nämlich, die Wissen über Ursachen erzeugt – und die folglich auch nur Erklärungen ermöglicht, in denen Ursache-Wirkungs-Wissen vermittelt wird. Damit zusammenhängend ist der Mechanistischen Konzeptualisierung vorzuwerfen, verschiedene Formen der physiologischen Modellanwendung und -konstruktion vollständig zu ignorieren, weshalb sie letztlich auch zu einem falschen Begriff physiologischen Wissens kommt.

Zur Durchführung des Projekts meiner Arbeit führte ich in Kap. 1 meinen philosophischen Ausgangspunkt ein. In Kap. 2 stellte ich die Mechanistische Konzeptualisierung vor und kritisierte sie in einigen Punkten. In Kap. 3-5 lieferte ich einen alternativen Vorschlag für die Konzeptualisierung der Physiologie, wobei ich mich auf die sehr grundlegenden Merkmale dieser Wissenschaft beschränkte.

Vor dem Beginn meiner Ausführungen warf ich in der Einleitung die Frage auf, warum überhaupt wissenschaftstheoretisch auf wissenschaftliche Praxis reflektiert werden sollte. Übereinstimmend mit den Vertretern der Mechanistischen Konzeptualisierung (den ‚Mechanisten‘) führte ich zwei Motivationen an. Erstens können Reflexionen dieser Art wissenschaftliche Praxis prinzipiell verbessern (wissenschafts-immanente Motivation). Die Erarbeitung eines klaren Begriffs einer wissenschaftlichen Praxis und ihrer Teilpraxen – also die Erstellung einer ‚Konzeptualisierung‘ der wissenschaftlichen Praxis – expliziert nämlich die Normen, nach denen diese Praxis bzw. ihre Teilpraxen zu vollziehen sind. Zweitens kann eine klare Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis zur Beantwortung weiterführender Fragen dienen (wissenschafts-transzendente Motivation). Der mit der Explikation der physiologischen Praxis gegebene klare Begriff des durch diese Praxis erzeugten Wissens ließe sich etwa in Begründungsdiskursen über Möglichkeit und Unmöglichkeit psychosomatischer Medizin fruchtbar machen. Andere Autoren zielen auf eine Bereicherung allgemeinerer philosophischer Diskurse: Aus der Tatsache des erfolgreichen Vollzugs einer klar konzeptualisierten Wissenschaftspraxis oder aus der Tatsache der erfolgreichen Anwendung ihrer Ergebnisse (etwa Theorien oder Modelle) könnten Folgerungen über die ‚grundlegende Beschaffenheit der Welt‘ gezogen werden. Theorienrealisten vertreten etwa die Ansicht, aus der erfolgreichen Anwendung wissenschaftlicher Theorien, die von theoretischen Konstrukten (wie Atomen) handeln, könne

man im Sinn eines Schlusses auf die beste Erklärung (für den Erfolg der Theorieanwendung) zur Annahme der Existenz dieser Entitäten übergehen.

In den Mechanistischen Texten wird in dieser Beziehung oft die zweifelhafte und unklare Ansicht suggeriert, die Konstitutionsrelation sei eine ‚reale‘ Abhängigkeitsrelation in dem Sinne, dass ihre Relata gleichzeitig stattfindende verschiedene Ereignisse sind. Einige Mechanisten stützen eine solche (wenn auch nicht derart explizit formulierte) ‚realistische‘ Interpretation der Konstitutionsrelation auf den offenkundig erfolgreichen Vollzug der Experimentalpraxis, die den einem physiologischen Phänomen ‚zugrunde liegenden‘ Mechanismus aufdeckt, sowie auf die offenkundig erfolgreiche Verwendung der KME. Wie ich bereits in der Einleitung schrieb, finden diese zweifelhaften Suggestionen ihren Grund vielleicht darin, dass die Relata der Konstitution – etwa das Verhalten eines Lebewesens und das sich Dehnen und Kürzen der Komponenten einer Gewebemaschine – offensichtlich nicht identisch sind.

Im ersten Teil von Kap. 1 stellte ich meinen ‚pragmatistischen‘ philosophischen Ausgangspunkt vor, um auf dessen Grundlage im zweiten Teil von Kap. 1 eine Methode für das Reflektieren auf wissenschaftliche Praxis zu begründen. Ich bezeichnete meinen Ausgangspunkt als ‚pragmatistisch‘, weil er von der lebensweltlichen (nicht-wissenschaftlichen) Gewissheit ausgeht, dass wir Handlungen vollziehen und diese uns selbst und anderen erfolgreich zuschreiben können. Als philosophischer Ausgangspunkt sieht er vor, Reflexionen auf Gegenstände, die in Handlungsvollzügen bestehen (wie etwa wissenschaftliche Praxis), in handlungstheoretischen Begriffen zu vollziehen. Dies gilt auch für die Handlungsart des Sprechens, die für meine Zwecke besonders zentral ist, da das Reflektieren auf wissenschaftliche Praxis in nichts anderem besteht als im Sprechen, und ferner auch die wissenschaftliche Praxis selbst (als Erkenntnispraxis) zu einem großen Teil im Sprachhandeln liegt.

Lebensweltlich²⁷³, so mein Ausgangspunkt in 1.1.1, machen wir alle einen Unterschied zwischen Handlungen und Widerfahrnissen von Lebewesen, indem wir ersteren stets zuschreiben, unterlassbar gewesen zu sein, letzteren hingegen nicht. Ferner pflegen wir Handlungen Zwecke zuzuschreiben, um derentwillen sie vollzogen werden. Ein vollständiger Handlungsvollzug kann als gelingend bezeichnet werden, während eine gelingende Handlung auch erfolgreich genannt werden kann, wenn durch sie der bezweckte Sachverhalt realisiert wird. Einem Handlungsschema (Handlungstyp) ist in der Regel zuschreibbar, personen-invariantes Mittel zu einem oder mehreren Zwecken zu sein. Diese bestehen im Einzelfall im Handlungsergebnis, also in dem Sachverhalt, der bei gelingendem Handlungsvollzug vorliegt (gegebenenfalls relativiert auf die Ausgangssituation der Handlung), oder in einer analytischen Handlungskon-

²⁷³ D.h. außerhalb von wissenschaftlichen Handlungskontexten.

sequenz (ein Sachverhalt, der durch eine analytische Implikation derjenigen Aussage ausgedrückt wird, die das Handlungsergebnis ausdrückt) oder aber in einer synthetischen Handlungskonsequenz (ein Sachverhalt, für den diese Implikationsbeziehung nicht gilt, wobei sich aber Sachverhalte dieses Typs regelmäßig ohne weiteres Zutun nach entsprechenden Handlungsergebnissen einstellen). Praxen bestimmte ich als komplexe, durch viele Handlungsschemata vermittelte Handlungsschemata, die Mittel zu (mindestens) einem Zweck sind und prinzipiell von mehreren Akteuren gemeinsam vollzogen werden können.

Im Anschluss an D. Hartmann und L. Wittgenstein fasste ich in 1.1.2 die durch Schemata der Laut- oder Figurenerzeugung vermittelten Sprachhandlungsschemata (wie Behaupten, Bitten, Auffordern, etc.) als Schemata auf, mit denen – in komplexen Sprachen *artikulierte* – etwas in dem Sinne angezeigt werden kann, als dass sich – im Falle des Erfolgs – im jeweiligen Handlungskontext praktische Konsequenzen ergeben. Die Aktualisierung des durch bestimmte Ausdrücke artikulierten Aufforderungsschemas kann etwa dazu führen, dass der Adressat etwas Bestimmtes tut („die Aufforderung befolgt“). Faktisch erlernen wir den Gebrauch von Artikulationsmitteln und -regeln (und somit auch verschiedene Sprachhandlungsschemata) in typischen, kulturkonstitutiven Handlungskontexten („Sprachspielen“), in denen wir gemeinsam mit anderen Akteuren durch das je nach Handlungskontexttyp spezifische Vollziehen charakteristischer „Züge“ (Sprachhandlungsschemata und ggf. auch nicht-sprachliche Handlungsschemata) einen gemeinsamen Zweck verfolgen. In solche Sprachspiele, wie etwa verschiedene Erklärungssprachspiele, Rechtfertigungssprachspiele, das Sprachspiel des Aufforderns und Befolgens, usf. sind wir alle täglich involviert. Es gibt Sprachspiele, die als Aktualisierung einer Sprachpraxis bezeichnet werden können, so etwa das Sprachspiel der rein sprachlichen Rechtfertigung (Argumentation) oder das Sprachspiel des Erklärens eines Verfahrens.

Um eine (klare) Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis zu erstellen, ist es erforderlich, die Eindeutigkeit des Sprechens (also des praktisch in den verschiedensten Hinsichten relevanten Anzeigens) zu steigern. Im Zentrum steht dabei die Eindeutigkeit und somit die Explikation derjenigen Artikulationsmittel (Ausdrücke), die Handlungen (inkl. Praxen) bezeichnen. Sind entsprechende Prädikatoren (bspw. der Prädikator „erklären“) in ihrer Verwendungsweise eindeutig normiert, sodass sie sehr gelingend verwendet werden können, so sind es auch die Prädikatoren für die Erzeugnisse, die gegebenenfalls als Ergebnis eines entsprechenden Handlungsvollzugs vorliegen (bspw. der Ausdruck „Erklärung“).

Der Methode zur Normierung von Ausdrücken legte ich einen Begriff der Explikation zugrunde, demzufolge eine solche in der Angabe einer eindeutigen Verwendungsweise des Aus-

drucks besteht, wobei beansprucht wird, die zentralen normalsprachlichen Bedeutungsbestandteile des Ausdrucks (die wesentlichen Merkmale seiner anzeigenden Funktion) einzufangen. Letztere können durch eine Analyse einschlägiger Sprachspiele ermittelt werden, wobei es bei Ausdrücken, die offensichtlich selbst für bestimmte Sprachspiele gebraucht werden (wie ‚Erklären‘ für das Erklärungssprachspiel bzw. die Erklärungssprachspiele) in erster Linie um die Analyse dieser bezeichneten Sprachspiele geht. Die Analyse entdeckt die in der Regel etwas unklaren *Verständnisse* des Ausdrucks, während der durch Explikation semantisch normierte Ausdruck einen (eindeutigen) *Begriff* repräsentiert.

In 1.1.3 führte ich vorbereitend auf die Begründung der Reflexionsmethode in 1.2 die Ausdrücke ‚deskriptiv‘ und ‚normativ‘ sowie ‚Beschreibung‘ und ‚Norm‘ ein. Normen explizierte ich als normative Sätze, die allgemein formuliert und relativiert auf das Bestehen einer bestimmten Ausgangssituation und das Verfolgen eines bestimmten Zwecks zum Vollzug einer Handlung auffordern. Der Begriff einer Praxis lässt sich folglich in berichtendem Modus geben (‚zunächst macht man ..., dann ...) oder als ein System aus Normen, die im auffordernden Modus über das korrekte Handeln informieren. Eine zweite Art normativer Sätze lokalisierte ich in den Aufforderungen dazu, einen bestimmten Zweck zu verfolgen.

Deskriptive Sätze im weiten Sinne (i.w.S.) bestimmte ich als diejenigen Sätze, in denen mittels einer Kopula eine Zuschreibung vorgenommen wird, also als Aussagen. Hierunter fallen auch fingierende Aussagen und Hypothesen. Deskriptive Sätze im engen Sinne (i.e.S.) bestimmte ich als die Aussagen, die durch die Praxis der Beschreibung erzeugt werden. Letztere explizierte ich als das Vornehmen von (kontextabhängig) relevanten, geltenden Prädikationen an einen konkreten Gegenstand auf der Grundlage der unmittelbaren Evidenz (der Anwesenheit des Gegenstands) oder einer mittelbaren Evidenz (einer anderen Beschreibung). Diese Prädikationen müssen insofern in ihrer Geltung ‚unproblematisch‘ sein, als dass sie von jedem kompetenten Sprecher der jeweiligen Kulturgemeinschaft gleich vollzogen würden – Beschreibungen basieren also nicht auf Schlüssen, Deutungen, o.ä. Allgemeine Beschreibungen von Gegenständen einer gewissen Klasse sind generalisierte Formen solcher Zuschreibungen, insofern sie – wenn auch nicht explizit – auf eine Menge jener ‚partikulären‘ Beschreibungen relativiert sind.

