

Begegnungen 43

Frank Vogelsang, Almuth M.D. Hattenbach, Thomas Kirchhoff,
Hubert Meisinger (Hg.)

Was die Welt im Innersten zusammenhält

Das Konzept der Materie im interdisziplinären Vergleich

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Impressum:

Evangelische Akademie im Rheinland
Friedrich-Breuer-Straße 86
53225 Bonn
www.ev-akademie-rheinland.de

Umschlagentwurf und Typografie: art work shop GmbH, Düsseldorf
Titelbild: © picture-alliance/akg-images. Michelangelo Buonarotti
„Die Erschaffung Adams“ (1511/12). Ausschnitt: Hand Gottes und Hand Adams,
bearbeitet. Fresko, Rom, Vatikan, Cappella Sistina (Foto vor der Restaurierung).

Für den Druck bearbeitet von Dorothea A. Zügner, Wachtberg

© 2017 Evangelische Akademie im Rheinland, Bonn
Die Publikation und alle in ihr enthaltenen Beiträge sind urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung
des jeweiligen Autors bzw. der jeweiligen Autorin und der Evangelischen Akademie
im Rheinland nicht zulässig.

Druck: Harfe-Verlag und Druckerei GmbH
ISBN 978-3-937621-52-4

Frank Vogelsang, Almuth M.D. Hattenbach, Thomas Kirchhoff, Hubert Meisinger	
Vorwort	5
Brigitte Falkenburg	
Mechanistische Erklärung und ihre Grenzen	7
Ulrich Beuttler	
Fundamentalstruktur, Innenseite und Kreativität der Materie	33
Hans-Jürgen Fischbeck	
Materie als ontologische Kategorie: Dialektischer Materialismus vs. Naturalismus	43
Karen Gloy	
„Daß ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält [...]“ Goethe, Faust I, Vers 582f.	53
Thomas Kirchhoff	
Landschaften – materielle oder geistige Einheiten?	75
Elisabeth Loos	
Leben – nur manipulierbare Materie? Der biologische Lebensbegriff und die Synthetische Biologie	91
Andreas Losch	
Abwärts gerichtete Kausalität – wirken so Geist und Materie zusammen?	111
Eberhard Müller	
Vom Licht zur Materie	131
Jan C. Schmidt	
Materie ist nicht primitiv...	149
Zur Naturphilosophie der Selbstorganisation: Systematische und historische Bemerkungen	
Lorns-Olaf Stahlberg	
Higgsfeld und Schöpfergeist	171
Über religiöse Schöpfungsberichte und naturwissenschaftliche Welt-Erzählungen	
Frank Vogelsang	
Bewusstsein und Materie – tertium non datur?	193

Vorwort

Die Vorstellung, dass die Welt aus Materie besteht, ist modern und zugleich sehr alt. Schon unter den frühen griechischen Philosophen gab es solche, die all das, was ist, auf eine Substanz, auf ein materielles Substrat zurückführen wollten. Die Konzepte von Philosophen wie Demokrit und Epikur wurden von römischen Autoren wie Lukrez weiter tradiert und in der Renaissance wieder entdeckt. Aber erst mit dem Aufkommen der modernen Naturwissenschaften bestand die Chance, diese spekulativen Vorstellungen durch empirisch abgesicherte Theorien zu stützen. Aus der Vorstellung, alles sei auf Materie zurückführbar, leiten sich weitere Fragen ab: Wenn wir die Welt als aus Materie bestehend beschreiben, ist dann nicht alles, was geschieht, determiniert? Wie kann man in einem materiellen Weltkonzept Freiheit beschreiben? Was hält die Welt als Ganzes und die vielen diskreten Weltphänomene zusammen, wenn es nur Materie gibt? Die Vorstellung von der Materie selbst wiederum ist alles andere als einheitlich und statisch. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war kaum ein wissenschaftlicher Bereich so erfolgreich wie die Erforschung der Elementarteilchen. Es ist gelungen, in immer größeren und aufwändigeren Messverfahren eine Vielzahl von Elementarteilchen nachzuweisen. Neuere mathematische Modelle machten etwa in den 1960er Jahren die Prognose eines bestimmten schweren Teilchens, eines Bosons, möglich, das dann im Jahre 2013 als Higgs-Boson mit einem unvergleichlichen Messaufwand nachgewiesen werden konnte. Ist damit aber der „Boden der Tatsachen“ erreicht – wissen wir nun, woraus sich die Materie letztlich zusammensetzt? Sollte es möglich sein, all das, was ist, auf Prozesse von Elementarteilchen zurückzuführen? Parallel gab es und gibt es aber auch viele Stimmen, denen zufolge die Welt nicht auf materielle Strukturen und Prozesse reduzierbar ist. Am prominentesten und ältesten ist wohl der Hinweis auf die Irreduzibilität geistiger Prozesse. Der Begriff der Materie spielt aber – trotz bzw. gerade wegen dieser Irreduzibilitätsthese – nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in den Geisteswissenschaften eine wichtige Rolle. Das lange Ringen um ein Verständnis der alten Dualismen von Geist

und Materie oder Bewusstsein und Materie gibt davon ein beredtes Zeugnis. Der Streit ist alt und auch neue Erkenntnisse führen nicht dazu, dass er leicht beizulegen wäre. Hier kulminiert eine der Grundfragen der Menschheit, in Anlehnung an die berühmten Worte von Goethe: Was hält die Welt in ihrem Innersten zusammen? Gibt es überhaupt ein Innerstes?

Dieser Band vereint Beiträge, die auf einer Tagung der Evangelischen Akademie im Rheinland in Kooperation mit der European Society for the Study of Science and Theology (ESSSAT), dem Evangelischen Studienwerk e.V., Villigst, und der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft e.V. (FEST) durchgeführt wurde. Die Beiträge werfen aus unterschiedlichen disziplinären Perspektiven einen Blick auf die Grundfrage. Sie thematisieren die Frage aus der Sicht der Physik, der Theologie, der Philosophie, der Biologie und der Kulturwissenschaften. Die Erkenntnisse dieser Perspektiven sind wie Hinweise, Fährten, Indizien auf der Spur nach dem, was unsere Welt zusammenhält. Eines ist allerdings durch die Vielzahl der Perspektiven deutlich: Jeder, der behauptet, eine umfassende Antwort präsentieren zu können, sieht sich herausgefordert, diese Antwort in vielerlei Richtungen zu verteidigen. Es wird deutlich, dass nicht zu erwarten ist, dass eine Disziplin das Recht der letzten Antwort erhalten wird. Auch die Physik sieht nur das, was ihre Methoden sie sehen lassen. So bleibt letztendlich trotz aller wichtigen Teilerkenntnisse die grundsätzliche Antwort offen. Doch sind es gerade die offen bleibenden Fragen, die Erkenntnisfortschritte in der Menschheit ermöglicht haben. Die Suche nach angemessenen Antworten auf die Frage, was die Welt im Innersten zusammenhält, wird wohl noch lange weiter gehen.

Bonn, im März 2017

Frank Vogelsang

Almuth M.D. Hattenbach

Thomas Kirchhoff

Hubert Meisinger

Brigitte Falkenburg

Mechanistische Erklärung und ihre Grenzen

Die Erfolgsgeschichte der neuzeitlichen Naturwissenschaften beruht auf der experimentellen Methode und den mathematischen Modellen der Physik Galileis und Newtons. Eng verbunden damit war die Begründung des mechanistischen Weltbilds, in dessen Rahmen man annahm, dass alle materiellen Körper aus mechanischen Korpuskeln oder Atomen bestehen und den Gesetzen der klassischen Mechanik gehorchen. Das mechanistische Denken dominierte die Naturerkenntnis bis zum Ende des 19. Jahrhunderts, doch mit dem Beginn der modernen Atomphysik stellte sich heraus, dass ein mechanistisches Verständnis der Natur im Sinne der klassischen Physik dem Aufbau der Materie und den Wechselwirkungen der subatomaren Teilchen nicht gerecht wird. Die mechanistische Betrachtungsweise der Natur wurde im 20. Jahrhundert jedoch auf die moderne Physik, Chemie und Biologie verallgemeinert, bis hin zur Erforschung neuronaler Mechanismen in der Neurowissenschaft.

Allerdings muss man sich genau ansehen, was „mechanistisch“ dabei heute noch heißt. In der philosophischen Diskussion um die Biologie und die Hirnforschung wird oft nicht hinterfragt, was mechanistische Erklärungen eigentlich sind und welche Tragweite sie haben. Szientisten, die eine vollständige naturwissenschaftliche Welterklärung für möglich halten, unterstellen dabei oft, dass die mechanistischen Erklärungen der Naturwissenschaften von der Physik bis zur kognitiven Neurowissenschaft ein deterministisches Weltbild begründen, in dem es keinen genuinen Platz mehr für den menschlichen Geist und den freien Willen als etwas Irreduzibles gibt. Wie weit reicht aber die mechanistische Begründungsleistung der Naturwissenschaften heute und wo sind ihre Grenzen?¹

1. Mechanismen

Sehen wir uns zunächst an, was man unter einem Mechanismus versteht. Im allgemeinsten Sinne handelt es sich dabei um einen kausalen Wirkungs-

1 Die folgenden Ausführungen beruhen auf Falkenburg 2012a, 2014.

zusammenhang, genauer: um ein System von Elementen, die so zusammenwirken, dass sie einen Prozess zustande bringen oder verursachen.

Definition 1: Ein Mechanismus ist ein System von Elementen, die so zusammenwirken, dass sie einen Prozess zustande bringen oder verursachen.

Der Hintergrund der Rede von Mechanismen ist das mechanistische Weltbild des 18. und 19. Jahrhunderts, nach dem man annahm, dass die Naturprozesse funktionieren wie Maschinen. Das Vorbild dabei war der Vergleich des Sonnensystems oder des Weltenbaus insgesamt mit einer Uhr. Heute liefern die System- und Prozessbeschreibungen der modernen Naturwissenschaften die Grundlage. Dabei gehorchen die wenigsten Mechanismen den Gesetzen der klassischen Mechanik – angefangen mit der Dampfmaschine, deren Wirkungsweise auf der Thermodynamik beruht.

Das simpelste Beispiel für einen Mechanismus ist eine Uhr, als Mechanismus, der die Zeit anzeigt. Das Systemganze ist die Uhr. Die kausalen Komponenten sind die Unruhe und die Zahnräder im Inneren der Uhr; sie greifen so ineinander, dass sie die Uhrzeiger bewegen. Und das Phänomen ist der Zeigerstand, der auf dem Zifferblatt die Uhrzeit anzeigt (Abb. 1.1).

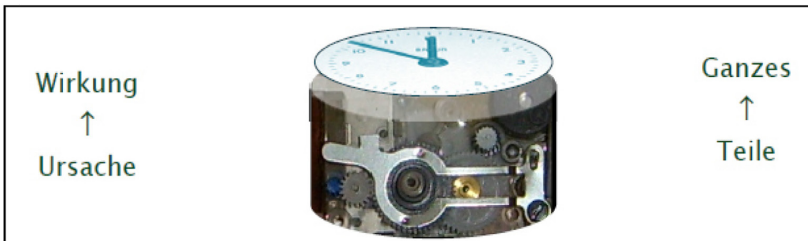


Abb. 1.1: Mechanismus einer Uhr

Die kausalen Vorgänge in einem Mechanismus beruhen immer auch auf thermischen Vorgängen, die irreversibel sind und die die Zeitrichtung festlegen. Das gilt auch schon für die Uhr. Andernfalls hätte der kausale Mechanismus keine intrinsische zeitliche Richtung. Für eine Uhr wäre dies fatal! Dabei verbrauchen alle technischen Mechanismen Energie. Eine mechanische Uhr muss aufgezogen werden, sonst bleibt sie stehen; und ein Wecker wie der hier Gezeigte funktioniert nur mit einer Batterie. Eine Uhr

ist letztlich eine Maschine, die zwei Uhrzeiger bewegt. Maschinen wie der Herd, der Kühlschrank oder die Dampfmaschine leisten Arbeit. Sie ist damit erkaufte, dass Energie verbraucht wird und nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik die Entropie irreversibel ansteigt. Und jede Maschine hat nur einen beschränkten Wirkungsgrad, d.h. Etliches von der Energie, die sie verbraucht, verpufft in die Umgebung.

Maschinen sind von Menschenhand gebaut. Wie verhält es sich aber mit den Mechanismen in der Natur, zu denen auch das neuronale Geschehen im Gehirn zählt? Ein Beispiel für einen praktisch reibungsfreien natürlichen Mechanismus, der angenähert nach den deterministischen Gesetzen der klassischen Mechanik funktioniert, ist das Sonnensystem (Abb. 1.2).

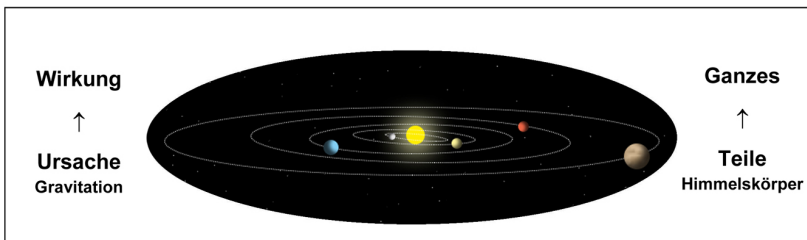


Abb. 1.2: Das Sonnensystem – ein deterministischer Mechanismus

Die Teile des Mechanismus sind die Sonne, Planeten und Monde; sie fungieren nach den Gesetzen der Schwerkraft als kausale Komponenten, die das Systemganze in seiner näherungsweise elliptischen, scheibenförmigen Gestalt hervorbringen. Reibungsfrei ist das System, weil sich die Planeten und die Sonne im Vakuum bewegen; eine Atmosphäre, die Bewegungen abbremsst, gibt es nur in der unmittelbaren Umgebung der Planeten. Das Sonnensystem ist seit Jahrmilliarden stabil und wird es auch noch ein paar Jahrmilliarden lang bleiben. Es inspirierte schon Laplace, der sich eingehend mit der Himmelsmechanik befasste, zur Vorstellung seines allwissenden Dämons, der den deterministischen Weltlauf berechnen könnte. Auch das Sonnensystem ist jedoch in den kosmischen Energiekreislauf eingebunden, der den Gesetzen der Thermodynamik unterliegt. Es entstand bei der Strukturbildung im Universum aus einem glühenden Materiewirbel; und es wird

vergehen, wenn die Stoffe für die Kernfusion in der Sonne aufgebraucht sind.

Das dritte Beispiel für einen physikalischen Mechanismus ist der Aufbau der Materie, etwa eines Minerals, aus Atomen und subatomaren Teilchen (Abb. 1.3). Die kausalen Komponenten sind hier die Atome und ihr Aufbau aus Atomkernen und Elektronen. Die subatomaren Kräfte bestimmen, wie sich die Atomkerne und Elektronen zu Atomen verbinden und einen Festkörper bilden. Dabei legt die Beweglichkeit der Elektronen im Festkörper fest, welche magnetischen und optischen Eigenschaften ein Mineral hat. Auch ein Mineral und die Atome darin sind extrem stabile Gebilde, deren innere Mechanismen reibungsfrei funktionieren – doch auch sie sind den Gesetzen der Thermodynamik unterworfen. Ihre Stabilität hängt von der Temperatur ab. Wenn ein Komet der Sonne zu nah kommt, werden die Mineralien, aus denen er besteht, mit zunehmender Hitze erst flüssig; dann verdampfen sie; und schließlich lösen sich auch noch die Atome in ein Plasma auf.

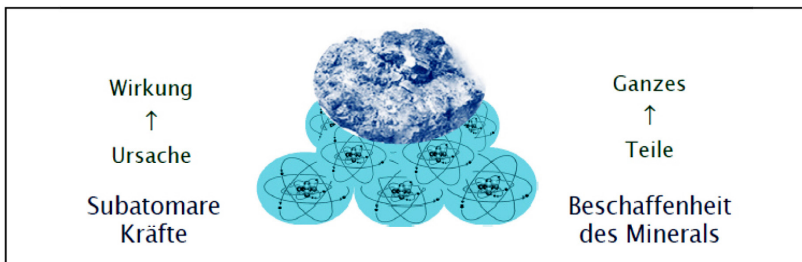


Abb. 1.3: Atomare Mechanismen in einem Mineral

Die Rede von Mechanismen ist heute in Wissenschaft und Technik ubiquitär. Man spricht auch von Mechanismen der physikalischen Signalübertragung, etwa durch Licht oder Funksignale, vom Wirkungsmechanismus der Dampfmaschine, vom elektro- und thermodynamischen Mechanismus der Entstehung eines Gewitters, von astrophysikalischen Mechanismen der Entstehung von kosmischer Strahlung, usw. Beispiele aus der Biologie sind die Mechanismen der Photosynthese, der Reduplikation der DNS oder der Genexpression; sowie Beispiele aus der Neurowissenschaft wie die Mustererkennung und das Lernen durch ein neuronales Netz.

2. Mechanistische Erklärung

Für das Verständnis von mechanistischen Erklärungen ist es wichtig, zwei Typen von Mechanismen zu unterscheiden – einfache, die innerhalb einer Ebene von Objekten und Prozessen wirken (Ein-Level-Mechanismen), und komplexere, die mehrere Ebenen haben (Multi-Level-Mechanismen).

Ein-Level-Mechanismen bewirken die Übertragung einer Wirkung oder eines Signals in einem eindimensionalen kausalen Prozess. Beispiele hierfür sind das Leisten von Arbeit mit einem Hebel oder einem Flaschenzug; die Übertragung eines physikalischen Signals von einem Sender durch Funk (Radiowellen) auf einen Empfänger; oder auch die Übertragung eines chemischen Signals von einer Nervenzelle auf eine andere durch einen Neurotransmitter an einer Synapse (Abb. 2.1).