In 1.2 begründete ich eine auf 1.1 aufbauende Methode der Reflexion auf wissenschaftliche Praxis. Als Mittel zur Erreichung des eingangs genannten wissenschafts-immanenten und wissenschafts-transzendenten Zwecks müssen solche Reflexionen vor allem eine klare Konzeptualisierung der interessierenden wissenschaftlichen Praxis ermöglichen und darüber hinaus das Potenzial zu Verbesserungsvorschlägen enthalten. Aufbauend auf einer kritischen Diskussion

üblicher Ansichten zu den deskriptiven Reflexionen auf Wissenschaft (also Beschreibungen von Wissenschaft) (1.2.1) und zu den normativen, Verbesserungsvorschläge liefernden Reflexionen (1.2.2), begründete ich in 1.2.2 ein ‚gemischtes‘ Reflexionsprojekt. Dieses beginnt mit der Vorstellung eines interessanten (etwa erstrebenswerten)²⁷⁴ Zwecks S_{Zweck} , der offensichtlich zur interessierenden wissenschaftlichen Praxis Pr ‚passt‘. In Form von Mittel-Zweck-Reflexionen wird eine Praxis Pr' konstruiert, die Mittel zu S_{Zweck} ist, wobei zuvor (oder währenddessen) explizierte Begriffe für lebensweltlich bekannte Handlungsschemata (inkl. Praxen) zu verwenden sind, die aber um Zusatzbestimmungen ergänzt werden können, die aus der Zweckvorstellung folgen. Der so entstehende Begriff der Praxis Pr' (die so ‚konzeptualisierte‘ Praxis Pr') ist idealerweise auch als Normensystem anzugeben. In einem dritten Schritt wird die deskriptive Adäquatheit des Begriffs von Pr' geprüft, es wird geprüft, ob die als Pr bezeichneten wissenschaftlichen Unternehmungen unter den Begriff von Pr' fallen. Ist dies der Fall, ist Pr' eine Rekonstruktion der Praxis Pr – man verfügt dann über einen klaren Begriff von Pr . Lässt sich der Begriff von Pr' nicht vollständig auf Pr anwenden, können entsprechende Verbesserungsvorschläge für Pr formuliert werden.

In 1.3 formulierte ich die meiner Konzeptualisierung der physiologischen Praxis zugrunde gelegte Zweckvorstellung. Physiologische Praxis soll effizient Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen akkumulieren, das die grundlegenden Lebenserscheinungen betrifft, sodass es die Heil- und Kultivierungspraxis stützt. Ich verwies darauf, dass aufgrund des basalen Charakters meiner Reflexionen ein normalsprachliches (bzw. ‚bildungssprachliches‘) Verständnis von ‚Lebenserscheinungen‘ ausreichend ist. Effizient soll diese Wissensakkumulation erstens mit Blick auf die Anwendung und Lehre der akkumulierten Wissensbestände sein – diese Forderung lässt sich beispielsweise durch ein hohes Maß an Generalität des Wissens erreichen sowie durch irgendeine Form von zweckmäßiger Organisation. Zweitens lässt sich die Wissensakkumulation als effizient bezeichnen, wenn sie bzw. die Organisation des akkumulierten Wissens so gestaltet ist, dass sie weitere Akkumulation anregt, also produktiv ist.

Das zweite Kapitel, das der Darstellung (2.1 und 2.2) und Kritik (2.3) der Mechanistischen Konzeptualisierung diente, begann ich in 2.1 mit einem Blick auf die methodologischen Erörterungen von C. Craver, der den wesentlichsten und ausführlichsten Beitrag zu jener Konzeptualisierung leistete. Wie bereits angedeutet, formuliert auch Craver den wissenschafts-immanenten und den wissenschafts-transzendenten Zweck für Reflexionen auf wissenschaft-

²⁷⁴ Der Reflektierende kann auch den Versuch unternehmen, faktische wissenschaftliche Praxis als eine Praxis zu rekonstruieren, die Mittel zu einem Zweck ist, den er nicht für erstrebenswert hält.

liche Praxis. Auch er sieht die Herausarbeitung der Normen wissenschaftlicher (Teil-)Praxen als Mittel zur Erreichung des ersteren (und als eine Vorbereitung zur Erreichung des von ihm nicht primär verfolgten letzteren) an. Er setzt ebenfalls einen Zweck voraus, zu dem er physiologische Praxis als Mittel vorstellt – die Akkumulation von Manipulations- und Vorhersagewissen über Lebewesen zur Stützung der Heilpraxis. Meine Zweckvorstellung unterscheidet sich von derjenigen Cravers vor allem durch die beiden Effizienzforderungen, die ich allerdings als unkontrovers ansehe. Auch Craver gibt zu erkennen, dass ihm zufolge der Nutzen deskriptiver Reflexionen primär der Gewährleistung deskriptiver Adäquatheit von normativen Reflexionen dient, in denen die Normen wissenschaftlicher Teilpraxen gerechtfertigt werden sollen. Ein Problem lokalisierte ich darin, dass Craver keinen Vorschlag dazu unterbreitet, wie genau man im Falle einer konkreten Praxis – etwa der des Erklärens – zu den diese Praxis anleitenden Normen gelangen kann. In Kap. 1 hatte ich für diesen Teil der Reflexionsmethode die Herausarbeitung von lebensweltlichen Verständnissen der fraglichen Praxen vorgeschlagen, die wesentlich durch die Analyse derjenigen lebensweltlichen Sprachspiele zu leisten ist, in denen wir den die Praxis bezeichnenden Prädikator (bzw. verwandte Prädikatoren) gebrauchen, bzw. in denen wir etwas tun, was wir mit diesem Prädikator zu bezeichnen gewohnt sind.

Die Mechanisten, so verdeutlichte ich in den ersten beiden Unterabschnitten von 2.2, bezeichnen die in beiden Erklärungsformen (ÄME und KME) auftretenden Darstellungen von Mechanismen als Beschreibungen, eine Bezeichnung, die zu den Beispielen für Mechanistische Erklärungen passt, bei denen es sich um die üblichen ‚erzählerisch‘ verfassten (und durch Abbildungen gestützten) Lehrbuch-Darstellungen von Ereignissen an Molekülen, zellulären Bestandteilen, usf. handelt. Craver sieht in Übereinstimmung damit (bzw. zwecks Begründung dieser Ansicht, s.u.) in erklärenden Texten oder Graphiken Abbildungen der, wie er sich ausdrückt, objektiv vorliegenden Erklärungen (der wirklich ablaufenden Mechanismen).

In 2.2.3 und 2.2.4 erläuterte ich die Mechanistischen Begriffe der Kausal- und der Konstitutionsrelation, was auch eine Darstellung der zwei Formen experimenteller Praxen gestattete, die in der Mechanistischen Konzeptualisierung vorkommen. In Übernahme des Woodward’schen Manipulationistischen Kausalitätsverständnisses werden in ihr Kausalrelationen als Manipulierbarkeitsrelationen zwischen Ereignissen aufgefasst: Ereignisse, die im ‚Verhalten‘ φ_i von Dingen des Typs X_i bestehen, verursachen Ereignisse, die im ‚Verhalten‘ φ_j von Dingen des Typs X_j bestehen, genau dann, wenn sich reproduzierbar und unter Wahrung bestimmter Interventionsbedingungen ein Ereignis des letztgenannten Typs hervorbringen lässt, indem mittels einer Intervention ein Ereignis des erstgenannten Typs instanziiert wird.

Die Konstitution eines Verhaltens ψ einer Entität N (,N's ψ -ing') durch einen Mechanismus, der aus Entitäten X_1, X_2, \dots, X_n besteht, die sich auf je spezifische Weise $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ verhalten, fordert den Nachweis der konstitutiven Relevanz jedes X_i 's φ_i -ing für N's ψ -ing. Diese liegt vor, wenn X_i 's φ_i -ing ein raumzeitlicher Teil von N's ψ -ing ist und X_i 's φ_i -ing und N's ψ -ing wechselseitig manipulierbar sind: Durch eine Intervention in X_i 's φ_i -ing muss N's ψ -ing manipuliert (verändert) werden können und umgekehrt. Weil die Relata von Kausalrelationen nicht wechselseitig manipulierbar sein dürfen und zwischen ihnen ferner keine raumzeitliche Teilhabe vorliegen dürfe, verstehen die Mechanisten die Konstitutionsrelation als eine der Kausalität analoge Abhängigkeitsrelation zwischen Ereignissen (dies ist ein zentraler Grund für den Eindruck, es sei eine ,reale' Relation im genannten Sinne).

In Abschnitt 2.3, in dem ich einige Kritikpunkte an der Mechanistischen Konzeptualisierung formulierte, zog ich zunächst (in 2.3.1) die deskriptive Adäquatheit des Begriffs der Experimente zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen in Zweifel. Alle molekularen Mechanismen, die Ereignissen an Zellen ,zugrunde liegen' sowie alle Ereignisse an Geweben, die spezifische Verhalten von Lebewesen ,konstituieren', müssten dieser Konzeptualisierung zufolge in *in-vivo*-Experimenten an lebenden Zellen oder Lebewesen entdeckt werden. In faktischer physiologischer Praxis wird aber zum Zweck molekularer Erkenntnisse die Zelle in der Regel zuallererst aufgeschlossen (homogenisiert); dann wird mit den aus dem Homogenat gewonnenen Stoffen isoliert experimentiert, um schließlich die einzelnen Kausalerkenntnisse über die chemischen, molekularen Komponenten ,zusammenzufügen'. Auf analoge Weise, so argumentierte ich, verfährt man in der Erforschung von Ereignissen an Geweben, die spezifischen Verhalten von Lebewesen ,zugrunde liegen'. Ich illustrierte meine Einschätzung mit einem historischen Beispiel aus der molekularen Erforschung der Fermentation und einem Beispiel aus der muskelphysiologischen Forschung.

Im Rest von 2.3 kritisierte ich die begriffliche Bestimmung der von den Mechanisten als ,Mechanistische Erklärungen' bezeichneten Darstellungen als ,Beschreibungen', wobei ich einerseits eine methodische Kritik an Cravers Rechtfertigung dieser Bestimmung übte (2.3.2) und ferner auf inhaltliche Probleme hinwies, die mit ihr einhergehen (2.3.3). Ich bezog meine Kritik auf diese fundamentale Bestimmung beider Mechanistischer Erklärungsbegriffe, da durch diese – so meine Ansicht – die Rede über Konstitution erst Eingang in die Mechanistische Konzeptualisierung gefunden hat. Denn wenn wir etwas beschreiben, gehen wir davon aus, dass es existiert (s.o.). Wenn man nun im Rahmen der Erforschung eines Phänomens N's ψ -ing dieses Phänomen beschreibt und davon ausgeht, dass gleichzeitig noch ein zu beschreibender Mechanismus abläuft, muss man sich irgendwie zur Relation dieser beiden Gegen-

stände in der Wirklichkeit verhalten. Die Mechanisten begreifen diese Relation als eine der Kausalrelation analoge Abhängigkeitsrelation zwischen Ereignissen, die dem Begriff von Experimenten zur Entdeckung konstitutiver Relevanz erst einen Sinn verleiht (der Begründungsversuch der ‚realistischen‘ Auffassung der Konstitution vermittelt der impliziten Voraussetzungen der erfolgreichen Experimentalpraxis verläuft entsprechend umgekehrt).

Craver, so zeigte ich in 2.3.2, möchte die Bestimmung von Erklärungen als Beschreibungen offenkundig dadurch rechtfertigen, dass er für die Angemessenheit der Unterscheidung objektiver Erklärungen und (folglich nur noch abbildender, ‚beschreibender‘) erklärender Texte argumentiert. Da er seine Reflexionen nicht sprachphilosophisch fundiert (und daher keine Methode zur Begriffs- bzw. Normenbestimmung angibt), bleibt ihm nur die Betrachtung der Normalsprache, in der wir tatsächlich manchmal Dingen oder Ereignissen zuschreiben, Erklärungen zu sein (‚die kaputten Bremskabel erklären den Autounfall‘). Vor dem Hintergrund meiner sprachphilosophischen Auffassung aus Kap. 1 demonstrierte ich durch eine Untersuchung der anzeigenden Funktion solcher Ausdrucksweisen, dass sie als verkürzte Redeweisen (etwa von: ‚*man* kann den Unfall mit ... erklären‘) angesehen werden können.

Weiter beansprucht Craver, der Mechanistische Erklärungs-begriff ließe sich anhand eines bedeutenden Beispiels aus der Wissenschaftsgeschichte – den Publikationen von R. Katz und B. Miledi zur Rolle des Calciums an chemischen Synapsen – rechtfertigen. Da ihm keine andere Methode zur Verfügung steht als die Untersuchung der Verwendung von Ausdrücken wie ‚explain‘ und ‚explanation‘ in diesen Publikationen, führte ich eine solche Untersuchung durch, mit dem Ergebnis, dass sich fast keine Übereinstimmungen zum Mechanistischen Erklärungs-begriff finden lassen (insbesondere nicht hinsichtlich der Bestimmung von Erklärungen als Beschreibungen). Vielmehr verwenden Katz und Miledi jene Ausdrücke erstaunlich konsequent im Sinne des von C. G. Hempel und P. Oppenheim entworfenen deduktiv-nomologischen bzw. induktiv-statistischen Begriffs der Erklärung (‚DN/IS-Begriff‘), demjenigen Erklärungs-begriff also, der den Mechanisten zufolge in der Physiologie gar nicht anwendbar sei.

In 2.3.3 wies ich darauf hin, dass Mechanistische Erklärungen auch aus inhaltlichen Gründen keine Beschreibungen sein können. Erstens handeln alle Darstellungen molekularer Mechanismen von Entitäten, die gar nicht beobachtbar und daher auch nicht beschreibbar sind. Doch auch die Mechanismen an Zellen oder Geweben (etwa der dem Patellarsehnenreflex ‚zugrunde liegende‘ Mechanismus) werden von niemandem beobachtet und beschrieben. Solche Darstellungen scheinen vielmehr aus der ‚Zusammensetzung‘ vieler Einzelerkenntnisse hervorzugehen, die experimentell an isolierten Teilen erzielt werden. Zweitens wies ich darauf hin,

dass auch dem von den Mechanisten akzeptierten Manipulationistischen Kausalitätsverständnis zufolge Kausalwissen in Subjunktionen ausgedrückt wird, in denen über Zeitpunkte allquantifiziert wird. Solche Aussagen können aber nicht in (allgemeinen) Beschreibungen nach 1.1.3 auftauchen, da sie sich auch auf Zukünftiges beziehen, allgemeine Beschreibungen aber immer auf partikuläre Beschreibungen relativiert sind.

In Kap. 3-5 stellte ich meine alternative Konzeptualisierung der Grundzüge physiologischer Praxis vor, wobei die Kap. 3 und 4 viele Merkmale betrafen, die die physiologische Praxis auch mit anderen Praxen teilt, weshalb ich hier teilweise schlicht von der Konzeptualisierung wissenschaftlicher Praxis sprach. In Kap. 3 widmete ich mich – entsprechend meiner in Kap. 1 begründeten Methode – der Frage, durch welche Praxis Manipulations- und Vorhersagewissen lebensweltlich erzeugt werden kann (3.1), um anschließend zu prüfen, ob zusätzliche Bestimmungen dieser Praxis die Einlösung der wissenschaftlichen Effizienz-Ansprüche gestatten (3.2). Meine Argumentation in 3.1 lief folgendermaßen: Gemäß unserem lebensweltlichen Verständnis von ‚Ursache‘ und ‚Wirkung‘ muss das Eintreten der Ursache zum Eintreten ihrer Wirkung führen, weshalb der Besitz von Ursache-Wirkungs-Wissen den Besitz von Manipulations- und Vorhersagewissen impliziert. Ich argumentierte dafür, den Gehalt dieser ‚Erzwingungsrelation‘ als kontrafaktischen Gehalt zu verstehen: Eine Subjunktion $\forall t((t \varepsilon S_{\text{Bed}} \ \& \ t \varepsilon S_1) \rightarrow (t + \tau) \varepsilon S_2)$ ist ein Kausalgesetz, d.h. das Eintreten eines Ereignisses des Typs S_1 zu einem Zeitpunkt t verursacht das Eintreten eines Ereignisses des Typs S_2 zum Zeitpunkt $t + \tau$ in Bedingungen des Typs S_{Bed} genau dann, wenn in Bedingungen vom Typ S_{Bed} , in denen faktisch weder S_1 noch S_2 realisiert ist, S_2 instanziiert sein würde, würde (zuvor) S_1 instanziiert sein.

Dann diskutierte ich drei Vorschläge für Methoden, kontrafaktische Konditionale dieser Art zu bestätigen. D. Lewis‘ Vorschlag lehnte ich im Kontext meiner Arbeit ab, da ihm zufolge in der Bestätigungsprozedur auf wissenschaftliches Gesetzeswissen (und somit auf Kausalwissen) bereits zurückgegriffen werden muss (3.1.1). J. Mackies Ansatz des ‚Analogisierenden Imaginierens‘ lehnte ich ab, weil er es nicht gestattet, nicht-kausale Regularitäten von kausalen Regularitäten zu unterscheiden (3.1.2). In 3.1.3 fällte ich die begründete Entscheidung zugunsten des Ansatzes von G. H. v. Wright, demzufolge die lebensweltlich bekannte Praxis des Experimentierens (‚Herumexperimentierens‘) ein geeignetes Mittel ist, die infrage stehenden kontrafaktischen Aussagen zu bewähren. Ich arbeitete ein Normensystem für das (lebensweltliche) Experimentieren aus (vgl. Box 5 in 3.1.3) und argumentierte in 3.1.4 gegen übliche Einwände gegen den von v. Wright vertretenen ‚handlungsbasierten‘ Interventionismus. Hier wies ich

auch auf einige Probleme von Woodward's Ansatz hin, der von Interventionen nicht zwingend fordert, dass sie (Experimental-)Handlungen sind (was ‚Intervention‘ zur Metapher macht).

In 3.2 widmete ich mich zum ersten Mal der Frage, ob die wissenschaftlichen Effizienzforderungen durch Zusatzbestimmungen der Experimentalpraxis oder durch die Ergänzung dieser Praxis durch eine weitere Praxis eingelöst werden können. Die Effizienz wissenschaftlichen Wissens für Anwendung und Lehre kann auf jeden Fall durch eine hohe Generalität des Wissens gesteigert werden (da dadurch die Gesetzesmenge reduziert wird). Dieses Merkmal besitzt der Begriff des lebensweltlichen Experimentalwissens nicht, da es – zwar allquantifiziert über Zeitpunkte – dennoch von konkreten Einzeldingen oder unnötig eng gefassten Dingklassen handeln kann. Neben der semantischen Forderung, auf Ausdrücke für individuelle Gegenstände zu verzichten, wies ich auf die Möglichkeit hin, sehr generelle Kausalgesetze mittels experimenteller Relevanzprüfungen zu erzeugen: Durch vergleichendes Experimentieren mit Kontrollgruppen lassen sich im Antecedens des Kausalgesetzes alle für das Eintreten der Wirkung (oder bestimmte interessante Varianten des Wirkungseignisses) irrelevanten Situationsbestimmungen identifizieren (und gegebenenfalls streichen). Im Zusammenhang mit diesem Begriff des wissenschaftlichen Experimentierens stellte ich auch den Begriff des statistischen (Kausal-)Gesetzes vor. In diesen Gesetzen wird das der Ursache in bestimmten Bedingungen folgende Eintreten der Wirkung mit einer quantifizierten Wahrscheinlichkeit versehen. Hier dienen Relevanzprüfungen auch der Identifikation von Situationsbestimmungen, deren An- oder Abwesenheit diesen Wahrscheinlichkeitswert ändern.

Ein hohes Maß an Generalität macht wissenschaftliches Wissen allerdings noch nicht produktiv; ferner wäre zur Stützung von Anwendung und Lehre noch irgendeine Form der zweckmäßigen Organisation des Wissens wünschenswert, denn auch sehr allgemeines Wissen kann schlicht in Form von unüberschaubaren und ungeordneten Listen vorliegen. In 3.2.2 wies ich darauf hin, dass manche Wissenschaften diese noch verbleibenden Forderungen durch die Formulierung von Theorien einlösen, wobei ich – auf der Grundlage der in 3.2.1 rekonstruierten Merkmale von Wissenschaft – die Grundzüge eines Begriffs der wissenschaftlichen Theorie rekonstruierte, der auf dem syntaktischen Theorienverständnis des Logischen Empirismus aufbaut und einige Neuerungen enthält, die wesentlich auf Ausführungen von D. Hartmann zurückgehen. Eine Theorie bestimmte ich dort als Zusammenfassung des wissenschaftlichen Wissens über einen Gegenstandsbereich, der historisch aus der Lebenswelt bekannt ist (wie das Verhalten der Lebewesen) oder durch instrumentelle Anwendung erschlossen wird (wie der der Gewebe, der der Zellen und zellulären Bestandteile oder der der Biomoleküle). Zu Anwendungs- und Lehrzwecken sollte man beim Erstellen von Theorien bestrebt sein, unter

Verwendung der gegenstandsbereichsspezifischen Detektionsmethode(n) (Mikroskopie für den Bereich der Zellen bzw. zellulären Bestandteile, chemische Nachweisverfahren für den der Biomoleküle, usf.) alle kausalen Regularitäten (Phänomene) des Gegenstandsbereichs experimentell zu erforschen und alle kausal für Ereignisse im Gegenstandsbereich relevanten Faktoren ausfindig zu machen (diese lassen sich als Zustände oder Ereignisse der Entitäten des Gegenstandsbereichs darstellen). Diese Bestrebungen werden maßgeblich durch die Ausarbeitung und ständige Verbesserung eines klassifikatorischen Systems (einer Zerlegung) der Entitäten des Bereichs auf verschiedenen Generealitätsebenen erreicht, sowie durch die Assoziation einer Prädikatorenmenge an jeden klassifikatorischen Terminus für eine Entität, die alle und nur die Zustands- und Ereignisprädikatoren umfasst, die Entitäten der jeweiligen Klasse zukommen können. Die Termini des klassifikatorischen Systems zu einem Gegenstandsbereich müssen auf der Grundlage der Anwendung der gegenstandsbereichsspezifischen Detektionsmethode(n) zuschreibbar (und damit auch lehr- und lernbar) sein. Die Ausarbeitung eines solchen Systems ist von experimenteller Erfahrung abhängig – dies impliziert, dass alle Interventionsereignisse, die sich als kausal relevant für Ereignisse in einem Gegenstandsbereich erweisen, auch in der Terminologie dieses Gegenstandsbereichs darstellbar sind (,Bestrahlung durch Licht‘ gehört etwa zum klassifikatorischen System für den Gegenstandsbereich der Zellen bzw. zellulären und extrazellulären Bestandteile).

Ich wies darauf hin, dass sich klassifikatorische Systeme als sinnvoll bezeichnen lassen, insofern sie Wissensbestände zu einem gewissen Grad zweckmäßig zu organisieren gestatten und sie sogar produktiv machen können (wobei sie beides nur in sehr geringem Maße leisten). In diesem Sinne können physiologische Theorien (die im Wesentlichen aus Gesetzesaussagen bestehen, die von den Zuständen und Ereignissen an den klassifizierten Entitäten handeln) über das Verhalten von Lebewesen, über die Geschehnisse an Geweben, über die Geschehnisse an Zellen und ihren Bestandteilen sowie über die Geschehnisse an Biomolekülen formuliert werden. ‚Theorie‘ ist hier aber in einem sehr weiten Sinne zu verstehen, denn eigentlich werden unter Theorien *axiomatisierte Aussagensysteme* verstanden, d.h. kleine Mengen von sehr generellen Grundgesetzen, aus denen (unter Hinzunahme von Hilfsprämissen) alle spezielleren Gesetze über den Gegenstandsbereich abgeleitet werden können. Damit wird ein Höchstmaß an zweckmäßiger Organisation erreicht, ferner sind solch richtige Theorien sehr produktiv, da sie die Ableitung noch ungeprüfter Gesetzesaussagen gestatten. Ihre Produktivität kann dabei maßgeblich durch die Einführung theoretischer Terme gesteigert werden, die in der Regel zur Formulierung der Axiome dienen. Theoretische Terme beziehen sich auf theoretische Entitäten wie Atome oder Ionen, die sich der unmittelbaren Erfahrung entziehen. Obgleich

sich Wissenschaftler diese im kreativen Prozess der Theoriebildung als Entitäten mit bestimmten Eigenschaften vorstellen (was in der Regel konkrete Experimente veranlasst und somit höchst produktiv ist), lassen sie sich in der ‚fertigen‘ Theorie nur indirekt charakterisieren, nämlich über die detektierbaren und messbaren Effekte, denen sie in bestimmten Subjunktionen der Theorie, den sog. Zuordnungsregeln, assoziiert werden.

Neben der geringen Organisationsleistung und der geringen Produktivität, die den allein im weiten Sinne von ‚Theorie‘ zu verstehenden physiologischen Theorien über die vier physiologischen Gegenstandsbereiche zuzuschreiben ist, unterläge der Einbezug des Begriffs der Theorie in eine Konzeptualisierung der Physiologie noch dem Problem, dass er deskriptiv nicht adäquat wäre. Obwohl Kausalwissen über die Ereignisse in jedem der vier Gegenstandsbereiche vollkommen unabhängig von Ereignissen der anderen Bereiche akkumuliert werden *könnte*, wird dies faktisch nicht getan. Ferner wird das Wissen über die Bereiche in Lehrwerken immer integriert dargestellt und auch bei der Anwendung physiologischen Wissens wird über Entitäten und Ereignisse aus verschiedenen Gegenstandsbereichen gesprochen (man denke an eine Manipulationsplanung durch Medikamenten-Gabe: Der dem *Patienten* oral verabreichte Feststoff wird sich im *Magen* oder *Darm* auflösen, durch die *Darmepithelien* ins *Blut* gelangen, aus welchem er in bestimmte *Zellen* aufgenommen werden wird, wo die *Wirkstoff-Moleküle* spezifisch ein bestimmtes *Enzym* binden werden – man bezieht sich hier auf alle vier physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche).