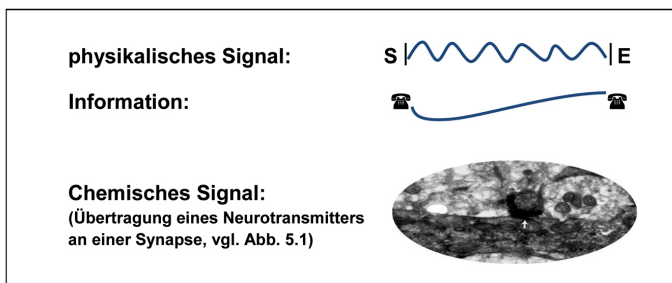


Abb. 2.1: Beispiele für Ein-Level-Mechanismen

Die Elemente des Mechanismus sind dabei: ein Gegenstand, der eine Wirkung ausübt oder ein Signal aussendet; ein physikalischer oder chemischer Prozess der Wirkungsübertragung oder Signalausbreitung; und ein zweiter Gegenstand, auf den die Wirkung übertragen wird oder der das Signal registriert. Die Signalübertragung wird auch oft als Übertragung von Information betrachtet. Hier sollte man allerdings aufpassen: Die physikalische Information, die in Form von physikalischen Signalen von einem Telefon als Sender per Funk auf ein anderes Telefon übertragen wird, stellt in einem völlig anderen Sinne Information dar als die sprachlichen Informationen, die sich die Gesprächspartner beim Telefonieren mitteilen.

Multi-Level-Mechanismen haben mindestens zwei Ebenen. Es handelt sich um zusammengesetzte Systeme, die so gebaut sind und so funktionieren wie Maschinen. Auf der unteren Ebene der System-Bestandteile finden kausale Prozesse statt, die auf der oberen Ebene des Gesamtsystems ein bestimmtes Verhalten oder einen bestimmten Prozess bewirken. Bei ihnen greifen eine Teile-Ganzes-Beziehung und bestimmte kausale Prozesse ineinander. Auf der unteren Ebene sind Ein-Level-Mechanismen am Werk; d.h. die Systembestandteile wirken aufeinander ein; und sie tun dies so, dass auf der oberen Ebene bestimmte Phänomene bewirkt werden. Neben der Uhr (Abb. 1.1) gibt es unzählige weitere technische Beispiele; etwa ein Computer, mit dem man rechnen oder Texte schreiben kann, weil die Schaltplatinen im Innern so konstruiert und programmiert sind, dass er die Zahlen und Texte verarbeitet, die man eingibt.

Das wichtigste physikalische Beispiel ist der subatomare Aufbau der Materie aus Elektronen und Atomkernen (Abb. 1.3); er erklärt viele Eigenschaften der makroskopischen Dinge, insbesondere ihre Farbe, Festigkeit und Oberflächenbeschaffenheit sowie ihre elektrischen, magnetischen und thermischen Eigenschaften. Und das derzeit am meisten diskutierte biologische Beispiel sind die neuronalen Mechanismen, um deren Erklärungsleistung es weiter unten noch gehen wird.

Damit sind wir bei unserem Thema, der mechanistischen Erklärung. Es handelt sich dabei um die Erklärung eines Phänomens, Prozesses oder Verhaltens durch einen Multi-Level-Mechanismus:

Definition 2: Eine mechanistische Erklärung ist die kausale Erklärung eines Phänomens (Prozesses, Verhaltens, ...) durch einen Multi-Level-Mechanismus.

Das Schema dieser Erklärungen entspricht dem Grundaufbau der obigen Beispiele für Mechanismen (Abb. 1–3). Im einfachsten Fall hat der Mechanismus zwei Ebenen oder Stufen. Auf der oberen Ebene oder höheren Stufe hat man ein Phänomen, das erklärt werden soll; auf der unteren Ebene oder Stufe nimmt man kausale Komponenten an, die das höherstufige Phänomen erklären.

Abbildung aus nutzungsrechtlichen Gründen in der pdf-Version ausgeblendet.

Abb. 2.2: Schema eines Zwei-Level-Mechanismus

Die naturwissenschaftliche Grundlage für mechanistische Erklärungen im weitesten Sinne sind die Physik, Chemie, Biochemie und Informationstheorie.² Wichtig für die Tragweite mechanistischer Erklärungen ist nun, dass die kausalen Prozesse auf der unteren Ebene des Mechanismus, d.h. die Einwirkungen der Systembestandteile aufeinander, oft sehr viel genauer bekannt als die Art und Weise, wie diese Wechselwirkungen der Teile auf das Systemganze „durchschlagen“, d.h. wie sie die zu erklärenden Phänomene *genau* bewirken. Der Grund dafür ist, dass die Komponenten auf der unteren Ebene des Mechanismus durch Ein-Level-Mechanismen verbunden sind, die oft sehr präzise zu erklären sind; während die Art und Weise, wie sie durch ihr Zusammenwirken das höherstufige Phänomen hervorbringen, sämtliche Tücken komplexer Systeme mit sich bringen kann. Dies beginnt schon in der Physik, die zwar viele Eigenschaften der makroskopischen Stoffe und Körper aus dem subatomaren Aufbau der Materie erklären kann, aber längst nicht alle.

² Die Rede von gesellschaftlichen, psychologischen etc. Mechanismen jenseits der Naturwissenschaften und die damit intendierte Erklärungsleistung seien hier ausgeklammert; sie stützen sich aber ebenfalls auf ein Verständnis der mechanistischen Erklärung im Sinne der Definitionen 1 und 2.

Bevor wir zu den Erfolgen und Grenzen der mechanistischen Erklärungen kommen, sei aber ihr Hintergrund erklärt. Die Grundidee hinter jeder mechanistischen Erklärung ist die Annahme, dass sich ein System in kausale Komponenten zerlegen lässt. Diese Annahme beruht auf der Methode der Analysis und Synthesis, die aus der frühen Neuzeit stammt und in den Naturwissenschaften bis heute höchst erfolgreich ist.

3. Analysis und Synthesis

Die Begriffe *Analysis* und *Synthesis* kommen aus dem Griechischen und bedeuten „Zerlegung“ bzw. „Zusammensetzung“. Ein Mechanismus lässt sich aber nicht nur in Komponenten zerlegen und wieder daraus zusammensetzen, sondern die kausalen Wirkungen darin sind ebenfalls zentral für mechanistische Erklärungen. Dieses Zusammenspiel von Zerlegen und Zusammensetzen in bzw. aus Teilen mit den kausalen Wirkungen im Ganzen ist typisch für das naturwissenschaftliche Denken, von den Anfängen der neuzeitlichen Physik bis heute. Die Beschäftigung mit den Analyse- und Erklärungsmethoden der frühen Neuzeit ist also nicht nur historisch interessant. Sie wirft bis heute Licht darauf, wie naturwissenschaftliche Erklärungen zustande kommen, wie sie funktionieren und was ihre Tragweite ist. Heute bezeichnet man die Zerlegungsrichtung, die vom Ganzen zu den Teilen führt, mit *top-down*, und die umgekehrte Richtung der Zusammensetzung des Ganzen aus den Teilen als *bottom-up*. Dabei zielt das *top-down*-Vorgehen der heutigen Physik, Chemie, Biologie oder Neurowissenschaft wie schon die Analysis der frühen Neuzeit darauf, von den Phänomenen auf ihre Ursachen zu schließen; und das *bottom-up*-Vorgehen zielt wie einst die Synthesis auf die kausale Erklärung der Phänomene.

Wie sah dies bei Galileo Galilei (1564–1642) und Isaac Newton (1642–1727) aus? Galilei nannte sein Vorgehen die resolutiv-kompositive Methode (*resolutio* und *compositio* sind die lateinischen Ausdrücke für *Analysis* und *Synthesis*); er praktizierte sie in seinen berühmten Experimenten mit der schiefen Ebene, deren Neigung er veränderte, um die Komponenten der Fallbewegung zu analysieren.³ In Newtons Hauptwerken finden sich wissenschaftstheoretische Überlegungen zu dieser Methode. So

3 Vgl. z.B. Losee 1993.

heißt es im Vorwort von Roger Cotes (1682–1716) zur zweiten Auflage von Newtons *Principia*, die Naturforschung verfare

“[...] nach einer zweifachen Methode, der analytischen und synthetischen. Die Kräfte der Natur und ihre einfachen Gesetze leiten sie aus einigen ausgewählten Erscheinungen, mittelst der Analysis ab, und legen die ersteren, mittels der Synthesis, als Beschaffenheit der übrigen Erscheinungen dar.”⁴

Newton selbst gibt zu Beginn des Dritten Buchs der *Principia* (an dessen Ende sich sein berühmtes Diktum *hypotheses non fingo* bezüglich der unbekanntenen Ursache der Gravitation findet⁵) vier methodologische Regeln an, die nähere Auskunft über die analytische Methode geben. Die ersten beiden Regeln beziehen sich auf die kausale Analyse der Phänomene; sie fordern, nicht mehr Ursachen anzunehmen als zur Erklärung der Phänomene hinreichend sind, sowie gleichartige Wirkungen auf gleichartige Ursachen zurückzuführen. Die dritte ist eine Induktionsregel, nach der es gestattet ist, die empirisch bekannten mechanischen Eigenschaften von Körpern auf *alle* Körper zu verallgemeinern, auch auf die kleinsten Bestandteile der Körper, die Atome, von deren Existenz Newton überzeugt war. Die vierte Regel fordert, empirisch bewährten Hypothesen beizubehalten, solange sie nicht falsifiziert sind, anstatt sich spekulative Alternativen zu ihnen auszudenken (ganz im Sinne des oben erwähnten Diktums *hypotheses non fingo*).⁶ Aus heutiger Sicht beschreiben diese Regeln ein induktives Verfahren für einen Schluss auf die beste Erklärung, das aber weitaus komplexer ist als induktive Schlüsse im Sinne der modernen Logik. Dass Newton dabei wirklich an die traditionelle Methode der Analysis und Synthesis denkt, geht aus seiner *Optik* hervor:

„Diese Analysis besteht darin, dass man aus Experimenten und Beobachtungen durch Induktion allgemeine Schlüsse zieht und gegen diese keine Einwendungen zulässt, die nicht aus Experimenten oder aus anderen gewissen Wahrheiten entnommen sind. Denn Hypothesen werden in der experimentellen Naturforschung nicht betrachtet.“⁷

4 Newton [1687] 1872, 5.

5 Ebd., 511: „Ich habe noch nicht dahin gelangen können, aus den Erscheinungen den Grund dieser Eigenschaften der Schwere abzuleiten, und Hypothesen erdenke ich nicht.“

6 Ebd., 380 f.

7 Newton [1704], 148.

Im Zusammenhang mit unserem Thema der mechanistischen Erklärung ist hier Folgendes wichtig: Die Analysis in Newtons Sinn kombiniert die Zergliederung der Phänomene in Komponenten oder der Körper in ihre Bestandteile (3. Regel) mit der kausalen Analyse (1.-2. Regel). Für die Schlüsse, die man dabei aus den Phänomenen zieht, sind nur die experimentellen Beobachtungen der Prüfstein (4. Regel, siehe auch die eben zitierte Textstelle). Wie Newtons weitere Ausführungen in der *Optik* deutlich machen, zielt die kausale Analyse auf die Auffindung von Kräften und anderen Ursachen; während die Synthesis umgekehrt erweisen soll, dass die so gefundenen Ursachen die Phänomene in der Tat erklären können:

„Auf diese Weise können wir in der Analysis vom Zusammengesetzten zum Einfachen, von den Bewegungen zu den sie erzeugenden Kräften fortschreiten, überhaupt von Wirkungen zu ihren Ursachen, von den besonderen Ursachen zu den allgemeineren, bis der Beweis mit der allgemeinen Ursache endigt. Dies ist die Methode der Analysis: die Synthesis dagegen besteht darin, dass die entdeckten Ursachen als Prinzipien angenommen werden, von denen ausgehend die Erscheinungen erklärt und die Erklärungen bewiesen werden.“⁸

Newton demonstrierte das Zusammenspiel von Analysis und Synthesis in seiner *Optik* an der Zerlegung des weißen Lichts in die Spektralfarben und an der Überlagerung zweier Farbspektren von parallel angeordneten Prismen, die wiederum weißes Licht ergeben (Abb. 3.1). Dagegen zeigt er in den *Principia*, dass die Analyse der Phänomene nach seinen Regeln des Philosophierens dazu führt, dass sich die Fall- und Wurfprozesse mechanischer Körper auf der Erde und die Bewegungen der Himmelskörper aus ein-und-derselben Ursache, der Gravitation, erklären lassen. Die Synthesis ist hier die mathematische Deduktion der Bewegungen aus dem Kraft- und Gravitationsgesetz; wobei ein Diagramm im Anhang zu den *Principia* demonstriert, dass es einen kontinuierlichen Übergang von Galileis Wurfpabel der Kepler-Bahn des Mondes um die Erde gibt (Abb. 3.2.).

8 Ebd.

Abbildung aus nutzungsrechtlichen Gründen in der pdf-Version ausgeblendet.
Die zugehörige Veröffentlichung von Isaac Newton ist im Gutenberg-Projekt online gestellt:
<https://www.gutenberg.org/files/33504/33504-h/33504-h.htm>

Abb. 3.1: Analysis und Synthesis des Lichts

Abbildung aus nutzungsrechtlichen Gründen in der pdf-Version ausgeblendet.

Abb. 3.2: Übergang von der Galilei- zur Kepler-Bewegung

Newtons Schluss auf die beste Erklärung zielt demnach offenbar auf eine *mechanistische Erklärung* im oben erläuterten Sinn. Die Analysis schließt *top-down* von einem höherstufigen Phänomen auf dessen Komponenten und deren Zusammenwirken auf den tieferen Ebenen eines Multi-Level-Mechanismus. Und die Synthesis soll umgekehrt nachweisen, dass sich von den Bestandteilen eines Systems und den Kräften, die zwischen ihnen am Werk sind, *bottom-up* die Eigenschaften und das Verhalten des Systemganzen herleiten lassen.

Definition 3: Die analytisch-synthetische Methode Newtons ist ein zwei-stufiges Verfahren:

- (i) Die *Analysis* schließt *top-down* von höherstufigen Phänomenen auf deren Bestandteile und deren kausales Zusammenwirken auf tieferen Ebenen.
- (ii) Die *Synthesis* leitet *bottom-up* die Eigenschaften höherstufiger Phänomene aus dem kausalen Zusammenwirken von deren Komponenten her.

Folgerung: Newtons analytisch-synthetische Methode zielt auf mechanistische Erklärung, wie die *top-down* und *bottom-up* Ansätze der heutigen Naturwissenschaften.

Varianten dieser Methode, die ursprünglich aus der antiken Mathematik stammte⁹, waren in der frühen Neuzeit von der Mathematik über die Physik bis hin zur Philosophie weit verbreitet.¹⁰ Ihre Attraktivität bezogen sie aus der quasi-mathematischen Gewissheit, die sie auch außerhalb der Mathematik versprachen. Immanuel Kant (1724–1804) wandte sie in seinen vorkritischen Schriften erfolgreich auf die Prozesse der Strukturbildung im Universum und auf die Begründung einer atomistischen Materietheorie an,¹¹ wollte damit aber auch ein metaphysisches System begründen. Im Fall der Suche nach metaphysischen Begründungen war die Erwartung der

9 Pappus 1589.

10 Vgl. Engfer 1982. René Descartes (1596–1650) verallgemeinerte die Methode in der 2. und 3. Regel seines *Discours de la méthode* (Descartes [1637] 1969). Auch bei Thomas Hobbes (1588-1679) finden sich in *De corpore* Ausführungen zur analytisch-synthetischen Methode, deren Teilschritte er, wie Galilei, als kompositiv und resolutiv bezeichnet (Hobbes [1655] 1997).

11 Kant 1755, 1756.

quasi-mathematischen Gewissheit allerdings trügerisch, wie er später mit seiner Vernunftkritik zeigen wollte.¹²

4. Die Erfolge – und die Grenzen

Ab dem 19. Jahrhundert hatte die analytisch-synthetische Methode in den Wissenschaften weitgehend ausgedient – außer in den mathematischen Naturwissenschaften. Dort hat die Analysis seit Galilei und Newton den Doppelcharakter von Zergliederung der Phänomene und kausaler Analyse, und sie wird in Experimenten durchgeführt. Die Ursachen der Phänomene werden durch Naturgesetze wie das Gravitationsgesetz ausgedrückt, die es erlauben, das Zusammenwirken der Systemkomponenten mathematisch zu beschreiben. Die Synthesis, d.h. die Herleitung der Phänomene aus den kausalen Eigenschaften ihrer Komponenten, nimmt dann die Form von mechanistischen Erklärungen an.

Newtons analytisch-synthetische Methode führte zu einer beispiellosen Erfolgsgeschichte der mechanistischen Erklärungen. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts konnten die schon von Newton postulierten Atome experimentell untersucht werden. Dabei wurde nachgewiesen, dass sie keine Atome im ursprünglichen Wortsinn (*atomos* = das Unteilbare) sind, sondern aus Elektronen und Atomkernen bestehen; die letzteren wiederum aus Protonen und Neutronen; und diese schließlich aus Quarks. Auch das Licht zeigte schließlich den einst von Newton postulierten atomaren Charakter; seit Anfang des 20. Jahrhunderts ist bekannt, dass es aus Lichtquanten (Photonen) besteht. Auf der Basis der Atomphysik wurden sodann die Physik der Moleküle, die physikalische Chemie, die Biochemie und schließlich die Mikrobiologie und Genetik begründet. Um diese Erfolgsgeschichte möglichst fortzuschreiben, lesen alle Physiker, Chemiker, Biologen usw., die sich für die Grundlagen und Methoden ihrer Disziplin interessieren, bis heute genauso gern in den Werken von Galilei und Newton wie in denjenigen von Albert Einstein (1879–1955), Niels Bohr (1885–1962), Werner Heisenberg (1901–1976) oder den Begründern der modernen Genetik.

12 Kant 1781/1787. Kant hatte die Methode in seiner vorkritischen Philosophie selbst praktiziert, sich dabei aber in gravierende Probleme bezüglich der begrifflichen Grundlagen seiner Metaphysik verstrickt. Vgl. Falkenburg 2000.

Allerdings zeigten sich in der Quantenphysik auch die Grenzen der mechanistischen Erklärung. Die Atome und ihre Bestandteile haben, wie auch das Licht und andere Strahlung (Wärmestrahlung, Röntgenstrahlen, Radioaktivität), einen Doppelcharakter von Wellen- und Teilchennatur, die sie jeweils in Abhängigkeit von den Experimentiermethoden zeigen, mit denen man sie untersucht. Besonders charakteristisch ist dabei der Doppelspaltversuch mit einzelnen Lichtquanten oder auch Elektronen; die einzelnen Quanten erzeugen nach Beugung am einen Doppelspalt teilchentypische Schwärzungspunkte auf einer Fotoplatte, aber im Lauf der Zeit entsteht daraus das wellentypische Interferenzmuster (Abb. 4.1).