Nach Kapitel 3 stand demnach noch die Bewältigung folgender Aufgaben an: Meine alternative Konzeptualisierung der Physiologie verlangte nach einer weiteren Praxis, die dem akkumulierten physiologischen Wissen eine zweckmäßigere Form in Bezug auf Anwendung und Lehre verleiht und die Produktivität dieses Wissens bzw. der Forschung steigert. Dabei war die deskriptive Adäquatheit einer entsprechend ergänzten Konzeptualisierung natürlich wünschenswert. Hinsichtlich meiner Kritik an der Mechanistischen Konzeptualisierung war noch ein konkreter begrifflicher Alternativvorschlag für die Experimente zur Entdeckung von Konstitutionsrelationen sowie für die KME zu liefern. Insbesondere letzteres erforderte eine Lokalisierung des Begriffs der Erklärung in meiner Konzeptualisierung. Diesem wendete ich mich in Kap. 4 zu, um mich darauf aufbauend in Kap. 5 mit den übrigen Fragen zu befassen.

In Kap. 4 bestimmte ich gemäß meiner in Kap. 1.2 begründeten Reflexionsmethode zunächst die verschiedenen lebensweltlichen Erklärungs-begriffe (4.1), um anschließend die Frage nach den für die Physiologie relevanten Begriffen *wissenschaftlicher* Erklärung zu beantworten (4.2). Ich kam zu dem Ergebnis, dass sich drei Arten lebensweltlicher Erklärung in der Physiologie ein Sinn geben lassen könne, nämlich allen sog. Kausalerklärungen: In einer Genese-

Erklärung durch Ursachenangabe (GEU) für die Tatsache A ist die Tatsache B anzuführen, deren Eintreten A verursachte. In einer Allgemeinen Kausalerklärung dafür, dass Sachverhalte (bzw. Situationen) des Typs S überhaupt manchmal auftreten, sind all diejenigen Kausalgesetze anzugeben, deren Succedens impliziert, dass eine Situation vom Typ S vorliegt. In der Erklärung einer Kausalrelation, also einer Erklärung dafür, warum die in einem Kausalgesetz $\forall t((t \in S_{\text{Bed}} \ \& \ t \in S_1) \rightarrow (t + \tau) \in S_2)$ ausgedrückte Kausalrelation besteht, ist eine Sequenz von Kausalgesetzen anzugeben, die von Ereignissen handeln, welche zwischen $t \in S_1$ und $(t + \tau) \in S_2$ eintreten und sie kausal verknüpfen. Während GEU, so meine Rekonstruktion, dem Zweck dienen, entscheidende Information über ein je nach den eigenen Zwecken richtiges Forthandeln in Bezug auf A zu vermitteln (denn dazu kann Wissen über die spezifische Ursache von A entscheidend sein), dienen Erklärungen der letztgenannten Arten dem Erwerb bzw. der Verfeinerung von Manipulations- und Vorhersagewissen. Um als wissenschaftliche (physiologische) Erklärungen gelten zu können, müssen Erklärungen der beiden letztgenannten Art wissenschaftliches Wissen ausdrücken. Für GEU muss gelten, dass sie (d.h. die in ihnen ausgesagten Kausalbehauptungen) mit Hilfe wissenschaftlicher Kausalgesetze begründet werden können.

Keiner der lebensweltlichen Erklärungs-begriffe sah den Bezug auf einen ‚zugrunde liegenden‘ Mechanismus zum Zweck der Erklärung eines Ereignisses vor. Für eine Rekonstruktion des Begriffs der KME ließ sich also kein Ansatzpunkt erkennen. Dasselbe musste für die ÄME festgestellt werden: Keine der Kausalerklärungen besitzt die Form einer Beschreibung. Dies gilt insbesondere auch für die GEU, die in der Angabe der Ursache natürlich eine Beschreibung enthalten kann. Denn der für die Erklärung wesentliche Teil einer GEU besteht in der Vermittlung von Ursachenwissen, bei dem es sich nicht um Beschreibungswissen handelt. Darüber hinaus findet in GEU niemals Bezug auf einen Mechanismus statt, sondern immer nur auf *die* Ursache.

Lediglich die lebensweltlichen Maschinenfunktionserklärungen besitzen eine gewisse Ähnlichkeit mit den KME und auch mit den ÄME. Auf Grundlage des von mir akzeptierten Begriffs der Maschine, demzufolge Maschinen Geräte sind, an denen durch eine (oder verschiedene) spezifische Handlungen der Inbetriebnahme ein bestimmtes (oder mehrere bestimmte) Leistungsereignisse instanziiert werden können (die in der Zwangsführung einer Bewegung bestehen), kann angesichts einer bestimmten Maschine stets eine Erklärung dafür verlangt werden, wie sie funktioniert. Die Erklärung besteht in einer sprachlichen oder zeichnerischen Skizze des Bauplans der Maschine sowie in einer oft ‚erzählerisch‘ verfassten Information über die Ereignisse an ihren Komponenten: Ein spezifisches Ereignis an einer Komponente

(Inbetriebnahme) verursacht vermittelt über Ereignisse an anderen Komponenten letztlich das ‚Leistungsereignis‘ an einer oder mehreren Komponenten. Maschinenfunktionserklärungen sind also besondere Fälle von Erklärungen von Kausalrelationen.

In den verbleibenden Unterabschnitten von 4.2 argumentierte ich zunächst dafür, dass Erklärungen, die unter die drei zuvor bestimmten Begriffe der Kausalerklärung fallen, entgegen dem üblichen ‚pragmatischen‘ Erklärungsverständnis nicht empfängervariant sind (4.2.2). In 4.2.3 verteidigte ich diese Erklärungs-begriffe gegen übliche Einwände, die historisch gegen den DN/IS-Begriff der Erklärung vorgebracht wurden. Dieser Schritt war insofern systematisch wichtig, als dass sich viele Autoren *aufgrund* dieser Kritik vom DN/IS-Begriff abgewendet und den Mechanistischen Erklärungs-begriff akzeptiert hatten. Indem ich zeigen konnte, dass meine Erklärungs-begriffe dieser Kritik entgehen, legte ich also eine Alternative zu dem Mechanistischen Erklärungs-begriff offen.

In Kap. 5 bestimmte ich gemäß meiner Reflexionsmethode zunächst zwei lebensweltliche (handwerkliche) Begriffe der Modellanwendung und -konstruktion (5.1) und rekonstruierte auf dieser Grundlage vier Begriffe physiologischer Modellanwendung und -konstruktion (5.2). Diese gestatteten es – aufbauend auf bzw. im Verbund mit dem Begriff der Praxis des klassifikatorischen Zerlegens aus 3.2.2 – eine spezifische Form der zweckmäßigen Wissensorganisation und Produktivität in der Physiologie zu begründen. Eine um jene Begriffe ergänzte Konzeptualisierung konnte auch als deskriptiv adäquat bewertet werden – sie schuf insbesondere eine begriffliche Grundlage für den in faktischer Physiologie üblichen integrierten Bezug auf verschiedene Gegenstandsbereiche in Forschung, Lehre und Anwendung. In 5.3 zeigte ich schließlich auf, dass in meiner auf diese Weise ergänzten Konzeptualisierung der Physiologie weder der Begriff einer speziellen Experimentalpraxis zur Erzeugung von Konstitutionswissen noch der Begriff der KME nötig ist.

In Architektur und Baukunst, auf die die Praxis des Modellierens zurückgeht, unterschied ich in 5.1 mit Bezug auf R. Lange zwei Begriffe von Modellanwendung und -konstruktion und damit zwei Typen von Modellen: ‚Abbildliche‘ Modelle dienen dazu, Wissen über komplexe Zusammenhänge oder Gegenstände anschaulich und übersichtlich verfügbar zu machen (Bsp.: Modell von einer Stadt, Architektur-Modell). Vorbildliche Modelle sind Gegenstände, von denen Vorschriften zur Konstruktion anderer Gegenstände abgeleitet werden (Modell für die Kuppel der Kathedrale von Florenz). Gegenstände, so stellte ich fest, werden erst durch ihren entsprechenden Gebrauch zu einem mehr oder minder gut geeigneten Modell von oder für etwas. Dies impliziert, dass sie keine konstruierten Gegenstände sein müssen und dass derselbe Gegenstand in unterschiedlichen Kontexten sogar als abbildliches und als vorbildliches

Modell dienen kann. Ich verwies ebenfalls auf die Möglichkeit, Ereignisse oder Verläufe abbildlich zu modellieren (etwa durch Verlaufsskizzen oder Computeranimationen).

In 5.2.1 rekonstruierte ich den Begriff des Experimentalmodells. Unter solchen verstehen wir üblicherweise Gegenstände, an denen stellvertretend für andere Gegenstände experimentiert wird. Dabei bewähren wir Herstellungswissen über den Modellgegenstand: Wenn an diesem ein Sachverhalt (des Typs) S_1 realisiert wird (durch Starten des Experiments) dann wird ohne Zutun ein Sachverhalt S_2 (Experimentalergebnis) an ihm eintreten. Man beansprucht, dass dieser Zusammenhang ebenfalls von Gegenständen G gilt, für die das Modell veranschlagt wird. Das Modellsystem, an dem Sachverhalt S_1 realisiert ist, dient damit potenziell als Vorbild für die Herstellung eines entsprechenden Zustands an Gegenständen G , welche dann vorzunehmen ist, wenn an einem G ein Sachverhalt des Typs S_2 realisiert werden soll. Da Herstellungswissen dieser Art dem handlungsbasierten Interventionismus zufolge Kausalwissen ist, dienen Experimentalmodelle der Ermittlung von Kausalwissen über andere Gegenstände. Weil Modelle nicht konstruiert sein müssen, lassen sich auch Modellorganismen als Experimentalmodelle begreifen.

In 5.2.2 bestimmte ich unter Referenz auf Lange den Begriff einer bestimmten Klasse physiologischer Forschungsmodelle – den der Maschinen-Modelle. Auf Grundlage des oben gegebenen Begriffs der Maschine kann mit Lange von der Organisation einer Maschine als der Gesamtheit der leistungsrelevanten Relationen zwischen ihren Komponenten (Bauteilen) gesprochen werden (die Organisationsangabe impliziert also auch Aussagen über die spezifischen kausalen Relationen zwischen Ereignissen an den Bauteilen). Organisationen können verschieden spezifisch angegeben werden, außerdem lassen sie sich typisieren. Sehr allgemeine Organisationstypen sind der kybernetische Organisationstyp (der die üblichen Komponenten eines Regelkreises umfasst) und der mechanische (der nicht-kybernetische, keine Rückkopplung vorsehende) Organisationstyp.

Biologische Untersuchungsgegenstände sind keine Maschinen und deshalb ist ihnen auch keine Organisation zuzusprechen. Ein Experimentalaufbau, der aus Apparaten und einem biologischen Untersuchungsgegenstand besteht, an dem ein Phänomen zumindest in Ansätzen reproduzierbar ist, kann dagegen als Maschine aufgefasst werden, in die eine organische Komponente ‚eingebaut‘ ist. Folglich lässt sich der Zweck verfolgen, in der Konstruktion von Experimentalaufbauten eine bestimmte Organisation zu realisieren, deren Typ oder einzelne Merkmale derer aus dem Bereich der Organisation technischer Maschinen stammen, wodurch Maschinenorganisationen als vorbildliche Modelle in der Konstruktion von Experimentalaufbauten genutzt werden. Das bedeutet unter anderem, dass für die ‚organische Komponente‘

bestimmte Funktionsnormen festgesetzt werden – diese Komponente *soll* im Kontext der Maschine etwas Bestimmtes leisten, und entsprechend diesen Normen lassen sich Störungen im Experimentalablauf beseitigen, lässt sich die Auswahl und Präparation der organischen Komponente verbessern, lässt sich insgesamt die Maschine Experimentalaufbau möglichst gut ‚ans Laufen‘ bringen. Noch auf eine zweite Art wird die experimentelle Erforschung des Untersuchungsgegenstands durch das vorbildliche Modell (oder die vorbildlichen Modelle) aus dem Bereich der Maschinenorganisationen angeleitet: Weil jede selbst aus Komponenten bestehende Komponente einer Maschine ebenfalls als Maschine mit einer bestimmten Leistung verstanden und im Bauplan in ihrer Komponentenstruktur dargestellt werden kann, lässt sich auf der Grundlage einerseits bereits bekannter, andererseits bislang vielleicht nur hypothetisch spezifizierter Teile des biologischen Untersuchungsgegenstands im Bauplan des Experiments eine hypothetische Organisation für denselben spezifizieren – bezogen auf seine ‚Leistung‘, als die das an ihm experimentell reproduzierte Phänomen interpretiert wird. Aus dieser Organisationshypothese folgen negative sowie positive Kausalaussagen über Ereignisse an den Teilen des Untersuchungsgegenstands, die nach seiner Zerstörung isoliert in eigenen Experimenten bewährt (oder falsifiziert) werden können. Das Spezifizieren von Organisationshypothesen wird besonders durch das Erstellen eines klassifikatorischen Systems über denjenigen Gegenstandsbereich gestützt, dessen Entitäten als ‚Bauteile‘ verwendet werden sollen, da ein solches System eine Übersicht über alle Konstruktionsmittel verschafft. Das Erstellen des Systems klassifikatorischer Unterscheidungen geschieht dabei aber (wie bereits aus 3.2.2 hervorgeht) *im Zuge* der experimentellen Erforschung des Untersuchungsgegenstands und daher *entsprechend* seiner durch Maschinenorganisationen angeleiteten Erforschung.

In der Forschung wird versucht, der Zwangsführbarkeit von maschinellen Leistungsereignissen durch die Erlangung einer möglichst präzisen Kontrolle des im Experimentalaufbau relevanten Phänomens am biologischen Untersuchungsgegenstand Rechnung zu tragen. Ferner impliziert das bei der Bewährung einer Organisationshypothese etablierte Wissen über Kausalrelationen an aus dem Untersuchungsgegenstand herstellbaren Teilen noch spezifischeres Wissen zur Kontrolle des Phänomens (es kann beispielsweise zur Begründung ganz neuer Interventionsmöglichkeiten dienen). Die Verwendung von Forschungsmodellen aus dem Bereich der Maschinenorganisationen führt also leicht zum Gewinn eines ausgesprochen hohen Maßes an Manipulations- und Vorhersagewissen über (ansatzweise) reproduzierbare Phänomene an biologischen Untersuchungsgegenständen und ist damit vor dem Hintergrund der in 1.3 formulierten Zweckvorstellung gerechtfertigt. Sie steigert dabei die Produktivität physiologischer Forschung auf verschiedene Weise – in erster Linie dadurch, dass sie nach der Wahl

eines dem ersten Anschein nach passenden aber noch unspezifizierten Modells *auf der Grundlage technischen Wissens* Forschungsfragen, und zwar *konkrete* Forschungsfragen der Art ‚Wie könnte die organische Komponente konstruiert sein?‘ ermöglicht. Der Einbezug dieses Begriffs der Modellanwendung in die Konzeptualisierung der Physiologie ist darüber hinaus nicht nur deshalb deskriptiv adäquat, weil sich tatsächlich etliche Beispiele dafür in der Physiologie und Physiologie-Geschichte finden lassen. Er impliziert ebenfalls den gleichzeitigen Bezug auf *verschiedene* der vier physiologisch relevanten Gegenstandsbereiche während der Forschung. Ein Gewebe kann nun beispielsweise in Bezug auf seine ‚Leistung‘ in einem Lebewesen erforscht und selbst durch eine Organisationshypothese spezifiziert werden, die von Zellen oder von zellulären und extrazellulären Komponenten handelt.

Aus der Bewährung einer Organisationshypothese folgt allerdings nicht, so argumentierte ich, dass der biologische Untersuchungsgegenstand eine Maschine dieser Organisation ist. Erstens ist er nicht konstruiert und er erzeugt auch keine zwangsföhrbaren Bewegungen. Zweitens bezieht sich eine Organisationshypothese nie auf den Gegenstand als solchen, sondern stets auf den Gegenstand, insofern er als Erbringer einer bestimmten Leistung interpretiert wird (obgleich Organisationshypothesen zu verschiedenen Leistungen desselben Gegenstands integriert werden können). Drittens lässt sich für Maschinen immer eine vollständig spezifizierte Organisationsangabe *verifizieren* (da sie ja entsprechend konstruierte Geräte sind). Dies gilt nicht für die (durch Integration verschiedener Organisationshypothesen formulierte) Organisationshypothese zu einem biologischen Untersuchungsgegenstand. Denn jede Organisationshypothese zu einem solchen Gegenstand behält einen hypothetischen Status, der dem der theoretischen Terme in physikalischen Theorien ähnelt: Sie wurde bzw. wird allein indirekt über die logisch aus ihr folgenden Kausalaussagen bewährt – aus der Bewährtheit der Kausalaussagen folgt aber logisch nicht eine bestimmte, vollständig spezifizierte Organisationshypothese.

In 5.2.3 führte ich zwei sich in ihrer Anwendung oft überschneidende Begriffe des Lehrmodells ein. Der erste ähnelt dem Begriff des Logisch-Empiristischen formalwissenschaftlichen Modells einer (physikalischen) Theorie: Bei diesem handelt es sich um eine alternative semantische Interpretation der einer Theorie zugrunde liegenden logischen Struktur (der ‚anonymisierten‘ Formelmengende, die aus den Aussagen einer Theorie erstellt werden kann). Sie ist alternativ, indem in ihr die in der Theorie semantisch nur indirekt über Zuordnungsregeln charakterisierten theoretischen Termen direkt interpretiert werden, wodurch ein System charakterisiert (‚gesetzt‘) wird, das aus theoretischen Entitäten (theoretischen Konstrukten) besteht, die als bestimmte Gegenstände vorgestellt werden (anstelle eines Gases spricht man etwa von

einer Menge kleiner, kugelförmiger Körper, die sich schnell bewegen). Diese Form der Modellkonstruktion – das Reden über den Untersuchungsgegenstand in einer Modell-Semantik – kommt vor allem in biologischen Lehrwerken zum Tragen, in denen uns (oft auf der Grundlage der Integration der Organisationshypothesen zu verschiedenen ‚Leistungen‘ am gleichen Untersuchungsgegenstand) die Organisationen ‚organischer Maschinen‘ präsentiert werden. Die in ihrer allein indirekten Prüfbarkeit und ihrem folglich stets hypothetischen Charakter wurzelnde Ähnlichkeit zwischen theoretischen Termen und den hier besprochenen Organisationshypothesen ermöglicht also eine ähnliche Form der Modellkonstruktion (und diese lässt sich auch für den physiologischen Fall gut begründen, s.u.).

Die zweite Form des Lehrmodells ähnelt den in den Schriften mancher Logischer Empiristen differenzierbaren ikonischen Modellen, also allgemein bekannten Gegenständen, auf die sich die formalwissenschaftlichen Modelle zur Veranschaulichung beziehen lassen (etwa ein Billardtisch zur Veranschaulichung des Kugel-Modells von Gasen). Neben Modellen von Entitäten (bspw. dem Plastikmodell einer Doppelhelix oder einer entsprechenden zeichnerischen Darstellung) fallen in diese Klasse insbesondere auch die Verlaufsmodelle, d.h. die graphisch und ‚erzählerisch‘ dargebotenen Charakterisierungen von Verläufen an Geweben, Zellen bzw. zellulären Bestandteilen und Molekülen, die sich überall in biologischen Lehrwerken finden. Sie ermöglichen dem Rezipienten die Fiktion eines Verlaufs, dem er ‚zuschauen‘ kann, als würde er vor ihm ablaufen. Sie erfüllen so eine jenen allgemein bekannten Gegenständen vergleichbare, illustrative Funktion: Das als Modell gesetzte System (in der Idealen Gastheorie: die sich schnell bewegenden, kugelförmigen, elastisch aneinanderstoßenden Körper in einem Behälter, in der Physiologie: die organische Maschine) wird – zumindest in Teilen – am ikonischen Modell veranschaulicht (dort das Bewegungsverhalten durch das Schießen der Billardkugeln gegeneinander und gegen die Banden, hier das Arbeiten der Maschine durch das Imaginieren der Komponentenbewegungen auf Grundlage der Verlaufsskizzen).

Ikonische Modelle werden in der Physiologie also als Mittel genutzt, die Baupläne und das ‚Arbeiten‘ organischer Maschinen darzustellen. Bei der solchermaßen gestützten Charakterisierung organischer Maschinen handelt es sich um eine Art der zweckmäßigen Organisation physiologischen Wissens, denn anstatt über Maschinen zu sprechen (und deren Arbeiten bildlich zu charakterisieren) könnten auch schlicht Unmengen von Kausalgesetzen angegeben werden, die sich auf Ereignisse an aus Lebewesen herstellbaren Teilen beziehen, und die strenggenommen das einzige Ergebnis der experimentellen Erforschung von biologischen Gegenständen sind – denn die Forschungsmodelle motivieren durch das Stellen bestimmter Forschungsfragen in erster Linie nur das Prüfen bestimmter Kausalrelationen. Bei den organi-

schen Maschinen handelt es sich also um integrierende, abbildliche Modelle von Komplexen an Kausalrelationen zwischen Ereignissen an aus Lebewesen erzeugbaren Teilen in Form sprachlich oder zeichnerisch fingierter Maschinen der hypothetisch spezifizierten Organisation. Diese Form der Wissensorganisation ist ferner besonders zweckmäßig, weil sie in Bezug auf eine (für die Heil- oder Kultivierungspraxis) interessante ‚Leistung‘ die Präsentation nur der relevanten Komponenten gestattet (die Maschine, die den Patellarsehnenreflex leistet, besteht beispielsweise aus einer überschaubaren Anzahl an Gewebekomponenten). Des Weiteren ermöglicht sie das zweckmäßige Spezifizieren einzelner Komponenten im Bauplan: In ein und demselben Bauplan können Gewebe, Zellen und Moleküle vorkommen. Der Grad an Spezifität wird je nach (Lehr-)Interesse vorgenommen, sodass in der sprachlichen und zeichnerischen Skizze des Bauplans die Bindestelle für eine therapeutische Substanz etwa molekular charakterisiert werden kann, obgleich ihre ‚Umgebung‘ in Form von zellulären Bestandteilen oder sogar Geweben dargestellt wird. Neben der Rechtfertigung, die der Konstruktion solcher Lehrmodelle vor dem Hintergrund der Zweckvorstellung aus 1.3 zugesprochen werden kann, halte ich eine um diesen Begriff ergänzte Charakterisierung für deskriptiv adäquat. Denn in biologischen Lehrwerken werden tatsächlich organische Maschinen charakterisiert, obgleich biologische Gegenstände keine Maschinen sind. Ferner wird die Fiktion von bestimmten Verläufen (von dem ‚Arbeiten‘ der Maschine) bereitgestellt, obgleich niemand diese Verläufe wirklich beobachtet. Die Charakterisierung von organischen Maschinen ermöglicht darüber hinaus die (deskriptiv adäquate) integrierte Darstellung von Wissen über Entitäten und Ereignisse *verschiedener* physiologischer Gegenstandsbereiche – eine Möglichkeit, die durch physiologische ‚Theorien‘ (im einzig möglichen weiten Verständnis) nicht gegeben war.

Wie lässt sich die Anwendung physiologischen Wissens (zu Vorhersage- und Manipulationszwecken) auf *wirkliche* biologische Gegenstände begreifen, wenn die Lehrbücher doch strenggenommen gar nicht von solchen handeln, sondern von organischen Maschinen? Der Bezug des in diesen abbildlichen Modellen aufbereiteten Wissens auf wirkliche Gegenstände lässt sich, so argumentierte ich in 5.2.4, durch einen weiteren Begriff des Modells – den des theoretischen Modells – verständlich machen, der aus der sog. semantischen Theorieauffassung stammt. Diese entstand ursprünglich als Alternative zur Konzeptualisierung der Organisation wissenschaftlichen Wissens mittels der Logisch-Empiristischen syntaktischen Theorieauffassung. Die semantische Theorieauffassung versteht eine Theorie T als Definition eines mengentheoretischen Prädikats. In der Definition wird erstens durch Dingprädikatoren (etwa ‚Partikel‘ bzw. ‚Raumpunkt‘) und Relationsausdrücke (die auch Funktionsausdrücke ein-

schließen, also etwa ‚Masse‘, ‚Impuls‘, ‚Distanz‘) eine Struktur spezifiziert. Alle Systeme, die diese Struktur aufweisen (die also in der Terminologie der Theorie charakterisiert werden können), sind potenzielle theoretische Modelle der Theorie T. Die Definition enthält ferner die eigentlichen Gesetze von T, die sich auf die zeitliche Entwicklung der potenziellen Modelle beziehen. Systeme, die auch diesen Gesetzen entsprechen, sind theoretische Modelle der Theorie T. Um eine Theorie auf einen wirklichen Gegenstand anzuwenden, muss sich ein theoretisches Modell zu diesem charakterisieren lassen (etwa ein System von Partikeln mit bestimmten Eigenschaften wie Masse und Impuls bei der Anwendung der Partikelmechanik auf ein Planetensystem). Vor allem Theorien der Physik fordern stets, so einige Vertreter der semantischen Auffassung, die Charakterisierung solcher Modelle. Denn meist handeln diese Theorien von Gegenständen, die in der Wirklichkeit überhaupt nicht vorkommen, ferner können in der Charakterisierung eines Modells idealisierende Annahmen gemacht werden, um in der Theorie-Anwendung (etwa zu Vorhersagezwecken) nur die je interessanten Eigenschaften von Gegenständen zu berücksichtigen. Aus diesen Gründen sind, so argumentierte ich mit Verweis auf Darstellungen jüngeren Datums, die Modell-Charakterisierungen auch nicht als Beschreibungen, sondern als Fiktionen zu werten (welche natürlich in ihrem Gehalt nicht willkürlich sind).