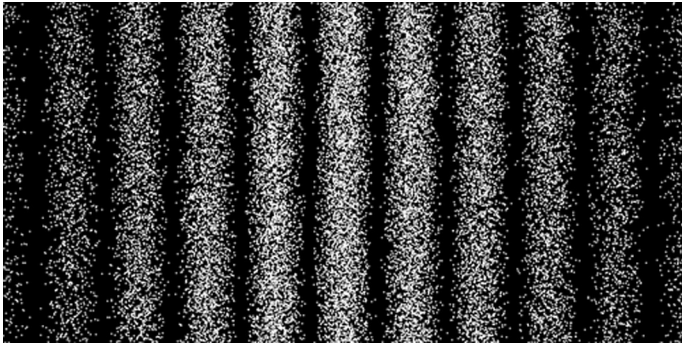


Abb. 4.1: Interferenz v. Photonen oder Elektronen hinter einem Doppelspalt

Newtons Schluss auf die Atome folgte seiner 3. Regel des Philosophierens, nach der man auch den kleinsten Bestandteilen der Körper dieselben Eigenschaften zusprechen soll wie Billardkugeln oder Planeten. Diese Regel lieferte vielleicht die zu Newtons Zeit beste Erklärung für die Beschaffenheit der materiellen Dinge – aber aus heutiger Sicht war sie irreführend: Atome und ihre Bestandteile verhalten sich eben nicht wie makroskopische Körper. Insbesondere kommt ihnen nach der Heisenberg'schen Unschärferelation nicht zugleich ein exakter Ort *und* eine exakte Geschwindigkeit zu, anhand deren ihre Raum-Zeit-Bahn bestimmt wäre; und diese Unbestimmtheit gilt auch für andere Quanteneigenschaften. Bohr war deshalb der Auffassung,

dass bei Quantenphänomenen die experimentelle Analyse und Synthese an ihre Grenzen stoße. Dagegen konnte sich Einstein nie mit dem Verlust der Zuschreibung wohldefinierter Eigenschaften zu einzelnen Teilchen abfinden.¹³ In engem Zusammenhang damit steht, dass die Quantenphysik nicht strikt deterministisch ist, sondern im Allgemeinen nur Wahrscheinlichkeitsaussagen macht. Die philosophische Debatte darüber, wie die Quantenphysik zu verstehen ist, dauert bis heute an.

Die mechanistischen Erklärungen der heutigen Atom-, Kern- und Teilchenphysik haben deshalb kaum noch etwas mit dem Ursprung dieses Erklärungstyps bei Galilei und Newton zu tun. Im Bereich der Quantenphysik sind die Materiebestandteile nicht so wohlsepariert wie Billardkugeln oder die Himmelskörper, sondern verschränkt. Dennoch gibt die Quantenphysik sehr präzise Auskunft darüber, wie die Masse, Ladung und andere Größen eines Atoms aus den Eigenschaften seiner Bestandteile sowie der inneratomaren Wechselwirkungen herrühren.¹⁴

Andere Grenzen der mechanistischen Erklärung zeigen sich bei der Beschreibung komplexer Systeme, etwa bei den Phasenübergängen der Festkörperphysik. Philip W. Anderson (geb. 1923) ist bei Philosophen für seinen Aufsatz *More is Different*¹⁵ berühmt, in dem er hervorhebt, dass komplexe Systeme viele nicht-reduzierbare Eigenschaften haben. In einem einführenden Lehrbuch der Festkörperphysik, das u.a. darstellt, wie die Quantenphysik die magnetischen Eigenschaften der Festkörper erklärt, heißt es zu Beginn: „*We do not know why there are solids.*“¹⁶

Die mechanistischen Erklärungen der Biologie zeigen, dass die Zellphysiologie auf biochemischen Vorgängen innerhalb der Zellen beruhen, und dass das Erbmaterial im Zellkern in der DNS in Form von Proteinen als ihren Bausteinen kodiert ist – das ist der „genetische Code“. Bei allen Erfolgen stößt die mechanistische Erklärung aber in der Biologie auch an grundsätzliche

13 Beide Positionen werden in Bohrs Darstellung der Bohr-Einstein-Debatte deutlich gemacht: Bohr 1949.

14 Für diese Größen gelten präzise, experimentell überprüfbare Summenregeln, die auch die Bindungsenergie der Protonen und Neutronen sowie einen Anteil von quantisierten Strahlungsfeldern einschließen. Vgl. Falkenburg 2007, Kap. 6, und Falkenburg 2012b.

15 Anderson 1972.

16 Anderson 1997, 3.

Grenzen. Dies zeigt sich besonders bei der Erklärung neurobiologischer Phänomene durch neuronale Mechanismen.

5. Was erklären neuronale Mechanismen?

Ein neuronaler Mechanismus ist das neurobiologische Pendant zu den obigen Beispielen aus der Physik. Die Teile des Mechanismus sind hier Neurone (Abb. 5.1, untere Ebene), das Ganze ist ein neuronales Netz (Abb. 5.1, obere Ebene) – das hochkomplexe Geflecht der Neurone in der Hirnrinde (Abb. 5.1, rechts oben). Die Hirnrinde ist die Grundlage der kognitiven Leistungen und der bewussten Prozesse, die unser Gehirn zustande bringt. Sie besteht aus Schichten und Säulen von Neuronen, die millionenfach vernetzt sind. Die neurophysiologische Grundlage des Gehirngeschehens sind elektrochemische Vorgänge. Wie jedes biologische System verbraucht das Gehirn dabei Energie, mit der es der Stoffwechsel in Form von viel Sauerstoff und Zucker versorgt.

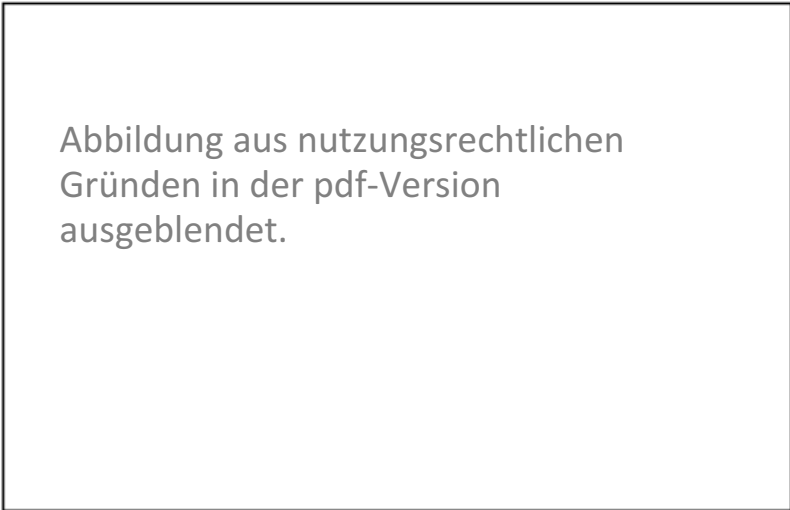


Abbildung aus nutzungsrechtlichen Gründen in der pdf-Version ausgeblendet.

Ab. 5.1: Neuronales Netz, unten: Teil eines Neurons mit Synapse (Pfeil)

Die kausalen Aktivitäten im neuronalen Mechanismus liegen in elektrochemischen Vorgängen, die sich in und zwischen den Nervenzellen der Hirnrinde abspielen. Die Neurone haben lange Fortsätze, die Axonen, in denen sich elektrische Signale fortpflanzen, und sie verzweigen sich in Dendriten, die an andere Nervenzellen andocken können. Die Verbindungsstellen zwischen Axonen und Dendriten sind die Synapsen; dort erfolgt die Signalübertragung durch chemische Substanzen, die Neurotransmitter.

Die Signalübertragung in den Axonen und über die Synapsen in die Dendriten eines benachbarten Neurons ist ein Ein-Level-Mechanismus (Abb. 2.1). Im Axon funktioniert die Signalfortpflanzung wie in einem elektrischen Schaltkreis, weil die Zellwand der Nervenzelle die elektrochemischen Eigenschaften einer Batterie hat (Schaltkreis-Modell von Hodgkin und Huxley), und sie wird durch die Gesetze der Elektrodynamik beschrieben, ist also näherungsweise deterministisch. An den Synapsen sind nur Wahrscheinlichkeitsgesetze am Werk. Die chemische Signalübertragung an den Synapsen hat oft nur einen Wirkungsgrad von 10–20%, funktioniert also kaum besser als die gute alte, inzwischen ausrangierte Glühbirne. Es müssen *vieler* Neurone durch einen Neurotransmitter stimuliert werden, damit genügend davon feuern und sich ein Signal im Gehirn ausbreitet. Das Signal breitet sich demnach innerhalb des Neurons annähernd deterministisch aus, kommt aber nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit über die Synapse hinweg im anderen Neuron an. Dies sei hier hervorgehoben, um zu betonen, dass heutige mechanistische Erklärungen, wie auch in der Quantenphysik, meistens nicht deterministisch sind.

Auch für die Signalübertragung an den Synapsen gibt es ein Modell, nämlich die Vernetzung von *vielen* Schaltkreisen zu einem künstlichen neuronalen Netz mit vielen Knotenpunkten – zum parallel rechnenden Computer. Die Schaltkreise im Computer verarbeiten Information, die in Nullen und Einsen kodiert ist (0=kein Signal; 1=Signal); und ein Computerprogramm legt fest, wie dies geschieht. Im Parallelrechner (Abb. 5.2) ist die Informationsverarbeitung vielfach vernetzt und rückgekoppelt, nach dem Vorbild der Neurone und ihrer Vernetzung im Gehirn.

Abbildung aus nutzungsrechtlichen
Gründen in der pdf-Version
ausgeblendet.

Abb. 5.2: Parallelrechner (links) und natürliches neuronales Netz (rechts)

Auf den Rückkopplungsprozessen in einem künstlichen neuronalen Netz beruhen die Fähigkeiten von Robotern. Wenn man den Parallelrechner mit Sensoren (z.B. Fotozellen zur Abbildung der Umgebung) ausstattet, kann man ihn dafür programmieren, die registrierte Information auszuwerten. Die Informationsverarbeitung im Roboter schließt dann einen Mechanismus zur Selbststeuerung ein. So arbeitet z.B. ein Robot-Staubsauger, wie es ihn jetzt überall zu kaufen gibt: Er scannt seine Umgebung ab und berechnet nach den Scan-Ergebnissen, entlang welcher Bahn er am besten weitersaugt. Sein neuronales Netz funktioniert nicht deterministisch, sondern nach Wahrscheinlichkeitsgesetzen, wie das natürliche Vorbild. Es simuliert den begrenzten Wirkungsgrad an den Netzknoten, indem es die Signale nicht immer weiterleitet, sondern nur mit relativen Häufigkeiten, die es per Zufallsgenerator variiert. Der Rechenalgorithmus läuft dabei auf ein statistisches Näherungsverfahren hinaus. Wenn sich das Netz „festfährt“, d.h. auf Hindernisse stößt und in Bezug auf die Rechenergebnisse auf der Stelle tritt, generiert es Zufallszahlen für die relativen Häufigkeiten und fängt mit der Berechnung von vorne an. So bekommt der Robot-Staubsauger mit seinen rotierenden Borsten nach einigem Hin-und-Her sogar die Möbelfüße und Zimmerecken halbwegs sauber.

6. Die Analogie zwischen Gehirn und Computer

Ursprünglich war das natürliche neuronale Netz im Gehirn das Vorbild, nach dem man künstliche neuronale Netz bzw. parallel arbeitende Computer mit Rückkopplungsmechanismen konstruiert und programmiert hat. Die Informatiker sprechen jedoch davon, dass ein künstliches neuronales Netz *lernt*, wenn es die über Sensoren aufgenommene Information aus der Umgebung auswertet und sich entsprechend umprogrammiert. Der Schritt von diesem Sprachgebrauch zur Annahme, dass das Gehirn funktioniert wie ein parallel rechnender Computer, d.h. wie ein künstliches neuronales Netz hoher Komplexität, ist klein. Die Information, die so ein Computer verarbeitet, wird dann mit kognitiven Leistungen des Gehirns verglichen – von zielgerichteten Bewegungen über Lernen und Erinnerung bis hin zu den Bewusstseinsinhalten.

Bei diesem Vergleich handelt es sich um eine Analogie: Der Computer verhält sich zur Information, die er verarbeitet, ungefähr so wie das Gehirn zu seinen kognitiven Leistungen.

Computer : Information \approx Gehirn : kognitive Leistungen

Das Zeichen \approx deutet das „ungefähr“ an; es handelt sich um keine Gleichsetzung. Jede Analogie hinkt – die eine mehr, die andere weniger. Die Hirnforscher wissen natürlich, dass das Gehirn kein Computer *ist*. Es ist millionenfach komplexer als jeder noch so leistungsfähige Parallelrechner, und es besteht nicht aus gleichartigen, industriell gefertigten elektrischen Schaltkreisen, sondern aus lebendigen, äußerst vielgestaltigen Neuronen, die sich bei der Gehirntätigkeit immer wieder verändern. Das Computer-Modell der kognitiven Gehirnleistungen gilt darum in der Hirnforschung nur als Idealisierung.

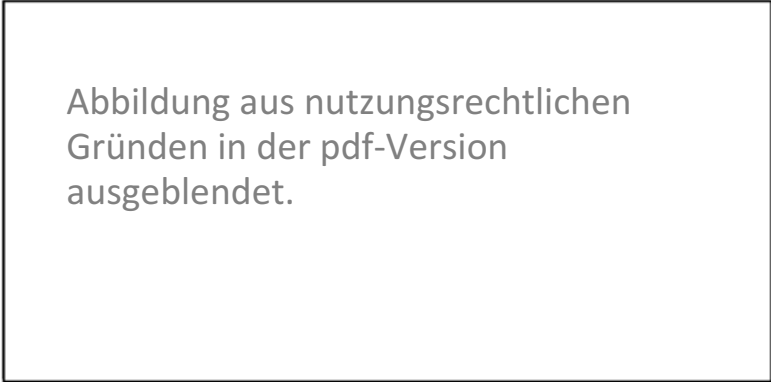


Abbildung aus nutzungsrechtlichen Gründen in der pdf-Version ausgeblendet.

Abb. 6.1: Die Analogie zwischen dem Gehirn und Computer

Dabei denken die meisten Hirnforscher aber, dass der Mechanismus der Informationsverarbeitung in beiden Fällen *grundsätzlich* derselbe ist; diese heuristische Annahme treibt seit Jahrzehnten die Forschung in der kognitiven Neurowissenschaft voran. Und sie übertragen diesen Vergleich dann von grundlegenden kognitiven Fähigkeiten wie Lernen, Mustererkennung, Bewegungssteuerung und Erinnerung, über die auch primitive Organismen verfügen, auf das Bewusstsein und unsere bewussten Entscheidungen.

An dieser Stelle müssen wir fragen: Was ist eigentlich das Modell, was die Wirklichkeit? Ist das Gehirn ein biologisches Vorbild für den Bau von parallel rechnenden Hochleistungs-Computern und Robotern, denen man Sensoren und interne Mechanismen der Selbststeuerung einbaut? Oder ist umgekehrt der Computer das Vorbild dafür, das Bewusstsein zu verstehen – auch wenn wir gar nicht wissen, wie tragfähig das Computer-Modell der Information für das Verstehen der wahren „Mechanismen“ ist, nach denen das Gehirn Bewusstsein und unsere bewussten Entscheidungen generiert? Von Informatikern und auch Hirnforschern wird die Analogie gern in *beiden* Richtungen gelesen. Dies suggeriert dann, dass das neuronale Geschehen mentale Phänomene wie Lernen, Mustererkennung oder Erinnerung, bis hin zum Bewusstsein, *ungefähr* so hervorbringt wie ein Computer die Informationen, die er uns als Rechenergebnisse ausspuckt. Dabei fungiert der

Informationsbegriff in der Hirnforschung als eine semantische Brücke, die eine drastische Erklärungslücke überspannt. Niemand weiß, wie die vernetzten und feuernenden Neuronen im Cortex es bewirken, dass wir etwas erleben, verstehen, planen und entscheiden können (Abb. 6.2).

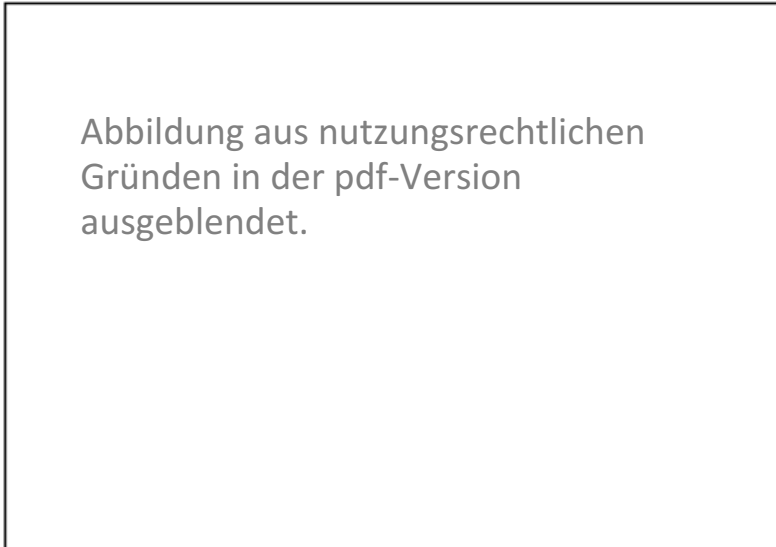


Abb. 6.2: Wie bringt das neuronale Netz im Cortex Bewusstsein hervor?

Dennoch verwechselt man die Informationsverarbeitung im künstlichen neuronalen Netz gern mit der Informationsverarbeitung, die dazu führt, dass *wir etwas verstehen*. Die Bedeutungen, die wir verstehen, werden dabei der Computer-Information gleichgesetzt; ohne zu berücksichtigen, dass ein Computer nur Information verarbeitet, weil er von Menschen zu diesem Zweck programmiert wird. Eine mechanistische Erklärung für das Bewusstsein liefert die Analogie jedoch *nicht*.

Der kausale Mechanismus, d.h. die kausale Aktivität der Komponenten, die das Phänomen „Information“ hervorbringt, ist nur auf der Computer-Seite der Analogie bekannt, aber *nicht* auf der Gehirn-Seite. Diese Analogie ist nicht verlässlicher als der Atomismus des 17. Jahrhunderts, der sich auf Analogieschlüsse wie Newtons 3. Regel des Philosophierens stützte.