Weil sich theoretische Modelle *ex hypothesi* nach den Gesetzen der Theorie verhalten, können aus einem bestimmten Modellzustand Folgezustände abgeleitet werden. Daher kann ein theoretisches Modell für einen wirklichen Gegenstand als vorbildliches Modell begriffen werden, das in dem Sinne Herstellungswissen bereitstellt, als es darüber informiert, was für ein Zustand am Gegenstand hergestellt werden müsste, damit sich an ihm (ohne weiteres Zutun) ein bestimmter anderer Zustand einstellt (ein dazu hinreichendes ‚Übersetzungswissen‘ bezüglich Zuständen des Modells und des wirklichen Gegenstands seitens des Modellierers kann vorausgesetzt werden, weil dieser es schließlich ist, der das Modell für den Gegenstand entwirft, und weil in der Entwicklung einer Theorie i.d.R. für die Standardfälle ihrer Anwendung allgemein gefasste Standardmodelle etabliert werden, die in den Folgeanwendungen relativ leicht zu spezifizieren sind). Der Gegenstand muss sich natürlich nicht dem Modell gemäß verhalten. Dies kann prinzipiell auf eine falsche Modellierung oder auf eine Inadäquatheit (bzw. einen Mangel an vollständiger Adäquatheit) der Theorie in diesem Anwendungsbereich zurückgeführt werden.

Der Begriff des theoretischen Modells ließ sich in meine Konzeptualisierung der Physiologie integrieren: Jenseits der Frage nach deskriptiver Adäquatheit stand der Anwendung des ‚syntaktischen‘ Begriffs der Theorie in der Physiologie als Zusammenfassung des Wissens über

die einzelnen physiologischen Gegenstandsbereiche nämlich nur die Tatsache entgegen, dass die entsprechenden Aussagenmengen nicht axiomatisierbar sind (und ferner keine oder kaum theoretische Terme beinhalten). Diese Merkmale sind allerdings irrelevant, wenn über Theorien im Sinne der Definitionen mengentheoretischer Prädikate gesprochen wird. Liegt eine Zusammenfassung des Kausalwissens über Gewebe vor, lässt sich zu dieser ein theoretisches Modell charakterisieren, welches nur von Geweben handelt. Wenden wir Wissen über Gewebe auf ein Lebewesen an (zu Zwecken von Manipulation oder Vorhersage), lässt sich das genau in diesem Sinne verstehen: Zu relevanten Teilen des Lebewesens (potenziell aber auch zum gesamten Lebewesen) wird *rein* in der Terminologie der ‚Gewebe-Theorie‘ bzw. der Gewebelehre ein System charakterisiert. Dabei setzen wir voraus, dass sich dieses Modellsystem durch die Zeit auf eine bestimmte Weise verhält, dass der Gewebezusammenhang also auf eine bestimmte Weise ‚arbeitet‘ – darin liegt schließlich das zentrale Merkmal des Begriffs des theoretischen Modells. Wir setzen also voraus, dass wir es mit einer organischen Maschine einer bestimmten, vollständig spezifizierten Organisation zu tun haben. Zur Anwendung der Gewebelehre (etwa in der Medizin) ersetzen wir mithin die Beschreibung eines Lebewesens durch die (fingierende) Charakterisierung einer Gewebemaschine, an der wir dann passende Eingriffe vornehmen. Organische Maschinen werden somit nicht nur als abbildliche, sondern auch als vorbildliche Modelle verwendet, was auf der Grundlage meiner Rekonstruktion des handwerklichen Modell-Begriffs in 5.1 durchaus möglich ist.

Analog zu den Gewebemaschinen lassen sich unter Anwendung der ‚Zelltheorie‘ und der ‚molekularen Theorie‘ auch zelluläre und molekulare Maschinen charakterisieren. Zum Zweck einer Manipulation etwa durch Medikamenten-Gabe, in der die spezifische Bindestelle des Wirkstoff-Moleküls relevant ist, müsste man bis zu diesem Punkt der auf der Anwendung der bereichsspezifischen *Theorien* gründenden Darstellung jedoch eine *molekulare* Maschine zum gesamten Lebewesen oder zumindest zu großen Teilen desselben (Verdauungssystem, Blut, u.a.) charakterisieren. Tatsächlich wird in der Anwendung physiologischen Wissens auf Lebewesen (etwa in medizinischen Kontexten) ganz anders verfahren, wie die oben angedeutete Manipulationsplanung zeigt, in der von Gegenständen aller vier physiologischen Gegenstandsbereiche die Rede war. Die Konzeptualisierung der physiologischen Wissensanwendung mit dem Begriff der organischen Maschine in ihrer Verwendung als theoretisches Modell kann genau diesem Punkt gerecht werden: Denn die Komponenten einer organischen Maschine können je nach Bedarf in ihrer eigenen Komponentenstruktur spezifiziert werden. Da es sich bei theoretischen Modellen nicht um Fotografien oder Beschreibungen handelt, sondern um Fiktionen, steht der Charakterisierung solcher komponentenweise sehr verschieden spezifi-

zierten Maschinen nichts im Wege. Nicht nur in der außerwissenschaftlichen Anwendung werden solche theoretischen Modelle veranschlagt. Auch beim Experimentieren mit einem biologischen Gegenstand wird dieser in der Regel als organische Maschine einer noch nicht vollständig spezifizierten Organisation vorgestellt, was die in 5.2.2 formulierte produktive Frage nach seiner genauen Organisation eigentlich erst rechtfertigt.

Die Organisation physiologischen Wissens in Form organischer Maschinen ist damit nicht nur für Lehr- sondern auch für Anwendungszwecke sehr nützlich und vor dem Hintergrund der Zweckvorstellung aus 1.3 gerechtfertigt. Ich wertete den Einbezug des Begriffs des theoretischen Modells in meine Konzeptualisierung der Physiologie als deskriptiv adäquat, da in der Anwendung physiologischen Wissens tatsächlich über die aus Lehrwerken bekannten organischen Maschinen spezifischer Organisation gesprochen wird. Insbesondere ist er auch dem Theorie-Begriff aus 3.2.2 vorzuziehen, da er dem integrierten Bezug auf Entitäten verschiedener Gegenstandsbereiche in der Anwendung einen Sinn verleiht. Dass physiologische Anwendungen – entgegen den glasklaren Lehrbuchdarstellungen – regelmäßig fehlgehen, kann in einigen Fällen sicherlich darauf zurückgeführt werden, dass der wirkliche biologische Gegenstand keine organische Maschine ist.

Im abschließenden Abschnitt 5.3 erklärte ich, inwiefern meine Konzeptualisierung der Physiologie eine Alternative zu den von mir als zweifelhaft befundenen Elementen der Mechanistischen Konzeptualisierung liefert. Bei den ‚Beschreibungen‘ von Mechanismen handelt es sich in meiner Konzeptualisierung um Verlaufsmodelle, die das ‚Arbeiten‘ einer organischen Maschine anschaulich darstellen. ÄME lassen sich folglich als modellgestützte Maschinenfunktionserklärungen begreifen (bei denen es sich eigentlich um Erklärungen von Kausalrelationen handelt). Modellgestützt sind sie, insofern sie überhaupt von organischen Maschinen handeln und insofern sie über deren ‚Arbeiten‘ ‚erzählerisch‘ oder graphisch mittels Verlaufsmodellen informieren.

Auch eines Begriffs der Experimentalpraxis zur Entdeckung von Konstitutionsverhältnissen bedarf es in meiner Konzeptualisierung nicht: In dieser wird allein Kausalwissen über Lebewesen *oder* über Gewebe *oder* über zelluläre und extrazelluläre Bestandteile *oder* über Biomoleküle erzeugt. Prinzipiell können Experimente mit Lebewesen durchgeführt werden, in denen *allein* Terminologie verwendet wird, die zum klassifikatorischen System über den Bereich der Lebewesen gehört – in solchen Experimenten wird Kausalwissen über das Verhalten von Lebewesen erzeugt. Dasselbe ist für den Gegenstandsbereich der Gewebe möglich, für den der Zellen und zellulären bzw. extrazellulären Bestandteile und für den der Biomoleküle (wobei dann gegenstandsbereichsspezifische Detektionsmethoden zu veranschlagen sind).

Wird ein biologischer Untersuchungsgegenstand (ein Lebewesen oder ein Teil von ihm, ein Gewebe, eine Zelle bzw. zelluläre Bestandteile) experimentell nach einer Organisationshypothese erforscht, die von Komponenten handelt, welche zu einem anderen Gegenstandsbereich gehören als der Untersuchungsgegenstand selbst, so kann beim Experimentieren die Charakterisierung des Untersuchungsgegenstands durch ein (i.d.R. nicht voll spezifiziertes) theoretisches Modell ersetzt werden, das einzig in der Terminologie des klassifikatorischen Systems des Gegenstandsbereichs charakterisiert wird, dem die Komponenten der Organisationshypothese angehören. Aus 3.2.2 ging hervor, dass alle Interventionen in Entitäten eines Gegenstandsbereichs in der Terminologie für diesen Gegenstandsbereich darstellbar sein müssen – die experimentellen Interventionen sind dann also ebenfalls in der Terminologie des theoretischen Modells zu charakterisieren. Aus der (mikroskopisch beobachtbaren) Behandlung einer Zellmembran mit einer Flüssigkeit wird dann etwa die Herstellung räumlicher Nähe zwischen einer Lipid-Doppelschicht (mit diversen Proteineinlagerungen) und bestimmten Molekülen. Aus pragmatischen Gründen der Wahrung von Übersichtlichkeit und der Vermeidung unnötigen Arbeitsaufwandes werden diese theoretischen Modelle (bei denen es sich um organische Maschinen handelt) ‚gemischt‘ konstruiert: Komponenten werden nur dann in ihrer Komponentenstruktur spezifiziert, wenn es für die momentane Forschung relevant ist, sodass Forscher, die beispielsweise an Zellen experimentieren, in der Experimentalplanung sowie in der Formulierung der Experimentalergebnisse manche Bestandteile und Ereignisse in molekularer Terminologie charakterisieren, andere hingegen in der Terminologie von Zellen bzw. zellulären Bestandteilen. Begrifflich wäre es hingegen möglich, eine (dem aktuellen Forschungsstand entsprechende) rein molekulare Charakterisierung vorzunehmen. Eine Formulierung, die etwa vom Aufnehmen von Molekülen durch eine Zelle spricht, gründet daher in einer rein pragmatischen Redeweise, da Zellen nur Flüssigkeit aufnehmen können, und Moleküle nur mit Membranlipiden oder Membranproteinen (allgemein: mit anderen Molekülen) interagieren können. Charakterisierungen von Experimentalprozeduren und ihren Ergebnissen, die den Anschein erwecken, es werde experimentell auf zwei ‚Ebenen‘ angesetzt, lassen sich daher ebenfalls – der begrifflichen Möglichkeit nach – stets terminologisch umformen. Es bedarf damit in meiner Konzeptualisierung nicht des Begriffs einer eigentümlichen Experimentalprozedur, deren wesentliches Merkmal im derartigen experimentellen Intervenieren auf zwei Ebenen besteht.

Damit erweist sich auch der Begriff der KME als entbehrlich: Sobald wir etwa über einen molekularen Mechanismus sprechen, der einem bestimmten Ereignis in oder an einer Zelle ‚zugrunde liegt‘, spezifizieren wir im theoretischen Modell die relevanten Zellbestandteile in

ihrer Komponentenstruktur. Die Gegenstände, die die Mechanisten als KME bezeichnen, sind in meiner Konzeptualisierung also ebenfalls als modellgestützte Maschinenfunktionserklärungen zu begreifen (die Maschinen-Modelle können dabei – im Unterschied zu dem durch die Restriktion der wechselseitigen Manipulierbarkeit klar abgegrenzten Gehalt der KME – je nach Bedarf um Komponenten erweitert werden).