Newton war überzeugt davon, dass die Materie aus Atomen besteht. Seine Grundlage war dabei die Annahme, die Natur sei im Kleinen genauso strukturiert wie im Großen. Grundsätzlich lagen er und andere Atomisten der frühen Neuzeit richtig mit der Vermutung, dass es Atome gibt; doch seit der Quantentheorie wissen wir, wie sehr sie sich über die Beschaffenheit der Atome irrten. Dieser Analogieschluss und das klassische Atommodell, zu dem er führte, waren ein gutes, fruchtbares, aber falsches Modell der materiellen Wirklichkeit. Die Geschichte der Atomphysik zeigt: Analogien können zu falschen Modellen führen, die nützlich für den Gang der Forschung sind. Aber sobald man es besser weiß, werden sie über den Haufen geworfen. Warum sollte es der Informations-Analogie für kognitive Leistungen besser ergehen? Für Fähigkeiten wie Lernen, Mustererkennung, gezielte Bewegung oder Erinnerung hat sie sicher ihre Berechtigung. Sie auf komplexere menschliche kognitive Leistungen und gar das Bewusstsein zu übertragen ist aber problematisch. Sie erklärt nicht unsere bewussten Fähigkeiten, bei denen unser Gehirn nicht reproduktiv arbeitet, sondern für die das Bewusstsein als aktive Planungsinstanz eine zentrale Rolle spielt.

Der Neurophilosoph William Bechtel (geb. 1951) hebt deshalb in seinem Buch *Mental Mechanisms* hervor, dass der informationstheoretische Ansatz heuristischen Wert für die Entschlüsselung der Beziehungen zwischen Gehirn und Bewusstsein hat. Danach wird das mentale Geschehen, d.h. die Bewusstseinsinhalte, mit der oberen Ebene eines Mechanismus identifiziert, der dazu dient die kausalen Komponenten herauszufinden, die auf der unteren, neuronalen Ebene damit korreliert sind – und umgekehrt.¹⁷

Jedoch gibt es eine grundsätzliche Grenze, auf die das Vorhaben stößt, menschliches Bewusstsein durch neuronale Mechanismen zu erklären. Die besprochenen physikalischen und die neuronalen Mechanismen erklären ein Ganzes aus seinen Teilen heraus, aus den kausalen Aktivitäten seiner Komponenten. Die Teile-Ganzes-Beziehung ist dabei für die physikalischen Mechanismen (Abb. 1.1–3) so zentral wie für die natürlichen und die künstlichen neuronale Netze (Abb. 5.1–2).

17 „One of the virtues of viewing identity as a heuristic claim is that it can guide not only the elaboration of the two perspectives which are linked by the identity claim, but it can use each to revise the other.” Bechtel 2008, 71.

Anders ist es beim Aufstieg zum Bewusstsein (Abb. 6.1–2). Hier versagt das mechanistische Erklärungsmodell, und nur der Analogieschluss mit dem doppeldeutigen Informationsbegriff bleibt. Weder das Gehirn noch die vernetzten Neurone im Cortex verhalten sich zum Bewusstsein und unseren bewussten kognitiven Fähigkeiten wie die Teile zu einem Ganzen oder wie ein Ganzes zu seinen Teilen. Das mechanistische Erklärungsmodell der Naturwissenschaften wird aus diesem Grund der Eigenart des Bewusstseins nicht gerecht; und unseren Fähigkeiten, etwas zu erleben, zu verstehen, zu planen und zu entscheiden, auch nicht.

7. Fazit

Die analytisch-synthetische Methode Galileis und Newtons, die Newton in seinen Hauptwerken erläutert hat, führte zu einer beispiellosen Erfolgsgeschichte der mechanistischen Erklärungen in den neuzeitlichen Naturwissenschaften. Grenzen zeigen sich in der Quantenphysik, bei der Erklärung der Eigenschaften komplexer Systeme und in der kognitiven Neurowissenschaft. In der Quantenphysik sind die Komponenten eines Multi-Level-Mechanismus nicht mehr wohlsepariert, sondern verschränkt. In komplexen Systemen kommen irreduzible, emergente Eigenschaften auf der Ebene des Systemganzen ins Spiel, deren mechanistische Erklärung Schwierigkeiten macht. Und in der kognitiven Neurowissenschaft ist die prinzipielle Hürde für mechanistische Erklärungen, dass zwischen der neuronalen Grundlage unserer kognitiven Leistungen und unserem bewussten Erleben keine Teile-Ganzes-Beziehung besteht. Der mechanistische Ansatz hat hier allenfalls eine heuristische Funktion für die Zuordnung von kognitiven Leistungen zu ihrer neuronalen Basis, und umgekehrt.

Literatur:

- Anderson, Philip W., 1972: More Is Different. *Science, New Series*, Vol. 177, 393–396.
- Anderson, Philip W., 1997: *Concepts in Solids*. World Scientific, Singapore.
- Bechtel, William, 2007: *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*. London: Routledge.
- Bohr, Niels, 1949: Discussion with Einstein on Epistemological Problems of Atomic Physics. In: Schilpp, P.A. (ed.) 1949: *Albert Einstein: Philosopher - Scientist*. Library of Living Philosophers. Evanston, Illinois. 1949, 115–150. (Dt.: *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*. Stuttgart: Kohlhammer 1955)
- Craver, Carl F. (2007): *Explaining the Brain. Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*. Oxford: Clarendon Press.
- Descartes, René, [1637] 1969: *Discours de la Méthode/ Von der Methode des richtigen Vernunftgebrauchs und der wissenschaftlichen Forschung*. Französisch - Deutsch. Übers. u. hrsg. von Lüdger Gäbe. Hamburg: Meiner.
- Engfer, Hans Jürgen, 1982: *Philosophie als Analysis*, Stuttgart-Bad Cannstatt: Frommann-Holzboog.
- Falkenburg, Brigitte, 2000: *Kants Kosmologie. Die wissenschaftliche Revolution der Naturphilosophie im 18. Jahrhundert*. Frankfurt am Main: Klostermann.
- Falkenburg, Brigitte, 2007: *Particle Metaphysics. A Critical Account of Subatomic Reality*. Heidelberg: Springer.
- Falkenburg, Brigitte 2012a: *Mythos Determinismus. Wieviel erklärt uns die Hirnforschung?* Heidelberg: Springer.
- Falkenburg, Brigitte: 2012b: *Was sind subatomare Teilchen?* In: Esfeld, M. (Hg.) *Philosophie der Physik*, Frankfurt am Main: Suhrkamp, 158–184.
- Falkenburg, Brigitte 2014: *Neuronale Mechanismen und ihre Grenzen*. In: H. Fink & R. Rosenzweig (Hrsg.), *Bewusstsein - Selbst - Ich*. Münster: mentis.
- Hobbes, Thomas [1655] 1997: *De Corpore. Elemente der Philosophie. Erste Abtheilung: Der Körper*. Übers. u. hrsg. v. Karl Schuhmann. Hamburg: Meiner.
- Kant, Immanuel, 1755: *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*. In: *Werke in sechs Bänden*. Hg. von W. Weischedel, Bd. 1. Nachdruck, Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft, 1983.
- Kant, Immanuel, 1756: *Monadologia physica*. Lat.-dt. In: *Werke in sechs Bänden*. Hg. von W. Weischedel, Bd. 1. Nachdruck, Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft, 1983.
- Kant, Immanuel, 1781/1787: *Kritik der reinen Vernunft*. Auflage A (1781) und B (1787). Riga: Hartknoch.
- Losee, John, 1993: *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press.
- Newton, Isaac [1687] 1872: *Principia*. Dt.: *Mathematische Principien der Naturlehre*. Übers. Und hg. von J. Ph. Wolfers. Berlin: Robert Oppenheim.

- Newton, Isaac, 1729: *Principia. Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World. Vol. I: The Motion of Bodies. Vol. II: The System of the World.* Mott's translation revised by Cajori. Berkeley: Univ. of California Press 1934, 1962.
- Newton, Isaac [1704] 1898: *Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. II. und III. Buch.* Übersetzt u. herausgegeben von William Abendroth. Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Newton, Isaac, 1730: *Opticks or Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light.* Based on the fourth edition: London 1730. New York: Dover 1952, 1979.
- Pappus von Alexandria 1589: *Pappi Alexandrini Mathematicae Collectiones.* Engl. Ausgabe: Pappus of Alexandria, Book 7 of the Collection. Part 1. Edited with Translation and Commentary by Alexander Jones. New York 1986.

Abbildungsnachweis:

- Abbildung 1.1: Mechanismus einer Uhr, aus: Brigitte Falkenburg, *Das Dilemma von Determinismus und Freiheit. Was bedeutet die Hirnforschung für die menschliche Existenz?*, S. 9 http://ifpp.fk14.tu-dortmund.de/cms/ifpp/Medienpool/falkenburg_media/DeterminismusFreiheitMAPFRE.pdf, (Abruf am 12.5.2017)
- Abb. 1.2: Das Sonnensystem – ein deterministischer Mechanismus, Abbildung: <https://astrokramkiste.de/images/planeten/bahnebenen.png> (Abruf am 12.5.2017)
- Abb. 1.3: Atomare Mechanismen in einem Mineral, aus: Brigitte Falkenburg, *Das Dilemma von Determinismus und Freiheit. Was bedeutet die Hirnforschung für die menschliche Existenz?*, S. 10 http://ifpp.fk14.tu-dortmund.de/cms/ifpp/Medienpool/falkenburg_media/DeterminismusFreiheitMAPFRE.pdf (Abruf am 12.5.2017)
- Abb. 2.1: Beispiele für Ein-Level- Mechanismen, Originalabbildung für diesen Aufsatz (unter Verwendung einer Abbildung aus: Staiger, Jochen F., et al. (2009), *Local Circuits Targeting Parvalbumin-Containing Interneurons in Layer IV of Rat Barrel Cortex.* In: *Brain Structure and Function* Vol. 214, 1–13)
- Abb. 2.2: Schema eines Zwei-Level-Mechanismus, aus: Brigitte Falkenburg, *Mythos Determinismus.* Heidelberg: Springer 2012.
- Abb. 3.1: Analysis und Synthesis des Lichts, aus: Newton, Isaac, 1730: *Opticks or Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light.* Based on the fourth edition: London 1730. Zeitgenössische Editionen: New York: Dover 1952, 1979. Abbildung aus: <https://www.gutenberg.org/files/33504/33504-h/33504-h.htm> (Ausgabe 1730)
- Abb. 3.2: Übergang von der Galilei- zur Kepler-Bewegung, aus: Newton, Isaac, 1729: *Principia. Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World. Vol. I: The Motion of Bodies. Vol. II: The System of the World.* Mott's translation rev. by Cajori. Berkeley: Univ. of California Press 1934, 1962.

- Abb. 4.1: Interferenz von Photonen oder Elektronen hinter einem Doppelspalt, Bildnachweis: Jasper Olbrich, CC BY-SA 3.0. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektronenbeugung_Doppelspalt_gerendert.png?uselang=de, (Abruf am 12.5.2017)
- Abb. 5.1: Neuronales Netz; unten: Teil eines Neurons mit Synapse (Pfeil), aus: Brigitte Falkenburg, *Mythos Determinismus*. Heidelberg: Springer 2012 (unter Verwendung von Abbildungen aus: Gray, Henry (1918), *Anatomy of the Human Body*. Philadelphia: Lea & Febiger 1918, Bartleby.com, 2000. www.bartleby.com/107/ [Aufruf: 5.8.2011], und: Staiger, Jochen F., et al. (2009), Local Circuits Targeting Parvalbumin-Containing Interneurons in Layer IV of Rat Barrel Cortex. In: *Brain Structure and Function* Vol. 214, 1–13.)
- Abb. 5.2: Parallelrechner (links) und natürliches neuronales Netz (rechts), aus: Brigitte Falkenburg, *Mythos Determinismus*. Heidelberg: Springer 2012. Verwendete Abb.: Siehe Abb. 5.1.
- Abb. 6.1: Die Analogie zwischen dem Gehirn und Computer, aus: Brigitte Falkenburg, *Mythos Determinismus*. Heidelberg: Springer 2012. Verwendete Abb.: Siehe Abb. 5.1.
- Abb. 6.2: Wie bringt das neuronale Netz im Cortex Bewusstsein hervor? Aus: Brigitte Falkenburg, *Mythos Determinismus*. Heidelberg: Springer 2012. Verwendete Abb.: Siehe Abb. 5.1.

Ulrich Beuttler

Fundamentalstruktur, Innenseite und Kreativität der Materie

1. Fragestellung und Methode

Welches sind die fundamentalen Bausteine oder Bestandteile der Welt? Sind es Substanzen und Entitäten materieller Natur, wie etwa Atome oder andere Elementarteilchen? Oder sind es die zeitlichen Ereignisse? Beide Annahmen führen zu sehr unterschiedlichen Auffassungen darüber, wie die Welt von ihrer materiellen Seite her aufgebaut und strukturiert ist.

Ich möchte hier den Versuch unternehmen, zu erkunden, was sich ergibt, wenn wir annehmen, dass die Bestandteile der Welt nicht zeitüberdauernde oder zeitlose Entitäten wie Substanzen oder Atome o.ä. sind, sondern dass es die Ereignisse sind.¹ Die Elemente der Welt sind in diesem Vorschlag die *Ereignisse in der Zeit* und ihr Reflex in den Erfahrungen. Die geschehende und geschehene, die erlebte und erfahrene, aber nicht die *bestehende* ist danach die wirkliche Welt. Die *bestehende*, aus fundamentalen Bausteinen wie Atomen, Elementarteilchen, Quarks usw. aufgebaute und strukturierte Welt ist demnach eine theoretische, mögliche Rekonstruktion der Welt. Die *wirklichen* Bausteine der Welt sind jedoch die geschehenden Ereignisse. Sie sind keine atomistisch isolierten Entitäten, sondern aufeinander bezogen und miteinander verschränkt aufgrund der objektiven zeitlichen und kausalen Relationen einerseits und der subjektiven Synthesisleistung des erfahrenden Subjekts andererseits, welches die Erfahrungsmomente zu immer neuen Erfahrungen zusammenfügt. So steht jedes Ereignis in einem vielfachen Ereigniszusammenhang. Jedes Ereignis ist als wahrgenommenes mit anderen Ereignissen in einem weitverzweigten Objektbaum der Ereignisfolgen verbunden und jedes Ereignis ist von sich aus auf seine eigene und fremde Vergangenheit bezogen, insofern es sich aus dieser konstituiert, aber auch auf die eigene und fremde Zukunft, auf die hin es

1 Diesen Versuch habe ich in weiterem Zusammenhang erstmals vorgestellt in Ulrich Beuttler, Die „offenen Dimensionen“ des raumzeitlichen Weltgeschehens – Skizze eines naturphilosophisch und theologisch verantworteten Weltbegriffs, in: Neue Zeitschrift für systematische Theologie und Religionsphilosophie 48 (2006), Heft 2, 200–221.

offen ist. Diese dynamischen Bausteine der Welt haben also nicht nur den Charakter von „Ding in Relation“, sondern auch von „Vollzug oder Prozess“ und von „Selbstrelation“, von „Selbstbezüglichkeit“ oder „Subjektivität“. Die Elemente der Welt sind nicht atomare Entitäten, sondern haben Selbst- und Prozessstruktur².

Diese, gegenüber der Atomhypothese alternative theoretische Kosmologie geht auf A.N. Whitehead und dessen Hauptwerk „Prozess und Realität“ sowie auf seine Gewährsmänner wie Leibniz oder Hegel zurück. Sie soll hier jedoch nicht namentlich von Whitehead her entwickelt werden, dessen Vorschlag im Einzelnen sehr komplex und schwierig ist, sondern es soll ein eigener Entwurf einer fundamentalen Ontologie der Materie vorgestellt und nach einigen Seiten reflektiert werden.

2. Das Fundamentalproblem der Materie

Eine erste Frage ist die Folgende: Kann dieses Modell der Elementarstruktur auch epistemisch begründet werden? Kann angesichts heutiger Elementarteilchenphysik plausibel gemacht werden, dass das Modell „Selbst“ oder „Prozess“ die Empirie ebenso oder sogar besser beschreibt als das Modell „Atom“?

Methodisch muss man zwei Annahmen der traditionellen Atomhypothese unterscheiden, die nicht notwendig zusammengehören. Die eine Annahme ist, dass es diskrete, mikroskopische, materielle Teilchen gibt. Die zweite Annahme ist, dass diese Teilchen *fundamental*, also im wörtlichen Sinn *atomos*, unteilbar, sind und die letzten, fundamentalen Bausteine der Materie darstellen. War die zweite Hypothese die – zweifellos erfolgreiche – Schubkraft des Programms der experimentellen und theoretischen Physik und Chemie der letzten 200 Jahre auf der Suche nach der Letztbegründung der Physik durch eine atomistische Materietheorie, so ist sie heute „nicht mehr als ein (vielleicht unerreichbares) Ziel, oder eine regulative Leitidee, des ato-

2 Mein Konzept der Fundamentalität der Ereignisse knüpft an Whiteheads Kosmologie an, der seine fundamentalen Aktualitäten („actual entities“) nach dem Hegelschen Modell des selbstbezüglichen Subjektes und nicht nach der aristotelischen Substanz oder dem mechanistischen Atom bildet (Alfred North Whitehead, Prozess und Realität. Entwurf einer Kosmologie, Frankfurt 1979, 58 u.ö.), hierzu Ulrich Beuttler, Gottesgewissheit in der relativen Welt. Karl Heims naturphilosophische und erkenntnistheoretische Reflexion des Glaubens, Stuttgart 2006, 301–313.

mistischen Forschungsprogramms.“³ Das Fundamentalproblem der Materie gilt als vermutlich unlösbar. Daher wird heute nicht mehr nach den *fundamentalen* Teilchen gesucht, sondern nach *mikroskopischen Teilchen*. Von den zahlreichen heute bekannten Teilchen, die weiterhin ungenau unter das Genus „Elementarteilchen“ subsumiert werden, sind nur wenige wirklich elementar – viele haben Unterstrukturen (Protonen, Neutronen) oder sind nicht isolierbar (Quarks, Gluonen und andere Kraft-Austausch-Teilchen). Und auch bei den sog. elementaren Teilchen (Elektronen, Neutrinos) ist empirisch schwer entscheidbar, ob sie räumlich exakt lokalisierbar sind oder gar auf einen (harten und/oder schweren?) Punkt zusammengedrängt werden können. Isoliert kann sowieso kein Teilchen untersucht werden, sondern nur indirekt in Streu- und Stoßexperimenten. Und die theoretische Physik beschreibt die Teilchen lieber feldtheoretisch als Anregungszustand eines Kontinuums und stellt sich zum Beispiel das energetisch angeregte Elektron umgeben mit einer das „nackte‘ Elektron umschwirrenden ‚Wolke‘ virtueller Teilchen“⁴ vor. Brigitte Falkenburg resümiert:

„Nach dem heutigen Standardmodell der Elementarteilchen ist die Materie weder bis ins Unendliche teilbar, noch besteht sie aus lauter wohlunterschiedenen Teilchen, sondern es wird eine Mischform von Teilchen- und Feldontologie, oder von Atomismus und Kontinuums- theorie der Materie im traditionellen Sinn, benötigt“⁵.