Zu der unklaren Annahme einer Konstitutionsrelation im Sinne einer ‚realen‘ Abhängigkeitsrelation zwischen verschiedenen, gleichzeitig stattfindenden Ereignissen, auf die manche Äußerungen der Mechanisten hindeuten, gibt meine Konzeptualisierung keinen Anlass. Wie oben bereits ausgeführt, werden Folgerungen dieser Art nach der Ansicht einiger Autoren (eine Ansicht, die sich auch in manchen Andeutungen der Mechanisten wiederfinden lässt) aus dem erfolgreichen Vollzug einer bestimmten wissenschaftlichen Praxis oder aus der erfolgreichen Anwendung ihrer Ergebnisse (etwa Theorien) gezogen. Die erstgenannte Möglichkeit kommt in meiner Konzeptualisierung nicht in Betracht, da sie keinen Begriff einer Experimentalpraxis vorsieht, demzufolge – wie in der Mechanistischen Konzeptualisierung – auf zwei ‚Ereignisebenen‘ interveniert wird. Die letztgenannte Möglichkeit wäre im Rahmen meiner Konzeptualisierung auf die erfolgreiche Anwendung von (theoretischen) Modellen organischer Maschinen, nicht auf Theorien zu beziehen. In meiner Darstellung habe ich für den instrumentellen Charakter von Modellen argumentiert: Organisationshypothesen dienen der Ableitung potenziell interessanter Kausalaussagen, ganz ähnlich wie die theoretische Terme enthaltenen Axiome in physikalischen Theorien, und sie behalten aufgrund ihrer nur indirekten Bewährungsfähigkeit stets den Status von Hypothesen. Selbst aber ein dem Theorienrealismus nachempfundenen Modellrealismus (der den Hypothesencharakter gut bestätigter Organisationshypothesen fallen lässt) würde eine Konstitutionsrelation zwischen Ereignissen nicht voraussetzen. Er bestünde in der Entscheidung, beispielsweise Gewebemaschinen als real anzusehen, und auf der Grundlage einer solchen Entscheidung kommt die Frage nach der Relation zwischen einer arbeitenden Gewebemaschine und einem sich verhaltenden Lebewesen gar nicht mehr auf. Denn ‚Lebewesen‘ bezeichnet dann entweder nichts Existierendes mehr, oder aber Gewebemaschinen (ein Umstand, der dem entsprechend handelnden Modellrealisten praktische Schwierigkeiten einbringen könnte). Auch wenn letzteres der Fall ist, stellt sich die Frage nach einer Abhängigkeitsrelation der Konstitution zwischen verschiedenen, gleichzeitig stattfindenden Ereignissen nicht, da es neben den ‚arbeitenden‘ Komponenten einer Maschine nicht noch eine Maschine gibt, die etwas leistet, etwa neben dem laufenden Elektromotor, dem sich drehenden Sägeblatt, usf. nicht noch eine laufende Kreissäge.

Literatur

- Andersen, H.: „A Field Guide to Mechanisms: Part I“, *Philosophy Compass* 9(4), 2014, 274-283.
- Ballauff, T.: *Die Wissenschaft vom Lebendigen. Eine Geschichte der Biologie*, Bd. 1: *Vom Altertum bis zur Romantik*, Verlag Karl Alber, 1954.
- Balzer, W.: *Empirische Theorien: Modelle – Strukturen – Beispiele. Die Grundzüge der modernen Wissenschaftstheorie*, Friedr. Vieweg & Sohn, 1982.
- Balzer, W.: *Die Wissenschaft und ihre Methoden. Grundsätze der Wissenschaftstheorie*, Verlag Karl Alber, ²2009.
- Bartels, A.: „Wissenschaftlicher Realismus“, in: A. Bartels, M. Stöckler (Hg.): *Wissenschaftstheorie. Ein Studienbuch*, Mentis Verlag, 2007, 199-220.
- Basalla, G.: „William Harvey and the Heart as a Pump“, *Bulletin of the History of Medicine* 36(5), 1962, 467-470.
- Baumgartner, M.; Gebharder, A.: „Constitutive Relevance, Mutual Manipulability, and Fat-Handedness“, *The British Journal for the Philosophy of Science* 67(3), 2016, 731-756.
- Baumgartner, M.; Casini, L.: „An Abductive Theory of Constitution“, *Philosophy of Science* 84(2), 2017, 214-233.
- Bear, M. F. et al.: *Neurowissenschaften. Ein Grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*, deutsche Ausgabe herausgegeben von A. K. Engel (Titel der Originalausgabe von 2007: *Neuroscience – Exploring the Brain*), Springer Verlag, ²2012.
- Beauchamp, T. L.; Rosenberg, A.: Critical Notice of J. L. Mackie, *The Cement of the Universe*, *Canadian Journal of Philosophy* 7(2), 1977, 371-404.
- Bechtel, W.; Richardson, R. C.: *Discovering Complexity. Decomposition and Localisation as Strategies in Scientific Research*, Princeton University Press, 1993.
- Bechtel, W.; Abrahamsen, A.: „Explanation: A mechanist alternative“, *Studies in History and Philosophy of Science, Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36(2), 2005, 421-441.
- Bechtel, W.: „Mechanism and Biological Explanation“, *Philosophy of Science* 78(4), 2011, 533-557.
- Bennett, M. R.; Hacker, P. M. S.: *Die philosophischen Grundlagen der Neurowissenschaften*, übersetzt von A. Walter (Titel der Originalausgabe von 2003: *Philosophical Foundations of Neuroscience*), Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2015 (Sonderausgabe der ersten Aufl. von 2010).

- Bochenski, I. M.: *Die zeitgenössischen Denkmethode*n, Lehnen Verlag, 1954.
- Böhme, A.: „Die koordinierten Gliederreflexe des menschlichen Rückenmarks“, in: *Ergebnisse der Inneren Medizin und Kinderheilkunde* 17, 1919, 1-22.
- Braithwaite, R. B.: *Scientific Explanation. A Study of the Function of Theory, Probability and Law in Science*“, Cambridge University Press, ⁵1968.
- Braunewell, K.-H.; Gundelfinger, E.: „Neurochemie“, in: U. Kischka *et al.* (Hg.): *Methoden der Hirnforschung. Eine Einführung*, Spektrum Akademischer Verlag, 1997, 35-61.
- Brown, T. G.: „The intrinsic factors in the act of progression in the mammal“, *Proceedings of the Royal Society of London* 84(572), 1912, 308-319.
- Campbell, N. A. *et al.*: *Biologie*, deutsche Ausgabe herausgegeben von A. Kratochwil *et al.* (Titel der Originalausgabe von ⁸2008: *Biology*), Pearson Studium, 2011.
- Cartwright, N.: *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press, ²1999.
- Cartwright, N.: *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge University Press, 1999b.
- Cartwright, N.; Pemberton, J.: „Ceteris Paribus Laws Need Machines to Generate Them“, *Erkenntnis* 79(10), 2014, 1745-1758.
- Chang, H.: „The Philosophical Grammar of Scientific Practice“, *International Studies in the Philosophy of Science*, 25(3), 2011, 205-221.
- Carnap, C.: *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaft*, übersetzt von W. Hoering (Titel der Originalausgabe von 1966: *Philosophical Foundations of Physics*), Nymphenburger Verlagshandlung, 1969.
- Craver, C. F.: *Explaining the brain. Mechanisms and the mosaic unity of neuroscience*, Oxford University Press, 2007.
- Craver, C. F.; Darden, L.: „Discovering mechanisms in neurobiology: The case of spatial memory“, in: R. Machamer *et al.* (Hg.): *Theory and Method in Neuroscience*, University of Pittsburgh Press, 2001, 112-137.
- Craver, C. F.; Darden, L.: „Strategies in the interfield discovery of the mechanism of protein synthesis“, *Studies in History and Philosophy of Science, Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 33(1), 2002, 1-28.
- Contessa, G.: „Scientific models and fictional objects“, *Synthese* 172(2), 2010, 215-229.
- Da Costa, N.; French, S.: „Models, Theories, and Structures: Thirty Years On“, *Philosophy of Science* 67, 2000, 116-127.

- Egger, J. W.: „Das biopsychosoziale Krankheitsmodell. Grundzüge eines wissenschaftlich begründeten ganzheitlichen Verständnisses von Krankheit“, *Psychologische Medizin* 16(2), 2005, 3-12.
- Egger, J. W.: „Grundlagen der ‚Psychosomatik‘. Zur Anwendung des biopsychosozialen Krankheitsmodells in der Praxis“, *Psychologische Medizin* 19(2), 2008, 12-22.
- Engel, G. L.: „The Need for a New Medical Modell: A Challenge for Biomedicine“, *Science* 196(4286), 129-136.
- Essler, W. K. *et al.*: *Theorie und Erfahrung. Eine Einführung in die Wissenschaftstheorie*, Verlag Karl Alber, 2000.
- Essler, W. K. *et al.*: *Grundzüge der Logik I: Das Logische Schließen*, Vittorio Klostermann, ⁵2001.
- Feynman, R. P. *et al.*: *Feynman-Vorlesungen über Physik, Bd. 1*, übersetzt von H. Wessel und K. Lippert (Titel der Originalausgabe von 1963: *The Feynman Lectures on Physics*), de Gruyter, ⁶2015.
- Freusberg, A.: „Reflexbewegungen beim Hunde“, *Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Thiere* 9(1), 1874, 358-391.
- Frey, G.: „Symbolische und Ikonische Modelle“, in: B. H. Kazemier, D. Vuysje (Hg.): *Proceedings of the Colloquium ‚The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences‘* at Utrecht, 1960, D. Reidel Publishing Company, 1961.
- Frigg, R.: „Models and fiction“, *Synthese* 172(2), 2010, 251-268.
- Geus, A.: „Zoologische Disziplinen“, in: I. Jahn (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil III: *Konsolidierung und Neubildung von Disziplinen und Theorien im 19. Jahrhundert*, Nikol Verlag, 2004 (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 324-355.
- Godfrey-Smith, P.: „The strategy of model-based science“, *Biology and Philosophy* 21(5), 2006, 725-740.
- Hartmann, D.: *Konstruktive Fragelogik. Vom Elementarsatz zur Logik von Frage und Antwort*, BI Wissenschaftsverlag, 1990.
- Hartmann, D.: *Naturwissenschaftliche Theorien. Wissenschaftstheoretische Grundlagen am Beispiel der Psychologie*, BI Wissenschaftsverlag, 1993.
- Hartmann, D.: „Kulturalistische Handlungstheorie“, in: D. Hartmann, P. Janich (Hg.): *Methodischer Kulturalismus. Zwischen Naturalismus und Postmoderne*, Suhrkamp Verlag, 1996, 70-114.
- Hartmann, D.: *On Inferring. An Inquiry into Relevance and Validity*, Mentis Verlag, 2003.

- Hempel, C. G.: „Aspects of Scientific Explanation“, in: ders. (Hg.): *Scientific Explanation. Essays in the Philosophy of Science*, The Free Press, 1965, 331-496.
- Hempel, C. G.: *Philosophie der Naturwissenschaften*, übersetzt von W. Lenzen (Titel der Originalausgabe von 1966: *Philosophy of Natural Science*), Deutscher Taschenbuch Verlag, ²1977.
- Hempel, C. G.: *Grundzüge der Begriffsbildung in der empirischen Wissenschaft*, übersetzt von H.-J. v. Kondratowitz (Titel der Originalausgabe von 1952: *Fundamentals of concept formation in empirical science*), Verlagsgruppe Bertelsmann GmbH/Bertelsmann Universitätsverlag, 1974.
- Hempel, C. G.; Oppenheim, P.: „The Deductive-Nomological Model of Scientific Explanation“, in: R. Klee (Hg.): *Scientific Inquiry. Readings in the Philosophy of Science*, Oxford University Press, 1999, 163-180 (Ersterscheinung unter dem Titel „Studies in the Logic of Explanation“ in *Philosophy of Science* 15(2), 1948, 135-175).
- Herfel, W. E.: „Non-Linear Dynamical Models as Concrete Construction“, *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 44, 1995, 69-84.
- Hildebrand, M.; Goslow, G. E.: *Vergleichende und funktionelle Anatomie der Wirbeltiere*, übersetzt von C. Distler (Titel der Originalausgabe von 2001: *Analysis of Vertebrate Structure*), Springer Verlag, 2004.
- Hildebrandt, J.-P. et al.: *Penzlin – Lehrbuch der Tierphysiologie*, Springer Verlag, ⁸2015.
- Höxtermann, E.: „Physiologie und Biochemie der Pflanzen“, in: I. Jahn (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil IV: *Die weitere Differenzierung der Biowissenschaften und die Suche nach allgemeinen theoretischen Grundlagen*, Nikol Verlag, 2004, (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 499-536.
- Hughes, R. I. G.: „Models and Representation“, *Philosophy of Science* 64(S4), 1997, 325-336.
- Hüttemann, A.: *Idealisierungen und das Ziel der Physik. Eine Untersuchung zum Realismus, Empirismus und Konstruktivismus in der Wissenschaftstheorie*, de Gruyter, 1997.
- Hüttemann, A.: *Ursachen*, de Gruyter, 2013.
- Jacob, W.: „Virchows Begriff der ‚naturwissenschaftlichen Methode‘ – Deutung und Grenzen“, in: H. Querner, H. Schipperges (Hg.): *Wege der Naturforschung 1822-1972 im Spiegel der Versammlungen Deutscher Naturforscher und Ärzte*, Springer Verlag, 1972, 88-100.
- Jahn, I.: „Einführung und Erläuterung zur Geschichte der Zellenlehre und Zellentheorie“, in: D. Goetz et al. (Hg.): *Matthias Jacob Schleiden, Theodor Schwann, Max Schultze. Klas-*