Schon E. Mach hatte die Hypothese des mechanistischen Atomismus von harten, undurchdringlichen und unteilbaren Partikeln abgelehnt, weil die Annahme von physikalischen Eigenschaften wie Ausdehnung oder Solidität nicht mit einem unteilbaren Atom verträglich ist. Will man dennoch annehmen, dass die Erscheinungen durch Atome verursacht sind, so muss man den Atomen eine Innenstruktur zuschreiben mit den Worten von Ernst Mach:

„Gestehen wir es kurz! Wir können dem Atom vernünftiger Weise keinerlei Aussenseite abgewinnen, sollen wir aber überhaupt etwas denken, so müssen wir demselben eine Innenseite beilegen, eine Inner-

3 Brigitte Falkenburg, *Teilchenmetaphysik. Zur Realitätsauffassung in Wissenschaftsosophie und Mikrophysik*, Braunschweig 1994, 266.

4 A.a.O., 165.

5 A.a.O., 296f.

lichkeit analog unserer eigenen Seele. In der That, woher sollte auch plötzlich die Seele in einer Combination von Atomen im Organismus kommen, wenn der Keim nicht schon im einzelnen Atom läge?“⁶

3. Substanzen als Monaden und Subjekte

Nun ist die Abkehr vom materiellen Atomismus das eine. Das andere ist, ob von diesem negativen Ergebnis schon das Gegenteil, nämlich eine prozesshafte Fundamentalstruktur folgt. Kann diese Abkehr vom „toten“ Atomismus und der Hinwendung zu einer Art Innenseite der Natur⁷ über die assoziative Metaphorik hinaus auch begrifflich und methodisch sauber gefasst werden⁸?

Die empirische Forschung hat natürlich keinen Zugang zu dem „Innen“ der Teilchen. Es kann keine Entscheidung getroffen werden, ob ein Elementarteilchen ein Für-sich-Sein hat, ob es für ein Elektron irgendwie *ist*, ein Elektron zu sein. Die Eigen- und Innenstruktur des Seins kann nur aus einem analogen Seinsbegriff extrapoliert werden, der menschliche Selbst- und Welterfahrung vermittelt. Aber die Hypothese von letzten isolierbaren,

6 Ernst Mach, Aus Dr. Mach's Vorträgen über Psychophysik, in: Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilskunde 9 (1863), 364, zit. nach Michael Heidelberger, Die innere Seite der Natur. Gustav Theodor Fechners wissenschaftlich-philosophische Weltauffassung, Frankfurt a.M. 1993, 207.

7 Vgl. Karl Heims Zusammenfassung des Grundgedankens von Gustav Theodor Fechner, Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht, Leipzig 1879, sowie von Ernst Mach und Richard Avenarius. Im Gegensatz zum mechanistischen Atomismus sind „die Urbestandteile der Wirklichkeit nicht die materiellen Atome, die sich in der Nacht und Öde des Weltraums nach mechanischen Gesetzen durcheinanderbewegen. Die Urbestandteile der Wirklichkeit sind vielmehr nach Mach und Avenarius und auch nach Fechner die Empfindungskomplexe. ... Die Urbestandteile der Wirklichkeit sind also hier nicht tote Dinge, die immer erst durch einen komplizierten Prozess zum Bewusstsein gebracht werden können. Diese Urbestandteile der Welt sind vielmehr nach der Tagesansicht von vornherein als Elemente des Bewusstseins gegeben“ (Karl Heim, Ich gedenke der vorigen Zeiten [1957], Wuppertal 1980, 72).

8 Die Konzeption einer Innenseite des Materiellen („interieur“, „principe interne“) ist außer bei Whitehead besonders klar in Leibniz' Monadologie ausgeführt, an die ich ebenfalls anknüpfe, vgl. Gottfried Wilhelm Leibniz, Monadologie, hg. v. Dietmar Till, Frankfurt a.M. / Leipzig 1996, § 11.15, 14.16 u.ö. Was ich allerdings nicht mitvollziehe, ist der Determinismus und die Abgeschlossenheit der Leibnizschen Monaden, im Gegenteil: Unsere Monaden haben eine prinzipielle Offenheit nach und von außen, was zu einem klaren Indeterminismus der monadischen Entwicklung führt.

substantiellen und distinkten Atomen hat keine empirische Basis mehr. Fundamental erscheinen Strukturen und Wechselwirkungen sowie strukturelle Teilchen. Strukturen aber sind nicht als Dinge, sondern als prozessuale Kontinua zu beschreiben. Als Elementarteilchen des Wirklichen ist nicht „Atom“, sondern „Prozess“ und „Selbst“ oder „Subjekt“ anzunehmen. Dann gilt aber mit C.F. v. Weizsäcker, dass „Materie Form und Form Geist“ und also „Substanz wesentlich Subjekt“⁹ ist.

Man müsste kategorial zwischen verschiedenen Graden der Selbst- und Fremdrelation unterscheiden und mit Leibniz Schichtengrenzen einziehen zwischen den bewusst apperzipierenden („Subjekt“ oder „Selbst“), den unbewusst oder unreflektiert apperzipierenden („Geist“ oder „Psyche“) und den bloß perzipierenden Monaden, also zwischen der selbst- und der nicht selbst-, sondern nur fremdbezogenen belebten und unbelebten Materie, wohl wissend, dass die Grenzen empirisch flüssig sind. Aufgrund dessen, dass „Ich“ nicht aus „Es“ ‚konstruiert‘, wohl aber „Es“ durch Komplexitätsabbau (Objektivierung) aus „Ich“ abgeleitet werden kann, scheint es sinnvoll zu sein, zur einheitlichen Beschreibung der Wirklichkeit den *höchsten Komplexitätsgrad als elementar* anzusehen, also *Substanz als Subjekt* zu begreifen.

Das Elementarteilchen ist in dieser Sicht der Wirklichkeit die „Monade“, also das kybernetische, reflexiv auf sich rückgekoppelte Selbst, das eine Innenstruktur und eine an seine Umgebung ankoppelnde Außenstruktur hat. Die makroskopischen, aus Elementen zusammengesetzten Körper sind dann nicht bloße Aggregate isolierter Entitäten, sondern „organische“ Ganzheiten. Die Elementareinheit „Selbst“ wiederholt sich strukturell auf allen Komplexitätsebenen von oben nach unten, so dass das Ganze im Teil wirksam ist (top-down- oder Repräsentations-Kausalität¹⁰). Der Aufbau

9 Carl Friedrich v. Weizsäcker, *Einheit der Natur*, München 1974, 366; der letztere Satz, „dass die Substanz wesentlich Subject ist“, zitiert Georg Wilhelm Friedrich Hegel, *Phänomenologie des Geistes*, Hauptwerke in 6 Bd., Bd. 2, Hamburg 1999, Vorrede, 22. „Substanz als Subjekt“ ist nicht im cartesischen Sinn der aus der materiellen Welt herausgelösten Denk-Substanz, sondern als Vollzug der Subjekt-Objekt-Einheit, mithin als Geist-Subjekt oder „Selbst“ gemeint.

10 In der Theorie der dynamischen Systeme werden Verursachungen von höheren Ebenen auf tiefere, weniger komplexe Ebenen bzw. des Systemganzen auf seine Teile top-down-Kausalität, der umgekehrte Vorgang bottom-up-Kausalität genannt. Lebende Systeme können mit der linearen bottom-up-Kausalität, also dem Programm des Atomismus, das Ganze aus den Teilen im Wortsinn aufzubauen, nicht verstanden werden.

eines *neuen Ganzen* aus Teilen kann stattfinden, weil das Ganze mehr als die Summe der Teile ist, sofern die bottom-up-Kausalität nicht linear, sondern komplexitätssteigernd begriffen wird. Ein Ganzes ist nicht durch Konstruktion und Zusammensetzung unbelebter Teile existent, sondern es ist nur *im Vollzug gegeben*. Das Ganze ist vor dem Teil – dieses Prinzip ist das unaufgebbare Axiom auch theologischer Schöpfungslehre und ebenso das unaufgebbare wissenschaftstheoretische Prinzip der Verstehbarkeit von reflexiv-rückgekoppelten Systemen wie Organismen, Gehirn, Bewusstsein etc.

In der wirklichen, organischen Welt, im hierarchischen Relationensystem der Dinge und Ereignisse, findet von oben nach unten und von unten nach oben, die Schichtengrenzen überschreitend, ein Informationsfluss statt, eine Übertragung von Strukturalität und Komplexität, wenn etwa Ganzheiten ihre „Perzeptionen“ zu neuer Ganzheit integrieren, wenn kausal unzusammenhängende Ereignisse durch Wahrnehmung eines Subjektes zusammengeführt werden oder wenn sich „meine“ Welt und „deine“ Welt im Kommunikationsprozess erweitern zu „unserer“ Welt. Der Prozess der Verhältniswerdung aus Ganzem und der Synthese von Verhältnissen ist nicht linear, sondern nichtlinear, d.h. mindestens Komplexität erhaltend oder auch erweiternd. Der Weltprozess ist also, mit einem etwas unscharfen Modewort gesagt, *kreativ*: Wirklichkeit ist ein prozessualer, kreativer Ereigniszusammenhang. Sie *besteht* nicht aus Atomen, Dingen und Entitäten, sondern *entsteht* – dauernd neu – aus Ereignissen, Verhältnissen und Erfahrungen.

Dieses dynamische Weltbild bedeutet, wie Karl Heim formuliert hat, „die Auflösung der festen Materie in lauter energetische Akte, Elementarereignisse, auf die uns die heutige Atomforschung geführt hat. Damit ist dem gegenständlichen Weltbild, das der Alleinherrschaft der Gegenständlichkeit entsprach, eine dynamische Weltauffassung gegenübergetreten, die die Wirklichkeit nicht als Sein, sondern als Akt erlebt. [...] Die primäre Wirklichkeit, in der wir selbst mit unserer ganzen Existenz stehen, ist ganz und gar Dynamik und lebendige Aktion.“¹¹

11 Karl Heim, Glaube und Denken, Wuppertal 1985, 170f.

4. Kreativität der Materie und Natur

Was bedeutet diese *Kreativität* der Materie nun naturphilosophisch und schöpfungstheologisch?

Die Kreativität als gestaltende Kraft bleibt im Prozess immer unsichtbar und transzendent. Sie ist im Vollzug nicht objektivierbar. Daher ist in weltlichen Kategorien

„(...) die grundsätzliche Kreativität [...] als der transzendierende und zugleich bedingende Grund vom einzelnen, welthaft Seienden gerade noch erfassbar als das Schöpferische“¹².

Damit die Transzendenz des Schöpferischen gewahrt bleibt, sollte man für die kreative Kraft des Weltgeschehens nicht pantheistisch-monistische Begriffe wie „das Leben“, „die Evolution“, „der Geist des Universums“ etc. wählen, sondern ungegenständliche Ausdrücke suchen wie etwa das „primäre Werden“, die „schöpferischen Entscheidungen“ oder die „offene Zeit“. Alle Ausdrücke sind ineinander übersetzbar. Sie beschreiben die Transzendenz der Welt gegenüber der naturwissenschaftlich-kausalen Objektivierung jeweils von einer anderen naturphilosophischen Kategorie her. Kausal-deterministisch, rein objektiv und zeitlos ist das Weltgeschehen nicht zu verstehen. Zur Kausalität gehört notwendig Kontingenz, zur materiellen Objektivität gehört Subjektivität und zur Zeit gehört die Irreversibilität der Zeitrichtung. Bei allen Ausdrücken ist das Ergebnis unserer naturphilosophischen Analyse impliziert, dass das Weltgeschehen nicht vollständig objektivierbar ist, sondern im Wesen von Raum, Zeit und Materie jeweils eine „offene Dimension“ bleibt, die in den raum-zeitlich-materiellen Kategorien nicht mehr fassbar ist. Die Welt lässt sich, kurz gesagt, „nicht transzendenzlos begreifen“¹³.

Dies ist das Ergebnis der naturphilosophischen Analysen. Bis hierher sollte die Überlegung mitvollzogen werden können, wenn allein der Ausgangspunkt akzeptiert wird, als Elemente der Welt nicht statische Atome, sondern dynamisch wirkende, indeterministisch offene Ereignisse in der Zeit anzunehmen.

12 Eberhard Wölfel, *Welt als Schöpfung. Zu den Fundamentalsätzen der christlichen Schöpfungslehre*, München 1981, 24.

13 Ebd.

5. Gottes Transzendenz im „Innen“ der Welt

Theologisch kann jedoch noch eine weitere Perspektive eingenommen werden, nämlich die positiven Annahmen der Existenz Gottes, seiner Schöpfer- und Heilmacht, sowie der Möglichkeit, ihn im Glauben zu erkennen. Für das naturwissenschaftliche, objektivierende Wissen, aber auch für das vorwissenschaftliche Erleben bleibt die Stelle des Grundes der Welt offen, bleibt das primäre Werden unerklärt und unerklärbar. Es wird aber sinnhaft verstehbar, wenn das Werden der Welt im Glauben als Wirken Gottes erscheint. Die geglaubte Identität von Weltgeschehen und Wirken Gottes ist jedoch nicht ohne Differenz. Im Glauben das Weltwerden als Wirken Gottes zu erfahren, heißt Gott als schöpferische „Kreativität, als schaffendes Zentrum mitten *in* unserem Sein – und gerade so jenseits unseres eigenen Seins“¹⁴ zu erfahren. Die Erfahrung der Welt als Schöpfung bedeutet, Gott als den in jedem raum-zeitlichen Ereignis und in allem Seienden präsenten, alles von *innen* wirkenden und bewahrenden, aber doch von allem unterschiedenen Schöpfer zu erfahren. Gottes unverfügbare Transzendenz hat ihr „Wo“, ihren „Ort“, nicht im „Außen“ oder „Über“, sondern im unverfügbar-offenen „Innen“ der Welt. Als Schöpfer ist er nicht vor, über oder nach aller Schöpfung, sondern in, mit und unter aller Schöpfung. Jedoch *ist* Gott nicht das Innen, und das Werden der Welt *ist* nicht von sich her das Wirken Gottes. Gottes Immanenz im Innenraum der Welt ist von der Welt her transzendent. Seine transzendente Immanenz beziehungsweise immanente Transzendenz ist präzise als „Innen des Innen“ der Welt zu denken. Indem Gottes Transzendenz als „Innen des Innen“ gedacht wird¹⁵, wird die schlechte Alternative zwischen deterministischem Deismus (schlechthinnige Transzendenz) und evolutionärem Pantheismus (schlechthinnige Immanenz) in einem dritten Weg überwunden.

14 Ebd.

15 Ausführlich entwickelt ist dieses Konzept in meiner Arbeit Ulrich Beuttler, *Gott und Raum. Theologie der Weltgegenwart Gottes*, Göttingen 2010, vgl. bes. die Kapitel II.7 und II.8, S. 469–550.

Literatur:

- Gottfried Wilhelm Leibniz, *Monadologie* (1714), Frankfurt a.M./Leipzig 1996
- Georg Wilhelm Friedrich Hegel, *Phänomenologie des Geistes* (1807), Hauptwerke in 6 Bd., Bd. 2, Hamburg 1999
- Alfred North Whitehead, *Prozess und Realität. Entwurf einer Kosmologie* (1929), Frankfurt 1979
- Karl Heim, *Glaube und Denken* (1931), Wuppertal 1985
- Karl Heim, *Ich gedenke der vorigen Zeiten* (1957), Wuppertal 1980
- Carl Friedrich v. Weizsäcker, *Einheit der Natur*, München 1974
- Eberhard Wölfel, *Welt als Schöpfung. Zu den Fundamentalsätzen der christlichen Schöpfungslehre*, München 1981
- Michael Heidelberger, *Die innere Seite der Natur. Gustav Theodor Fechners wissenschaftlich-philosophische Weltauffassung*, Frankfurt a.M. 1993
- Brigitte Falkenburg, *Teilchenmetaphysik. Zur Realitätsauffassung in Wissenschaftsphilosophie und Mikrophysik*, Braunschweig 1994
- Ulrich Beuttler, *Gottesgewissheit in der relativen Welt. Karl Heims naturphilosophische und erkenntnistheoretische Reflexion des Glaubens*, Stuttgart 2006
- Ulrich Beuttler, *Die „offenen Dimensionen“ des raumzeitlichen Weltgeschehens – Skizze eines naturphilosophisch und theologisch verantworteten Weltbegriffs*, in: *Neue Zeitschrift für systematische Theologie und Religionsphilosophie* 48 (2006), Heft 2, 200–221
- Ulrich Beuttler, *Gott und Raum. Theologie der Weltgegenwart Gottes*, Göttingen 2010

Hans-Jürgen Fischbeck

Materie als ontologische Kategorie: Dialektischer Materialismus vs. Naturalismus

1. Einleitung aus persönlicher Sicht

Als einer, der die 40 Jahre DDR miterlebt hat, hatte ich das „Vergnügen“, mich dreimal über die sog. drei Säulen des Marxismus-Leninismus belehren lassen zu müssen: in der Schule, beim Studium und als Rigorosum bei der Promotion. Eine dieser Säulen ist die Philosophie des Marxismus-Leninismus. Sie wurde uns verkauft als die „philosophische Verallgemeinerung der Naturwissenschaft“ und somit als die „wissenschaftliche Weltanschauung“. Schon in der Schule – ich glaube, ich war 14 Jahre alt – sagte man uns: Die Wissenschaft habe bewiesen, dass das Weltall ewig und unendlich und durch und durch von Naturgesetzen bestimmt sei. Als im christlichen Glauben Erzogener spürte ich sofort, dass in dieser Weltanschauung für Gott, den Schöpfer, kein Platz ist. Das machte mich sehr betroffen, denn ich hatte dem nichts entgegensetzen. Zu Hause aber las ich in einem kleinen erbaulichen Blättchen, das wir „von drüben“ kriegten, dass der Physiker und Nobelpreisträger Max Planck, der die Quantentheorie begründet habe, überzeugter Christ gewesen sei. Das verstärkte meinen Wunsch, Physik zu studieren sehr, und ich war sehr gespannt und motiviert, zu lernen, was es mit der Quantentheorie auf sich habe. Wie ich hier zeigen möchte, hat sich meine Hoffnung erfüllt.