- sische Schriften zur Zellenlehre*, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., 1987, 6-44.
- Jahn, I.: „Naturphilosophie und Empirie in der Frühaufklärung (17. Jhd.)“, in: dies. (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil II: *Die biologischen Wissenschaften im Einflußbereich der sich entwickelnden neuzeitlichen Naturwissenschaften*, Nikol Verlag, 2004, (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 196-230.
- Janich, P.: „Wissenschaftsphilosophie als kritische Reflexion auf eine historische Praxis“, in: B. Gesang (Hg.): *Deskriptive oder normative Wissenschaftstheorie?*, Ontos Verlag, 2005, 145-166.
- Kaiser, M. I.: „Normativity in the Philosophy of Science“, *Metaphilosophy* 50(1-2), 2019, 36-62.
- Kaiser, M. I.; Krickel, B.: „The Metaphysics of Constitutive Mechanistic Phenomena“, *The British Journal for the Philosophy of Science* 68, 2017, 745-779.
- Kamlah, W.; Lorenzen, P.: *Logische Propädeutik. Vorschule des vernünftigen Redens*, BI Wissenschaftsverlag, ²1992.
- Kaufmann, M.: *Der Baum der Kybernetik. Die Entwicklungslinien der Kybernetik von den historischen Grundlagen bis zu ihren aktuellen Ausformungen. Eine Forschungsarbeit*, proEval Verlag, 2007.
- Katz, B.; Miledi, R.: „Propagation of electric activity in motor nerve terminals“, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 161(985), 1965a, 453-482.
- Katz, B.; Miledi, R.: „The measurement of synaptic delay, and the time course of acetylcholine release at the neuromuscular junction“, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 161(985), 1965b, 483-495.
- Katz, B.; Miledi, R.: „The Effect of Calcium on Acetylcholine Release from Motor Nerve Terminals“, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 161(985), 1965c, 496-503.
- Katz, B.; Miledi, R.: „The effect of temperature on the synaptic delay at the neuromuscular junction“, *The Journal of Physiology* 181(3), 1965d, 656-670.
- Katz, B.; Miledi, R.: „The timing of calcium action during neuromuscular junction“, *The Journal of Physiology* 189(3), 1967a, 535-544.
- Katz, B.; Miledi, R.: „The release of acetylcholine from nerve endings by graded electric pulses“, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 167(1006), 1967b, 23-38.

- Katz, B.; Miledi, R.: „Tetrodotoxin and neuromuscular transmission“, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 167(1006), 1967c, 8-22.
- Klaus, G.: *Wörterbuch der Kybernetik*, Fischer Verlag, 1969.
- Lange, R.: *Experimentalwissenschaft Biologie: methodische Grundlagen und Probleme einer technischen Wissenschaft vom Lebendigen*, Königshausen und Neumann, 1999.
- Laudan, L.: „Progress or Rationality? The Prospects for Normative Naturalism“, *American Philosophical Quarterly* 24(1), 1987, 19-31.
- Leplin, J.: „The Role of Models in Theory Construction“, in: T. Nickles (Hg.): *Scientific Discovery, Logic, and Rationality*, 1980, 267-283.
- Leuridan, B.: „Three Problems for the Mutual Manipulability Account of Constitutive Relevance in Mechanisms“, *The British Journal for the Philosophy of Science* 63, 2012, 1-29.
- Lewis, D.: „Causation“, in: J. Kim *et al.* (Hg.): *Metaphysics. An Anthology*, Wiley-Blackwell, ²2011, 397-404 (Ersterscheinung im *Journal of Philosophy* 70(17), 1973, 556-567).
- Lewis, D.: „Counterfactual Dependence and Time’s Arrow“, in: ders.: *Philosophical Papers*, Vol. 2, Oxford University Press, 1986, 32-52 (Ersterscheinung in *Noûs* 13, 1979, 455-476).
- Lodish, H. *et al.*: *Molecular Cell Biology*, W. H. Freeman and Company, ⁶2008.
- Ludwig, C.: *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Bd. 1: *Physiologie der Atome, der Aggregatzustände, der Nerven und Muskeln*, Akademische Verlagshandlung von C. F. Winter (Heidelberg), 1852.
- Machamer, P. *et al.*: „Thinking about Mechanisms“, *Philosophy of Science* 67(1), 2000, 1-25.
- Machamer, P.: „Activities and Causation: The Metaphysics and Epistemology of Mechanisms“, *International Studies in the Philosophy of Science* 18(1), 2004, 27-39.
- Mackie, J. L.: „Counterfactuals and causal laws“, in: R. J. Butler (Hg.): *Analytical Philosophy*, 1st ser., Oxford University Press, 1962, 66-80.
- Mackie, J. L.: „Causes and Conditions“, in: E. Sosa, M. Tooley (Hg.): *Causation*, Oxford University Press, 1998, 33-55 (Ersterscheinung in *American Philosophical Quarterly* 2(4), 1965, 245-264).
- Mackie, J. L.: *Truth, Probability and Paradox. Studies in Philosophical Logic*, Oxford University Press, 1973.
- Mackie, J. L.: *The Cement of the Universe. A Study of Causation*, Oxford University Press, 1974.

- Mäntele, W.: „Spektroskopie“, in: F. Lottspeich, J. W. Engels (Hg.): *Bioanalytik*, Springer Verlag, 2012.
- Müller, I.: „Die Wandlung embryologischer Forschung von der deskriptiven zur experimentellen Phase unter dem Einfluß der Zoologischen Station in Neapel“, *Medizinhistorisches Journal* 10(3), 1975, 191-218.
- Penfield, W.; Perot, P.: „The brain’s record of auditory and visual experience. A final summary and discussion“, *Brain* 86(4), 1963, 595-696.
- Penzlin, H.: „Die theoretische und institutionelle Situation in der Biologie an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert“, in: I. Jahn (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil IV: *Die weitere Differenzierung der Biowissenschaften und die Suche nach allgemeinen theoretischen Grundlagen*, Nikol Verlag, 2004a, (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 431-440.
- Penzlin, H.: „Die Entwicklungsphysiologie“, in: I. Jahn (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil IV: *Die weitere Differenzierung der Biowissenschaften und die Suche nach allgemeinen theoretischen Grundlagen*, Nikol Verlag, 2004b, (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 441-460.
- Penzlin, H.: „Die vergleichende Tierphysiologie“, in: I. Jahn (Hg.): *Geschichte der Biologie – Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*, Teil IV: *Die weitere Differenzierung der Biowissenschaften und die Suche nach allgemeinen theoretischen Grundlagen*, Nikol Verlag, 2004c, (Sonderdruck der vierten Aufl. von 2000), 461-498.
- Philippon, M.: *L’autonomie et la centralisation dans le système nerveux des animaux: étude de physiologie expérimentale et comparée*, Librairie Falk Fils, 1905.
- Psillos, S.: „The cognitive interplay between theories and models: the case of 19th century optics“, *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 44, 1995, 105-133.
- Psillos, S.: *Causation & Explanation*, Acumen, 2002.
- Psillos: „Regularity Theories“, in: H. Beebe et al. (Hg.): *The Oxford Handbook of Causation*, Oxford University Press, 2009, 131-157.
- Romero, F.: „Why there isn’t inter-level causation in mechanisms“, *Synthese* 192(11), 2015, 3731-3755.
- Rothschuh, K. E.: *Geschichte der Physiologie*, Springer Verlag, 1953.
- Rothschuh, K. E.: *Physiologie. Der Wandel ihrer Konzepte, Probleme und Methoden vom 16. bis 19. Jahrhundert*, Verlag Karl Alber, 1968.

- Rothschuh, K. E.: „Ursprünge und Wandlungen der physiologischen Denkweisen im 19. Jahrhundert“, in: W. Treue, K. Mauel (Hg.): *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, Teil 1, Vandenhoeck & Ruprecht, 1976, 135-160.
- Ryle, G.: *Der Begriff des Geistes*, übersetzt von K. Baier (Titel der Originalausgabe von 1949: *The Concept of Mind*), Reclam Verlag, ²2015.
- Salmon, W. C.: „Why ask ‘Why’? An Inquiry concerning Scientific Explanation“, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association* 51(6), 1978, 683-705.
- Salmon, W. C.: *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press, 1984.
- Salmon, W. C.: *Four Decades of Scientific Explanation*, University of Pittsburgh Press, 2006 (Paperback Edition der Erstausgabe von 1989).
- Salmon, W. C.: „Scientific Explanation“, in: A. Bird, J. Ladyman (Hg.): *Arguing about Science*, Routledge, 2012, 337-365 (Ersterscheinung in M. H. Salmon *et al.* (Hg.): *Introduction to the Philosophy of Science*, Prentice-Hall Inc, 1992, 7-41).
- Schaffner, K.: „Theory structure, reduction, and disciplinary integration in biology“, *Biology and Philosophy* 8(3), 1993, 319-347.
- Scheffler, I.: „Explanation, prediction and abstraction“, *The British Journal for the Philosophy of Science* 7(28), 1957, 293-309.
- Schleiden, M. J.: „Beiträge zur Phytogenesis“, in: D. Goetz *et al.* (Hg.): *Matthias Jacob Schleiden, Theodor Schwann, Max Schultze. Klassische Schriften zur Zellenlehre*, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., 1987, 46-78 (Ersterscheinung im *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, 1838, 137-174).
- Schultze, M.: „Über Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe“, in: D. Goetz *et al.* (Hg.): *Matthias Jacob Schleiden, Theodor Schwann, Max Schultze. Klassische Schriften zur Zellenlehre*, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., 1987, 131-154 (Ersterscheinung im *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, 1861, 1-27).
- Schünke, M. *et al.*: *Prometheus. Lernetlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie*, Georg Thieme Verlag, ⁴2015.
- Schurz, G.: *Philosophy of Science. A Unified Approach*, Routledge, 2014.
- Schwann, T.: „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen“, in: D. Goetz *et al.* (Hg.): *Matthias Jacob Schleiden, Theodor Schwann, Max Schultze. Klassische Schriften zur Zellenlehre*, Aka-

- demische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., 1987, 79-89 (Auszug aus der Erst-
erscheinung im Verlag der Sander'schen Buchhandlung (Berlin) von 1839).
- Schwartz, A. et al.: „Funktionelle bildgebende Verfahren“, in: U. Kischka et al. (Hg.): *Methoden der Hirnforschung. Eine Einführung*, Spektrum Akademischer Verlag, 1997, 295-318.
- Schwemmer, O.: *Philosophie der Praxis. Versuch zur Grundlegung einer Lehre vom moralischen Argumentieren*, Suhrkamp Verlag, 1971.
- Sherrington, C. S.: „On plastic tonus and proprioceptive reflexes“, *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 2(2), 1909, 109-156.
- Stegmüller, W.: *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Band 2: *Theorie und Erfahrung*, Teilband 2: *Theorienstrukturen und Theoriendynamik*, Springer Verlag, ²1985.
- Stegmüller, W.: *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie*, Band 2: *Theorie und Erfahrung*, Teilband 3: *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973*, Springer Verlag, 1986.
- Spector, M.: „Models and theories“, *The British Journal for the Philosophy of Science* 16(62), 1965, 121-142.
- van Fraassen, B. C.: *The scientific image*, Oxford University Press, 1980.
- Verworn, M.: *Allgemeine Physiologie. Ein Grundriss der Lehre vom Leben*, Verlag von Gustav Fischer (Jena), 1895.
- von Wright, G. H.: *Causality and Determinism*, Columbia University Press, 1974.
- Weisberg, M.: *Simulation and Similarity. Using Models to Understand the World*, Oxford University Press, 2015.
- Wittgenstein, L.: *Philosophische Untersuchungen*, Suhrkamp Verlag, ²1980.
- Woodward, J.: *Making Things Happen. A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press, 2003.
- Woodward, J.; Hitchcock, C.: „Explanatory Generalizations, Part I: A Counterfactual Account“, *Nous* 37(1), 2003, 1-24.