Als ich nach 30-jähriger Berufstätigkeit an der Akademie der Wissenschaften der DDR – ausschließlich mit angewandter Quantentheorie befasst – nach deren Abwicklung als Studienleiter für den Bereich Naturwissenschaften an die Evangelische Akademie im Rheinland kam und die im Westen dominierende Weltanschauung des Naturalismus kennen lernte, war ich verblüfft, zu sehen, dass er von seinen ontologischen Grundannahmen her mit dem dialektischen Materialismus identisch ist.

2. Leukipp und Demokrit

Leukipp und sein Schüler Demokrit lebten im 5. Jh. v. Chr. Sie gelten als Begründer des Atomismus und Materialismus. Sie gingen aus von der Erkenntnis, dass die Teilung materieller Körper nicht ad infinitum gehen kann, sondern eine Grenze bei nicht mehr teilbaren *atomi* haben muss, die fest und undurchdringlich ihren Raum erfüllen und keine Teile mehr haben. Die Verschiedenheit zusammengesetzter Körper erklärten sie mit der Verschiedenheit der Atome selbst und der schier unendlichen Vielfalt ihrer möglichen Zusammensetzungen.

Von Leukipp gibt es keine schriftlichen Hinterlassenschaften. Demokrit gab dem Atomismus eine philosophische Fassung mit dem ontologischen Axiom: Es gibt nur Atome und leeren Raum.

Selbst die Seele dachte er sich als aus Seelenatomen zusammengesetzt. Alle zeitlichen Vorgänge beruhen für ihn auf mechanischen Wirkungen von Druck und Stoß der sich im leeren Raum bewegenden und ewig existierenden Atome.

Er wurde somit zum Begründer der philosophischen Tradition des Materialismus, der ja per se monistisch ist, dementsprechend lehnte er die Existenz eines körperlosen geistigen Prinzips, etwa des *Nous* seines Zeitgenossen Anaxagoras, ab.

3. Materialismus heute: Dialektischer Materialismus und Naturalismus und ihre „Halbierung“ der Wirklichkeit

Entsprach die klassische Mechanik noch weitgehend den Prinzipien des antiken Materialismus, so änderte sich das mit der Maxwellschen Elektrodynamik, die vom körperlosen elektromagnetischen Feld handelt. Die Klassiker des Marxismus-Leninismus trugen dem Rechnung, indem sie den „mechanischen Materialismus“ zu dem von ihnen so genannten „dialektischen Materialismus“ weiterentwickelten. Sie lösten den Materie-Begriff von der atomistischen Körperlichkeit ab und verallgemeinerten ihn zu der Definition: Materie, das ist – ganz allgemein – die „objektive Realität“.

Indem sie damit die Wechselwirkung der Objekte untereinander der ‚Materie‘ zurechneten, lösten sie sich zugleich vom „mechanischen „Druck- und

Stoß-Determinismus“ und nannten den strikten Determinismus, an dem sie gleichwohl festhielten, „dialektischen Determinismus“. Man wird sagen können, dass dies der Determinismus der klassischen Physik ist.

Die Einheit der Welt ist für den dialektischen Materialismus in der Materie begründet, die für zeitlich und räumlich unendlich gehalten wird (Wikipedia).

„Geist“ wird die als im menschlichen Gehirn erreichte „höchste Bewegungsform“ der Materie ebenfalls zugerechnet, so dass man selbstverständlich am ontologischen Monismus festhält.

Der Naturalismus unserer Tage ist die vorherrschende Weltanschauung nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern darüber hinaus in diffuser Form in weiten Teilen der Marktgesellschaft. Die verbreitete Meinung: „ich glaube nur, was ich sehe“ kann als Ausdruck der Vulgär-Ontologie: „Eigentlich gibt es doch nur das, was man wirklich feststellen kann“, angesehen werden. Da ist man ganz nahe am Naturalismus, der sagt: „Alles ist Natur“, und unter ‚Natur‘ dabei den Gegenstandsbereich der Natur-Wissenschaft versteht, die für den Naturalismus „das Maß aller Dinge“ ist (Wilfrid Sellars). Als empirischer Wissenschaft ist ihr Gegenstandsbereich die Gesamtheit des reproduzierbar Feststellbaren. Das aber ist genau die Ontologie des dialektischen Materialismus, der sagt: Alles ist Materie, nämlich die objektive Realität. ‚Materie‘ im Sinne des dialektischen Materialismus und ‚Natur‘ im Sinne des Naturalismus sind also ein und dasselbe. In dem ‚alles‘ drückt sich in beiden Fällen der ontologische Monismus aus.

Gerhard Vollmer schreibt in seinem Selbstzeugnis „Warum bin ich Naturalist?“¹

„Den Ausdruck ‚Naturalismus‘ für meine Position habe ich sogar noch später kennen gelernt (...). Vorher stand mir nur der Ausdruck ‚Materialismus‘ zur Verfügung.“

Dann nennt er vier Gründe, warum ihm dieses Wort nicht sehr gefiel. Der vierte Grund war, dass ‚Materialismus‘ damals leicht an dialektischen und historischen Materialismus denken ließ, „und das schien mir – trotz vielfa-

1 Gerhard Vollmer/ Naturalismus/ Textarchiv TA 2003-13, fowid, Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland

cher Übereinstimmung – doch sehr irreführend. Da kam mir der Ausdruck ‚Naturalismus‘ sehr gelegen.“

Es bedarf keiner weiteren Begründung, wenn ich feststelle, dass der Monismus des Materialismus bzw. Naturalismus jeden Glauben an Gott ausschließt, denn zu sagen. „Alles ist Natur“ heißt eben auch: „Es gibt nichts Übernatürliches“.

Überhaupt wird bestritten, dass geistige Wirklichkeiten (deren höchste Gott selbst wäre) eine eigene Existenzberechtigung haben, weil sie eben nicht reproduzierbar festgestellt, d. h. gemessen werden können. Sie werden lediglich als Epiphänomene materieller Vorgänge zugelassen. So wie dem unsichtbaren, nicht beobachtbaren Gott wird auch der unauffindbaren menschlichen Seele (Rudolf Virchow) die Existenz abgesprochen.

Aus dem Determinismus, der sowohl dem Naturalismus wie auch dem dialektischen Materialismus eigen ist, folgt zudem, dass der freie Wille des Menschen und mit ihm seine Persönlichkeit als Illusion angesehen werden. Völlig konsequent folgert daraus der Naturalist Franz Josef Wetz schon im Titel seines Buches: „Die Würde des Menschen ist antastbar“². All dies kommt einer „Halbierung der Wirklichkeit“ gleich, wie es der holländische Philosoph Koo van der Wal festgestellt³ und Jean Paul als ungeheuren Verlust beklagt in seinem berühmten Text „Rede des toten Christus vom Weltgebäude herab, dass kein Gott sei“.

Das Fenster zur geistigen Welt wurde so gleichsam zugeschlagen. Ideengeschichtlich fand dies im 19. Jahrhundert mit der Herausbildung der klassischen Physik und – noch gewichtiger – mit den Erkenntnissen Darwins und deren Überhöhung zum Allerklärungs-Paradigma der Biologie statt. Das hat bis heute tiefgreifende und prägende Auswirkungen auf den Zeitgeist der Moderne, der, wie wir alle wissen, den christlichen Glauben für obsolet hält.

2 Franz Josef Wetz, Die Würde des Menschen ist antastbar – eine Provokation, Klett Cotta, Stuttgart 1998

3 Koo van der Wal, Die Umkehrung der Welt – Über den Verlust von Umwelt, Gemeinschaft und Sinn, Königshausen & Neumann, Würzburg 2004, S. 110

4. Quanten-Ontologie öffnet das Fenster wieder

So war es eine wahre geistesgeschichtliche Revolution, als ausgerechnet die Physik, die sich als die grundlegende Naturwissenschaft ausschließlich auf reproduzierbar messbare Sachverhalte, also auf die ‚objektive Realität‘ bzw. die ‚Natur‘ stützt, erkennen musste, dass dies eben *nicht* die ganze Wirklichkeit sein *kann*, weil sich grundlegende Fakten der objektiven Realität wie etwa die Stabilität der Atome und ihr Linienspektrum nur erklären lassen, wenn man zur Realität des Messbaren eine weitere ontologische Grundkategorie hinzunimmt, nämlich die *Potentialität*. Man erkannte also, dass die Wirklichkeit nicht zureichend monistisch beschrieben werden kann, sondern dass sie eine Doppelstruktur aus Realität *und* Potentialität⁴ hat, so dass Wirklichkeit und Realität nicht mehr ein und dasselbe sind und Wirklichkeit *mehr* ist als Realität.

Mein ehemaliger Physiker-Kollege und theologisch-philosophischer Auto-didakt Peter Kleinert hat herausgefunden, dass bereits Nikolaus von Kues (1401–1464) die eigenständige ontologische Bedeutung der Potentialität erkannt hat, indem er schrieb⁵:

„Alles aber, was geworden ist oder wird, hat, da es ohne das Werdenkönnen weder geworden ist noch wird, ein absolutes Prinzip, welches das Prinzip des Werdenkönnens selbst ist. Dies ist jenes Ewige, welches alles das ist, was es sein kann.“

Das vom naturalistisch-materialistischen Monismus mit dem voreiligen Anspruch, die Aufklärung zu vollenden, zugeschlagene Fenster hat die Quanten-Ontologie wieder geöffnet, und das Licht des Geistes kann wieder hereinfallen. Geistige Wirklichkeiten können in der Kategorie der Potentialität gedacht und – wie ich finde – angemessen erfasst werden. Geistige Wirklichkeit wird ja vom Naturalismus unter Berufung auf sein Axiom der kausalen Geschlossenheit der ‚Natur‘ bestritten mit dem scheinbar zwingenden Argument, dass alle physikalischen Wirkungen mit Energie-Austausch verbunden seien. ‚Geist‘ aber habe keine Energie und könne deshalb

4 Am einfachsten kommt diese Doppelstruktur in dem berühmten Dualismus von Teilchen und Welle zum Ausdruck. Teilchen geben sich im sog. *Messprozess* durch die Realität ihrer Messwerte zu erkennen, deren Wahrscheinlichkeit sich aber aus ihrer immateriellen Potentialität ergibt, die nur mathematisch als sog. Wellenfunktion gegeben ist.

5 Peter Kleinert, Ist die philosophische Theologie am Ende?, WiSa Stuttgart 2013, S. 70

auch nicht wirken. In der Quantenphysik aber findet der Wirkungs-Kontakt der immateriellen Potentialität, die gewissermaßen das „Medium“ des Geistes ist, mit der materiellen Realität beim sog. Messprozess bzw. allgemeiner durch „Dekohärenz“⁶ statt, bei der die Faktifizierung von Potentialität geschieht.

5. Zeitabhängigkeiten

Die Quantentheorie kennt zwei Zeitabhängigkeiten, die jeweils mit den beiden Aspekten der Wirklichkeit verbunden sind. Es sind dies die unitäre U und die reduktive R, wie Roger Penrose (Fußnote 12) sie bezeichnet. Die erste ist weiter nichts als eine unitäre Rotation des Zustandsvektors der Potentialität im zugehörigen Hilbert-Raum⁷, gewissermaßen eine „Warteschleife“ auf die zweite, die Reduktion R durch Dekohärenz, oft auch als „Kollaps“ des Überlagerungszustands der Wellenfunktion auf die dem Messergebnis entsprechende bezeichnet.

Bei U passiert nichts, U ist sogar zeitlich umkehrbar, die Zeit „verläuft“ lediglich. Bei R aber passiert etwas, nämlich die unumkehrbare Faktifizierung von Potentialität.

Die Ereigniskette $R_1 U_1 - R_2 U_2 - R_3 U_3 -$ nennt man auch eine „konsistente Geschichte“, weil in ihrem Ablauf gewisse Konsistenz-Bedingungen erfüllt bleiben müssen.⁸ Bei diesem Ablauf „verläuft“ die Zeit nicht nur, sondern sie „vergeht“ wegen der Irreversibilität der Faktifizierungsakte R. So wird die Zeit geschichtlich. Die Akte R finden in Raum und Zeit an bestimmten Orten zu bestimmten Zeiten statt. Sie „holen“ gewissermaßen Potentialität – in Fakten verwandelt – in die Realität hinein.

6 Dekohärenz tritt ein, wenn Quantenobjekte in Überlagerungszuständen in regellose Wechselwirkung mit ihrer Umgebung kommen, wobei deren Kohärenzen verlorengehen, so dass sie als ‚Ding‘ in Erscheinung treten. Ist diese Umgebung ein adäquates Messinstrument, so ist sie eine Messung im üblichen Sinne. Dekohärenz ist das, was H.P. Dürr „gerinnen“ oder „verschlacken“ der Potentialität nennt.

7 Die nur mathematisch fassbaren Wellenfunktionen (Zustandsfunktionen der Potentialität) bilden abstrakte Vektoren in einem ebenso abstrakten ∞ -dimensionalen „Raum“, dem sog. Hilbert-Raum, in dem unitäre Transformationen gleichsam Drehungen darstellen.

8 Peter Kleinert, Ist die philosophische Theologie am Ende?, WiSa Stuttgart 2013, Kap. 4.3

Aber „wo“ ist die Potentialität? Sie ist selbst *nicht* messbar. Gemessen werden sog. „Observable“, das sind physikalische Größen, die durch gewisse Operatoren im Hilbert-Raum dargestellt werden. Potentialität gibt dann die komplexe Wahrscheinlichkeitsamplitude dafür, mit welcher Wahrscheinlichkeit die reellen sog. Eigenwerte der Observablen als Messwerte gefunden werden.

Wenn der kaum bezweifelbare Satz gilt, dass in Raum und Zeit das und nur das ist, was man dort finden, sprich: messen, kann, dann ist Potentialität *nicht* in Raum und Zeit, wo nur die Realität stattfindet. Aber wo ist sie dann? Obwohl die raumbezogenen Worte ‚wo‘ und ‚in‘ nicht mehr angemessen sind, verwende ich sie metaphorisch doch noch: Potentialität ist in einem wohl verstandenen Sinne *jenseits* der in der Raum-Zeit wohnhaften Realität. Sie ist – so gesehen – *transzendent*.

Die Tragweite der Quantentheorie für das menschliche Denken überhaupt – und das kann nur ihre ontologische Bedeutung sein – charakterisiert der prominente französische Physiker Gerard d’Espagnat mit den Worten:

„Jeder, der sich eine Vorstellung von der Welt zu machen sucht – und von der Stellung des Menschen in der Welt – muss die Errungenschaften und die Problematik der Quantentheorie einbeziehen. Mehr noch, er muss sie in den Mittelpunkt seines Fragens stellen.“⁹

6. Bedeutung für die Theologie

Die Theologie ist m. E. gut beraten, diese Empfehlung zu beherzigen, indem sie sich auf die Quanten-Ontologie grundlegend einlässt, wie es der Berliner Theologe Rolf Thoma¹⁰ bereits tut. Dann tut sich mit der von Cusanus schon antizipierten Potentialität eine neue Dimension der Wirklichkeit auf, in der sich geistige Wirklichkeiten angemessen denken und vorstellen lassen.

In ihrem Buch „Der historische Jesus“ treffen Gerd Theissen und Annette Merz¹¹ folgende Feststellung über das jüdische Gottesverständnis zur Zeit

9 Zitiert nach Claus Kiefer, *Quantentheorie*, Fischer Taschenbuch, Frankfurt/M. 2002, S. 3

10 Rolf Dieter Thoma, *Heute, da du meine Stimme hörst*, im Druck

11 Gerd Theissen, Annette Merz, *Der historische Jesus*, Vandenhoeck 1997, S. 250

Jesu: „Gott ist unbedingter Wille zum Guten“. Diese Aussage lässt sich mit den Begriffen der Quanten-Ontologie wie folgt ausdrücken: Die Wirklichkeit Gottes – sein Wille – ist die allumfassende Potentialität des Guten.

Ich kann die Bedeutung dieses Satzes hier nicht weiter entfalten. Nur so viel sei gesagt: Nimmt man Überlegungen zur Ontologie des Willens hinzu, so wird dieser Satz dem 1. Artikel des apostolischen Glaubensbekenntnisses gerecht und bietet außerdem Ansätze zur Entschärfung, wenn nicht gar Lösung des Theodizee-Widerspruchs.

Dass die ontologische Kategorie Potentialität auch für das Sein des menschlichen Bewusstseins und die Wirklichkeit der Seele bedeutsam ist, erhellt aus der wohlbegründeten, aber noch nicht allgemein anerkannten Hypothese von Roger Penrose und Stuart Hameroff¹², dass sich das Gehirn bei Bewusstsein in einem makroskopischen Quantenzustand befindet.

Im Licht dieser Hypothese kann Bewusstsein und somit das, was man seit jeher Seele nennt, als die Potentialität eben dieses makroskopischen Quantenzustands angesehen werden. Sie wird dem Selbstverständnis des Menschen gerecht, indem sie seine Personalität und damit auch die Menschenwürde ontologisch begründet.

In wohl allen Sprachen der Welt wird qualitativ zwischen Personen und Sachen unterschieden. Nach Personen fragt man mit ‚wer‘, nach Sachen mit ‚was‘. Sachen, Dinge, ergeben sich aus Potentialität durch Dekohärenz. Das Bewusstsein aber konstituiert die nicht-dingliche *Person* als nicht-dekohärenten makroskopischen Quantenzustand des Gehirns.

Eine erste Bestätigung der Penrose-Hameroff-Hypothese liefern Messungen von Anirban Bandyopadhyay et al.¹³, die zeigen, dass sich entlang der sog. Mikrotubuli, die sie *in vitro* erzeugen konnten und die *in vivo* das Cytoskelett der Neuronen bilden, tatsächlich Quantenkohärenz ausbildet. Diese Hypothese wirft – sollte sie zutreffen – ein völlig neues Licht auf das auch theologisch überaus bedeutsame Verhältnis von Leib und Seele, Körper und Geist, das sich nun so darstellt:

12 Stuart R. Hameroff, Roger Penrose, Conscious Events as Orchestrated Space-Time Selections, *Journal of Consciousness Studies* 3 No.1 (1996), S.36–53. Roger Penrose, *Schatten des Geistes – Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins*, Spektrum Akademischer Verlag 1995

13 <https://www.youtube.com/watch?v=VQngptkPYE8>

Im Gehirn vollzieht sich die Faktifizierung des Bewusstseinszustands durch ein R-Geschehen in „konsistenten Geschichten“ als Kodierung der Bewusstseinsinhalte – der Gedanken – in den Erregungsmustern des Neuronen-Netzwerks. Somit ist das Gehirn gleichsam der Protokollant des Bewusstseins.

Damit kehrt sich das Verhältnis von Leib und Seele gegenüber der naturalistischen Auffassung des Mainstreams der Neurobiologie um. Dieser behauptet ja, dass das Bewusstsein – die Seele – vom Gehirn als Epiphänomen erzeugt wird. Nun aber ist nicht das Gehirn autonom aktiv, sondern die Seele. Im Tode stirbt der Protokollant, d.h. das Gehirn, nicht aber der Autor, die Seele, deren Sein als Potentialität – wie oben gezeigt – *nicht* in Raum und Zeit ist, sondern überzeitlich jenseitig existiert. Man kann darin, völlig unerwartet, eine Bestätigung der Lehre Platons von der unsterblichen Seele sehen.

Karen Gloy

„Daß ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält [...]“

Goethe, *Faust I*, Vers 582f.

1. Die Frage nach dem Grund der Welt

Das Motto dieser Tagung greift auf einen Ausspruch Goethes im *Faust* zurück, in dem dieser auf seiner Suche nach dem Zusammenhang der Dinge der Welt und nach dem Grund dieses Zusammenhangs den sehnlichen Wunsch ausspricht, zu erkennen, was die Welt im Innersten zusammenhält. Das Ringen darum beschäftigt die Menschheit seit den Ursprüngen der Reflexion nicht erst in der Philosophie, sondern bereits in der Mythologie und Religion. Es ist die Frage nach dem Ursprung und Prinzip von allem, die Platon im *Phaidon* auf die triadische Formel gebracht hat, woher alles komme, wohinein es wieder zurückgehe und worin es bestehe (*dia ti ginethai, dia ti apollutai, dia ti esti ti*). Ist dieser Urgrund etwas Materielles, Substanzielles oder etwas Formales, Strukturelles wie die Heisenbergsche Weltformel? Forscht man dem Materiellen nach, so wird man bei der Analyse von der Hyle, dem konkreten Stück Holz im aristotelischen Sinne, auf Atome und Moleküle geführt und von dort auf den Atomkern, bestehend aus Protonen und Neutronen, und auf die auf Schalen kreisenden Elektronen (nach dem Bohrschen Modell), weiter auf Quarks und nur Millisekunden überdauernde Teilchen, die im Entstehen bereits wieder vergehen. Der Prozess geht ins Unendliche, wobei das Materielle sich immer weiter auflöst in Unanschauliches, nur noch gedanklich Fassbares, quasi in Geistesblitze entschwindet. Ist der Grund der Welt vielleicht etwas Ideelles, oder fallen im Endeffekt Materielles und Ideelles in einer *coincidentia oppositorum* – mit Cusanus zu sprechen – zusammen?

In der Geschichte der abendländischen Philosophie sind auf diese Frage unterschiedliche Antworten gegeben worden, angefangen von ganz konkreten, sinnlich wahrnehmbaren Dingen wie Wasser (Thales), Luft (Anaximenes), Feuer (Heraklit) bzw. diese drei Elemente und Erde zusammen (Empedokles) in der Vorsokratik. Die Namhaftmachung dieser Gegenstände

erschien natürlich und plausibel. Thales als Bewohner der am Meer gelegenen kleinasiatischen Stadt Milet dürfte beobachtet haben, wie alle Lebewesen und auch anorganischen Dinge wie Fische, Schildkröten, Korallen, Schwämme, Steine, Perlen aus dem Wasser hervorkommen und ebenso von ihm wieder verschlungen werden, so dass das Wasser der Grund von allem zu sein schien. Ähnliches gilt für das Feuer, das alle Stoffe verbrennt und verschmilzt und als Asche und Rauch wieder aus sich entlässt, oder für die Luft, die sich in Stürmen und Windböen komprimiert und an lauen Sommerabenden wieder dehnt und verdünnt.

Eine genauere Reflexion auf den Sachverhalt machte jedoch bald deutlich, dass das, was im Wechsel der Erscheinungsweisen – wir sprechen heute von Aggregatzuständen – beharrt, nicht von derselben Art wie die Erscheinungsweisen sein kann, sondern einen prinzipiell anderen Status haben muss. Denn würde das als beharrlich Unterstellte wechseln, so bedürfte es eines anderen beharrlichen Grundes, für den dasselbe gelten würde und so in infinitum. Was beharrt, ist nicht das Wasser als Flüssigkeit, da Wasser bei Erkühlung feste, starre Formen wie Eis annimmt, bei Erwärmung wieder schmilzt und bei noch größerer Erwärmung in Dampf übergeht, der sich bei Erkühlung abregnet, mithin wieder den Zustand der Flüssigkeit annimmt. Was im Kreislauf der Zustände beharrt, lässt sich nicht sinnlich wahrnehmen, weder sehen, noch hören, noch betasten, sondern lediglich mit dem Denken erfassen.

Von dieser Art sind die platonischen Ideen, die das zweite Stadium innerhalb der abendländischen Geschichte der Auslegung des Grundes darstellen. Als Gegenstände des Denkens handelt es sich um *eide*, Formen, Gestalten oder Strukturen. Sowohl die klassische Antike wie das Mittelalter waren mit der Frage beschäftigt, ob die Ideen *in re*, *ante rem* oder *post rem* seien, einer Frage, die im Universalienstreit kulminierte.

Das dritte Stadium der abendländischen Entwicklung war die Erkenntnis, dass die Ideen als potentielle Gedankendinge eines denkenden Subjekts in einer Selbstreferenzialität erfasst und transparent werden müssen. Das Modell hierzu gab das selbstbezügliche Selbstbewusstsein ab, das Subjekt und Objekt in einem ist. Seitdem Descartes das *cogito ergo sum* zum fun-

damentum inconcussum der Philosophie und Erkenntnistheorie statuierte, bestimmt dieses Modell die idealistischen Philosophien von Fichte, Hegel, Schelling und anderen.

Allerdings führte das hohe Abstraktionsniveau dieser Setzung zur Kritik seitens des Existenzialismus und der Lebensphilosophie, die an die Stelle des *cogito ergo sum* das *existo ergo cogito* setzten und mit der reinen Existenz, dem *existere*, das Dasein (ohne das Sosein) zur Basis der Philosophie erhoben. Die wissenschaftliche Zugangsweise zur Existenz und die Umgangsweise mit dieser mussten sich allerdings mit dem Sosein und dessen formalen Bestimmungen in Begriffen, Konstruktionen, Hypothesen und theoretischen Setzungen befassen, so dass sich bald die Frage stellte, ob die formalen Konstruktionen überhaupt die Existenz erreichen können, etwa in Form eines vollständigen, durchgängig bestimmten Begriffssystems, oder nicht, oder ob beide koinzidieren oder der Grund letztlich unerreichbar bleibt, weder durch Dasein noch durch Sosein erfassbar ist, wie die Antigrunddenker der Moderne behaupten. Bekannt ist Blochs Ausspruch, dass das, was uns in die Welt hineingeführt hat, nicht wieder aus ihr herausführt, oder Kafkas *Schloß*-Roman, dem zufolge wir in der Welt in einem Labyrinth gefangen bleiben, ohne den Ausweg zu finden.

Ich möchte in meinem Vortrag zumindest in groben Zügen die Geschichte der europäischen Philosophie hinsichtlich der Frage nach dem Grund der Welt nachzeichnen, und zwar phänomenologisch als einen fortschreitenden Reduktions- und Abstraktionsprozess von einem natürlichen Ausgang, bei dem die Dinge in ihrer vollen Konkretion genommen werden, in der ganzen Fülle ihrer Qualitäten, Quantitäten, Habitualitäten und Auftrittsweisen in Theorie, Praxis, Ästhetik, Ethik, Religion bis zu rein abstrakten sachlich-theoretischen Setzungen. Erschließen sich die ersteren in Begegnungsweisen der natürlichen, alltäglichen Erfahrung, wie sie kulturgeschichtlich auch für das magisch-mythische Weltbild typisch sind, so die letzteren in Erfahrungsweisen der Wissenschaft. Die europäische Interpretationsgeschichte war der Weg von vollständig konkreten, in die Umwelt integrierten und in umfassenden psychisch-physischen Beziehungen der Affektion, der Moralität, der Ästhetik, der Praxis stehenden Dingen zu abstrakten, aller Individualität beraubten Dingen, die ihre Artikulation nur

noch in formalen mathematischen Konstruktionen finden und nur noch an das Denken appellieren. Novalis hat das heutige Weltbild der Mathematizität der Natur in einem seiner Gedichte kritisch zum Ausdruck gebracht hat.

„Wenn nicht mehr Zahlen und Figuren
Sind Schlüssel aller Kreaturen
Wenn die, so singen oder küssen,
Mehr als die Tiefgelehrten wissen,
Wenn sich die Welt ins freie Leben
Und in die Welt wird zurück begeben,
Wenn dann sich wieder Licht und Schatten
Zu echter Klarheit werden gatten,
Und man in Märchen und Gedichten
Erkennt die wahren Weltgeschichten,
Dann fliegt vor Einem geheimen Wort
Das ganze verkehrte Wesen fort.“¹

Thematisiert werden soll diese Entwicklung *erstens* anhand der Wahrnehmung als der Basis aller Zugangs- und Erschließungsweisen von Wirklichkeit, *zweitens* anhand von deren Bestimmungen Raum und Zeit und *drittens* anhand des Denkens, der Logik.

2. Wahrnehmung

Wahrnehmungen vermittelt der Sinne – des Sehens, Hörens, Riechens, Schmeckens und Tastens – gelten als Schlüssel zur Realität.² Denn was an-

1 Novalis: Werke, hrsg. und kommentiert von Gerhard Schulz, München 1969, 3. Aufl. 1987 auf der Grundlage der 2. neu bearbeiteten Auflage 1981, S. 85.

2 Die Begriffe Realität und Wirklichkeit sollen hier synonym gebraucht werden, obwohl sie unterschiedlichen philosophischen Konzepten entstammen. Wirklichkeit gehört einem natürlichen, organischen Weltbild an, das auf den Wirkungsnexus zwischen Wirkendem und Gewirktem verweist. Im heutigen Gebrauch des Wortes Wirklichkeit klingt diese Bedeutung noch nach. Realität entstammt einem Weltbild, in dem dieser Wirkungskontext zurücktritt bzw. nicht vorhanden ist. Das auf das lateinische Wort *res* zurückgehende

deres sollte uns den Zugang zur Realität eröffnen, wenn nicht das Wahrnehmen. Das Denken kann es nicht, da sich Dinge und Sachverhalte beliebiger Art erdenken lassen, ohne dass man deren Realität unterstellen müsste. Da Wahrnehmung nicht nur die Basis des wissenschaftlichen Zugangs zur Welt bildet, sondern auch die der alltäglichen Erfahrung, da zudem Wahrnehmung nicht nur im Wachzustand, sondern auch in Phantasie, Traum, Halluzination und Audition vorkommt, stehen wir damit vor der Frage, ob es zwei verschiedene Wirklichkeiten gebe. Sind Wahrnehmungen in der Wissenschaft andere als im natürlichen Umgang, in Traum und Phantasie? Oder ist die Wahrnehmungsbasis der Wissenschaften nur ein Reduktionismus?

Unser ursprünglicher und natürlicher Zugang zur Welt ist mitnichten ein-dimensional, sondern multidimensional und multifaktoriell. Die Dinge begegnen in einer Pluralität von Aspekten, als rein sachliche, praktische, moralische, soziale, ästhetische, religiöse usw., wobei im einen Falle der theoretische Aufbau interessiert, im anderen die praktische Nutzbarmachung und Handlichkeit, im dritten der moralische Wert, im vierten die Schönheit oder Hässlichkeit, im fünften der numinose Aspekt des Göttlichen. Obgleich sich diese Aspekte unterscheiden und kategorisieren lassen, treten sie in der natürlichen Betrachtung im Alltag und in gewissen Weltbildern wie dem magisch-mythischen vermischt auf, in anderen wie dem wissenschaftlichen reduziert, so dass einmal nur der sachlich-theoretische Aspekt interessiert, der in den Wissenschaften dominiert und dort zur Abstraktion aller anderen Aspekte führt, das andere Mal das Objekt zugleich Gebrauchsgegenstand ist, eventuell ästhetisches Objekt, das einen Wert hat, oder auch Gegenstand des Glaubens und der Verehrung ist. Der Wald z.B. wird unter praktischen Nutzungsgesichtspunkten zum Forst, nämlich für die Holzindustrie, die nur am schnellen Wachstum und Fällen der Bäume zum Zwecke des Verkaufs, also am Kosten-Nutzenkalkül, interessiert ist, während er für den Naturfreund und Dichter wie für indigene Völker der Ort intensivsten Naturerlebens ist, für den Religiösen ist er darüber hinaus Ort der Begegnung mit der Allmacht Gottes. Der Fluss ist in

,real', ,Realität' bedeutet ,Sache', ,Ding', bezeichnet – wie das Objekt, das sich von *obicere* ,sich gegenüber aufstellen', ,vor sich hinstellen' ableitet – das festgestellte physikalische Objekt in rein theoretischer Perspektive.

praktischer Hinsicht für die Industrie Ursprung der Stromerzeugung, für die Schifffahrt Transportmittel, für den Künstler Sujet einer Landschaftsmalerei und dergleichen.³

Es war schon Goethes These in der Farbenlehre,⁴ dass Farben nicht nur Farben sind, sondern zugleich eine „sinnlich sittliche Wirkung“ haben, was im Titel eines gleichnamigen Kapitels zum Ausdruck kommt. Das leuchtende Gelb der Sonne erhellt nicht nur das Gemüt wie alle hellen Farben, sondern erwärmt und attrahiert auch, ein glühendes Rot wie die Feuerglut verbrennt und gilt überall in der Natur als Warnfarbe, ein Blau wirkt kühl und distanzierend, ein Grün beruhigend und erholsam, was der Grund für unsere Flucht in die Natur und das Schweifenlassen des Blickes über eine grüne Wiesenfläche ist. Helle Farben haben eine gemütererhellende, ermunternde Wirkung, dunkle stimmen düster und depressiv.

Besonders deutlich wird die Synthese verschiedener Wahrnehmungsspekte in der Architektur, z.B. bei Sakralbauten. Während die stabilen, massigen Säulen romanischer Kirchen Ausdruck von Solidität und Erdgebundenheit sind, in ihrer Gradlinigkeit auf das Rückgrat des Menschen wirken, ihn moralisierend aufrichten und aufrechthalten und zu seiner charakterlichen Festigkeit und Beständigkeit beitragen, entreißen die himmelstürmenden, schlanken, ranken Pfeiler gotischer Kathedralen den Menschen aller Erdhaftigkeit, indem sie seinen Blick aufwärts ziehen in unendliche Höhen und ins Jenseits entfliehen lassen, und während die weichen, runden, oft schwulstigen, verschnörkelten Formen des Barocks ein Ausdruck von Lebensfreude und Genuss, auch von Nachgiebigkeit und Sichgehenlassen, kurzum von Diesseitigkeit sind und auflösend auf Körper und Charakter wirken, sind die klaren, strengen und ruhigen Linien und Formen der Klassik, die Gliederung, Ordnung, Übersicht und Ruhe vermitteln, ein Ausdruck des Ordnungswillens.

Genauso haben Töne, Laute, Geräusche, Lautfolgen eine Wirkung auf das Gemüt. Marschmusik fordert zum Kampf auf, fördert und stärkt den Mut, animiert den Kampfgeist, während lyrische Töne in die Gegenrichtung wir-

3 Näheres Karen Gloy: Wahrnehmungswelten, Freiburg, München 2011.

4 Johann Wolfgang Goethe: Zur Farbenlehre. Didaktischer Teil, 6. Abteilung: sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe, in: Goethes Werke (Hamburger Ausgabe), Bd. 13, Hamburg 1955, 5. Aufl. 1966, S. 494 ff.

ken und einen auflösenden und destabilisierenden Einfluss auf die Seele haben.

Wir haben uns die Welt einer Zwiebel gleich vorzustellen, die von einer Vielzahl von Schalen umgeben ist, die je verschiedene Aspekte präsentieren: einen theoretisch-sachlichen, einen praktischen, einen ästhetischen, einen emotionalen, einen religiösen usw., die einzeln oder im Verbund nicht nur in diversen historischen Epochen, sondern auch von diversen Völkern und Kulturen unterschiedlich akzentuiert und präferiert werden und deren jeweilige kultursoziologische Sicht abgeben. Dies möge an zwei eindrücklichen Beispielen demonstriert werden.⁵ Das eine stammt von Claude Lévi-Strauss.⁶

Ein Forscher hat von seiner Reise zu einem nordamerikanischen Indianerstamm eine Tlingit-Keule aus Zedernholz mitgebracht und auf einem Regal seiner Bibliothek stehen. Ein zufällig in seinem Haus arbeitender Handwerker interessiert sich an dieser allerdings lediglich für die Holzart und die feine Maserung. Für einen praktisch veranlagten Menschen, einen Jäger oder Fischer, ist das Objekt wegen seiner Gebrauchsfunktion interessant, denn mit seiner Form aus zwei Teilen, einem kleineren, der als Griff dient, und einem größeren, der als Schlaginstrument fungiert, erweist es sich als handliche Waffe zum Erschlagen eines Fisches. Für den Künstler, der diese Keule in Form eines Seeungeheuers geschnitzt hat, ist es ein formschönes, ästhetisches Objekt, eine Harmonie der Gegensätze. Für den Eingeborenen und nur für ihn ist die Tlingit-Keule ein Symbol und Sakralobjekt, das es zu verehren gilt. Die Sichtweise des nordamerikanischen Eingeborenen, der durch alle Schichten hindurch, durch die sachliche, praktisch-funktionale und die symbolisch-künstlerische immer auch die sakrale darin erkennt, ist unserem kulturellen Blick und insbesondere unserer restriktiv reduktionistischen wissenschaftlichen Zugangsweise zur Wirklichkeit verschlossen. Unsere Sichtweise, die sich für Material und Form interessiert, ist eher abstrakt, nicht ganzheitlich wie die des Eingeborenen gemäß seinem magisch-mythischen Weltverständnis.

5 Karen Gloy: *Wahrnehmungswelten*, Freiburg, München 2011.

6 Claude Lévi-Strauss: *Das wilde Denken* (Titel der Originalausgabe: *La pensée sauvage*, Paris 1962), aus dem Französischen von Hans Naumann, Frankfurt a. M. 1968, 10. Aufl. 1997, S. 40.

Ein zweites Beispiel stammt aus Bhutan. Auf dem Weg vom Flughafen Paro, auf dem man gewöhnlich bei der Einreise nach Bhutan landet, zur Hauptstadt Thimphu fährt oder geht man am Thimphu-Fluss entlang, der an einer Stelle, dem Zusammenfluss von Paro und Thimphu, eine schärfere Biegung mit Stromschnellen und aufgetürmten Wassermassen aufweist. Ein Berg schiebt sich in die Biegung, offensichtlich hat er bei der Gestaltung des Flusslaufes mitgewirkt. Am Fusse des Berges befinden sich drei Chorten, ein nepalesischer, ein tibetischer und ein botanischer in ihrer jeweils typischen Bauart. Der westliche Tourist konstatiert die Gegebenheiten, wie sie hier beschrieben sind, bewundert vielleicht noch, wenn er ein Ästhet ist, die raue wilde Landschaft, nur der Eingeborene passiert die Stelle mit Ehrfurcht und Schaudern, gebeugt, Gebete vor sich himurmelmnd, denn nur er weiß um die Gefahren dieser Stelle, die Stromschnellen, die in der Vergangenheit manchem das Leben kosteten, die Erdbeben, welche die Landmassen verschoben und den Fluss neu gestalteten. Für ihn herrschen hier dämonische böse Mächte, die durch die Chorten in ihrer Unheilerzeugung gebändigt und gebunden werden müssen. Während sich dem Touristen nur die Oberfläche zeigt, dringt der Blick des Einheimischen in die Tiefe, die von Geistern und Dämonen bewohnt ist, wie dies der animistischen Vorstellungswelt von Naturethnien und naturnah lebenden Völkern entspricht. Der westliche Mensch rühmt sich, von Geistern und Dämonen entrümpelte, gereinigte Vorstellungen zu haben, für ihn sind Dämonen allenfalls metaphysische Umschreibungen physikalischer Kräfte, für ihn ist die Natur entdiviniert, des Numinosen und Religiösen beraubt. Er sieht nur noch den sachlichen Kern, nicht mehr spürt und empfindet er auf ganzheitliche Weise die damit verbundenen Emotionen, Stimmungen, Befindlichkeiten und religiösen Gefühle.

Wir haben historisch wie auch kulturell verschiedene Zugänge zur Wirklichkeit, reichere und ärmere, komplexere und reduziertere. Während Naturvölker eine reiche und komplexe Erfahrung von Wirklichkeit haben und eine solche auch am Beginn unserer geschichtlichen Entwicklung stand und heute im Alltag unterschwellig weiterlebt, wurde sie im Laufe unserer Geschichte seit der Antike zurückgeschraubt. Platon versuchte im *Timaios* die sinnlichen Qualitäten zu hinterfragen und auf Formales, Mathematisches,

Quantifizierbares zu reduzieren in einer *metabasis eis allo genos*, die sich in unserer abendländischen Geschichte durchgesetzt hat und bis heute die Wissenschaften bestimmt. Sinnliche Qualitäten, Farben, Töne, Gerüche, Geschmäcke, Tastqualitäten, gelten als unklar und verschwommen und sind deshalb so weit wie möglich auf Quantitäten zurückzuführen, da diese allein exakt und präzise fassbar sind. Hinter jeder Farbe steht eine exakt bestimmbare Wellenlänge, hinter jedem Ton eine mathematisch fassbare Frequenz, subjektiv empfundene Wärme wird auf objektiv messbare Grade zurückgeführt. Es ist das Programm einer Mathematisierung der Natur, das die Geschichte des Abendlandes bis heute prägt. Zu fragen ist nur, ob dieses rein formale, mathematische Konstrukt die Realität adäquat einzufangen vermag.

Was bleibt von der Wirklichkeit und dem Wirklichkeitsgrund übrig bei einem derart reduktionistischen Zugang, der sich auf die vom Geist selbst entworfenen mathematischen Strukturen kapriziert, hingegen alles Emotionale, Ästhetische, Religiöse ausschließt. Zwar betont dieser Konstruktivismus die Herrschaftsrolle des Menschen, erhebt ihn zum *maître et possesseur de la nature* (Descartes), hinterlässt aber den fahlen Nachgeschmack einer De-realisation. Da der Rest an Wahrnehmung, auf den sich die Wissenschaft stützt, genau wie die Wahrnehmungen des Alltags theorieimprägniert, kulturgesteuert ist und immer schon unter festgelegten theoretischen Rahmenbedingungen erfolgt, reduziert sich unter dem abstrakten wissenschaftlichen Konzept das Reale auf ein einfaches, nicht weiter erfassbares Sinnesdatum, eine Empfindung überhaupt.

3. Raum- und Zeitvorstellung

Zur Wahrnehmung gehört wesentlich die Raum- und Zeitvorstellung, und auch sie war in der Vergangenheit unendlich reichhaltiger bestimmt als heute, so dass zu vermuten steht, dass auch sie nicht ohne Einfluss auf die Entscheidung ist, welche Vorstellungen wir für real und welche für hypothetisch und imaginär halten sollen.

Der englische Wissenschaftsjournalist Jim Baggott⁷ hat in seinem Buch *Farewell to Reality* die moderne Grundlagenforschung der Physik und ihre Tendenz einer Kritik unterzogen und ihr den Vorwurf gemacht, dass sie immer mehr die Bodenhaftigkeit, die sie einstmals besaß – Physik bedeutet die Wissenschaft von den *physika*, d.h. den Naturgegenständen – verloren habe und zu einer reinen Märchenphysik (*fairytale physics*) mutiert sei. Sie habe sich von der empirischen Welt gelöst und sei zu einer postempirischen Wissenschaft, einer rein intellektuellen Spekulation und Spielerei mutiert. Er demonstriert dies an der gegenwärtig viel diskutierten Stringtheorie, die in vielen Varianten auftritt, mit 6, 18, 26 und mehr Dimensionen. Nicht nur, dass sie in einem Raumgebiet von der Größenordnung 10^{33} operiert und eine Vielzahl von Parallelschwingungen durch einen Punkt supponiert und damit nach Meinung des Autors an die mittelalterliche Glaubensfrage erinnert, wie viele Engel auf einer Nadelspitze Platz hätten. Sie ist auch derart unanschaulich und unseren gewöhnlichen Vorstellungen widersprechend, dass sie ausgehend von einer Raumzeit an jedem Punkte derselben eine Vielzahl von Dimensionen annimmt, die jedoch kompaktifiziert, quasi eingrollt und damit nicht wahrnehmbar seien. Als eine rein mathematisch verstandene Physik habe sie sich von der Physik als Wissenschaft des Wirklichen verabschiedet.

Physiker selbst verteidigen ihre Strategie mit der Argumentation, dass ihre Aufgabe nicht nur in der Erklärung der Phänomene bestehe, sondern in der Eröffnung neuer Felder durch Experimente und somit in der Erweiterung unserer Vorstellungen von Realität. So hat zum Beispiel Paul A. M. Dirac, einer der prominentesten theoretischen Physiker des 20. Jahrhunderts, die erste relativistische Quantenfeldtheorie des Elektrons entworfen, ohne dass in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts eine empirische Überprüfung möglich gewesen wäre. Sie galt als absurd, da sie das Vakuum als einen See negativer Energie (Dirac-See) postulierte. Erst etliche Jahre später wurde das Anti-Elektron, das Positron, in der kosmischen Strahlung entdeckt.⁸ Was für die moderne Physik gilt, gilt um so mehr für die moder-

7 Jim Baggott: *Farewell to Reality. How Modern Physics Has Betrayed the Search for Scientific Truth*, New York 2013.

8 Zum Vorherigen vgl. den Artikel von Eduard Kaeser: Märchenphysik. Verabschiedet sich die Grundlagenphysik von der Realität, in: *Neue Zürcher Zeitung* vom 7. Mai 2014, Nr. 104, S. 54.

ne Geometrie: Die Geometrie, die einstmal die Lehre von der Erde, dem empirischen Raum, war, hat sich von aller Realität verabschiedet und ist zu einer rein spekulativen mathematischen Wissenschaft avanciert, die heute weitgehend in den Händen von Mathematikern liegt.

Fragt man einen normal gebildeten Bürger nach seiner Raumvorstellung, so wird man zur Antwort bekommen, dass er sich diesen als Hohlraum denke, als ein großes Gefäß, so wie Newton sich den Raum als eine unendliche Weltschachtel vorstellte, in die alle Gegenstände integrierbar und in ihren Stellungen und Verhältnissen zueinander bestimmbar sind. Bei genauerem Durchdenken wird er sich möglicherweise noch Kants Kritik an Newtons existierendem absoluten Raum anschließen, die darauf hinausläuft, dass man im Falle der Elimination aller existierenden Dinge aus dem Raum auch den existierenden Raum selbst aufheben würde.⁹ Das, was Ermöglichungsgrund aller Gegenstände, Verhältnisse und Ereignisse ist, kann nicht von der Art und Beschaffenheit des Ermöglichten sein, sondern muss als *Form* gegenüber dem *Inhalt* gedacht werden. Der Raum ist also eine Vorstellungs- oder Anschauungsform, eine Organisationsform unseres Geistes, die vom Empirischen abstrahierbar ist, kurzum ein mathematisches Konzept. Wie dieser intelligierbare Raum seiner Struktur, Topologie und Metrik nach zu denken sei, ob als offen oder geschlossen, extern oder intern, unendlich oder endlich, homogen oder inhomogen, isotrop oder anisotrop, kontinuierlich oder diskret, wird der normal Gebildete dem Spezialisten überlassen. Dieser ergeht sich in Raumentwürfen, die mit der Realität nichts mehr zu tun haben, allenfalls nachträglich zur Überprüfung anstehen.

Unsere traditionelle Vorstellung vom Raum präferiert den dreidimensionalen euklidischen Raum mit dem Parallelenpostulat der Kreisfläche von πr^2 und dem Kreisumfang von $2\pi r$ sowie der Winkelsumme eines Dreiecks von 180° . Hebt man das Parallelenpostulat auf, so gelangt man zur elliptischen Geometrie, für die die Riemannsche Kugelgeometrie ein Beispiel ist. Sie untersucht die Raumverhältnisse auf der Außen- wie Innenseite einer Kugel (positiv und negativ). Die Winkelsumme eines Dreiecks beträgt hier mehr als 180° , der Kreisinhalt weniger als πr^2 und der Kreisumfang weniger als $2\pi r$. Ändert man das Parallelenpostulat ab, derart, dass man min-

9 Vgl. Immanuel Kant: Kritik der reinen Vernunft A39 B56, B70 ff.

destens zwei Parallelen zu einer Geraden und einem Punkte außerhalb der Geraden zulässt, so gelangt man zur hyperbolischen Geometrie, die sich im Kleinen anhand einer Sattelfläche mit konstanter sogenannter Gauscherkrümmung veranschaulichen lässt. In ihr beträgt die Winkelsumme eines Dreiecks weniger als 180° , der Flächeninhalt des Kreises mehr als πr^2 und der Umfang mehr als $2\pi r$.

Wie spekulativ und abgehoben die moderne Raumdiskussion ist, zeigt sich daran, dass mit Räumen von beliebiger Dimensionenzahl (6, 10 Dimensionen) operiert wird. Johann Heinrich Lambert ersann eine Geometrie mit spitzem Winkel, bezogen auf eine imaginäre Kugelfläche, Felix Klein operierte mit Kegelschnitten und Zylindern, Hermann Minkowski mit Weltlinien usw. Solche Geometrien widersetzen sich mehr oder weniger der Anschaulichkeit und sind nur über symbolische Darstellungen zugänglich. Welche der vielen spekulativen mathematischen Geometrien auf die Wirklichkeit applikabel ist und ob überhaupt eine von ihnen der Wirklichkeit entspricht, ist bis heute nicht ausgemacht. Der Versuch einer Überprüfung des euklidischen Raumes durch Ausmessung großer Distanzen unter Zuhilfenahme markanter Landschaftserhebungen wie des Brockens im Harz, des Inselsberges im Thüringer Wald und des Hohen Hagen bei Göttingen blieb ohne eindeutiges Resultat, zum einen, weil die Distanzen für die Feststellung einer Raumkrümmung im Verhältnis zum Kosmos viel zu gering sind, zum anderen, weil man generell bei Experimenten nur das herausholt, was man zuvor hineingesteckt hat.

Im Alltagsleben des Normalbürgers herrschen unterschwellig ganz andere Raumvorstellungen als wissenschaftliche: nicht-formale, nicht-mathematische, nicht-quantifizierbare Vorstellungen, die einer ganz anderen Weltinterpretation entstammen. Legt man Cassirers Schichtenmodell zugrunde, bestehend aus sinnlichem Wahrnehmungsraum, mythischer Raumanschauung und Raum der reinen Erkenntnis,¹⁰ oder geht man wie Schmitz von seiner „Archäologie des Raumes“¹¹ oder wie Ströker phänomenologisch in der Nachfolge von Husserls Konstitutionstheorie von einem gestimmten Raum aus, auf den sukzessiv ein Aktionsraum und ein An-

10 Vgl. Ernst Cassirer: Philosophie der symbolischen Formen. Teil 2: Das mythische Denken, 8. unveränderte Aufl. Darmstadt 1987, S. 104.

11 Vgl. Hermann Schmitz: System der Philosophie, Bd. III,1, Bonn 1967, S. XVIII, vgl. S. XVI f.

schauungsraum als Basis mathematischer Räume aufbauen,¹² so sind mit den anderen Raumvorstellungen die unteren Schichten gemeint, die magisch-mythischen. Der moderne Mensch besitzt noch einen Rest derselben, er zeigt noch einen gewissen Respekt vor bestimmten für heilig gehaltenen Stätten, z.B. bei Eintritt in ein Gotteshaus, er erlebt ein Hochgefühl und Ehrfurcht, wenn er auf dem Gipfel eines Berges anlangt und die Vier- oder Sechstausender um sich erblickt, er hat eine Hemmung vor dem Eintritt in eine fremde Wohnung oder vor dem Privateigentum anderer oder eine Scheu vor bestimmten Gegenständen, die für unsicher und unheimlich gelten. Wenngleich unser Weltbild und seine Raumvorstellung im großen und ganzen wissenschaftlich geprägt ist mit der Tendenz zu immer subtilerer wissenschaftlicher Darstellung, ist jenes andere Raumverständnis und Raumerleben nicht gänzlich eliminiert.

Wie anders stellt sich dieses Raumverständnis dar. Die ursprünglichen Vorstellungen von Raum und Räumlichkeit am Beginn unserer abendländischen Geschichte und noch heutigentags die der indigenen, rezenten Völker wie die unseres Alltags haben so wenig mit der zuvor charakterisierten formalen mathematischen Raumvorstellung zu tun, dass Zweifel aufkommen können, ob sich beide überhaupt unter dem Oberbegriff Raum subsumieren lassen. Die an einem Schichtenmodell orientierten Phänomenologen charakterisieren diese Raumvorstellung nicht mittels der idealisierenden und ideierenden Mathematik, sondern mittels der Psychologie als Befindlichkeit, Stimmung, Gefühl, Atmosphäre, als leiblich empfundene Wirklichkeit. Zu ergänzen ist von Seiten der Soziologie die Raumerfahrung als Lebensraum, Wohnraum, Heimat, Gesellschaft u.ä.. Diese Ansätze werden verständlich, wenn man bedenkt, dass der ursprünglich eingenommene Raum unser Wohngebiet und Betätigungsfeld ist, der Aufenthaltsort, der Aktionsraum, der mit bestimmten Qualitäten wie Vertrautheit, Geborgenheit, Sicherheit, Schutz verbunden ist, auch als Rückzugsgebiet zu friedlicher Abgeschlossenheit, Ruhe und Stille dient und nicht selten mit Heimat gegenüber der Fremde identifiziert wird. Wie wenig dieser Raum mit dem zuvor charakterisierten mathematischen Orts- und Stellenraum zu tun hat, wie wenig selbst in ihm Geographisches eine Rolle spielt, mag

12 Vgl. Elisabeth Ströker: Philosophische Untersuchungen zum Raum, Ort und Zeit fehlen, bes. S. 22 ff, 54 ff, 93 ff.

eine Geschichte belegen, die Dorothee Neff berichtet:¹³ Als während des Zweiten Weltkrieges die deutschen Ostpolen vertrieben wurden, erhielt eine Frau die Sondergenehmigung zu bleiben. Ihre anfängliche Freude wich bald Missbehagen und Kummer, da sich das Leben um sie herum völlig veränderte: Es fehlten die vertrauten Menschen, die ehemaligen Nachbarn und Freunde, mit denen sie sich ausgetauscht hatte, die Sprache ging vom Deutschen ins Polnische über, die alten Häuser wurden durch moderne ersetzt, der gesamte Lebensstil änderte sich, so dass sie sich nicht mehr heimisch und geborgen fühlte und bald darauf das Land verließ. Wichtiger als die Geographie erwies sich die zur psychisch-mentalenen Befindlichkeit eines heimatlichen Gefühls erforderliche Kommunikationsgemeinschaft.

Hier wird deutlich, dass die beschriebene Raumvorstellung mehr mit Qualität als mit Quantität zu tun hat. Zwar mag sie latent mathematische Stellen, Lagen und Distanzen enthalten, die einer späteren quantitativen Bestimmung zugänglich sind, auf dieser Stufe jedoch ist sie überlagert vom konkreten Leben, von Stimmungen, Gefühlen, Befindlichkeiten. Schmitz spricht daher vom „Gefühlsraum“,¹⁴ Ströker vom „gestimmten Raum“,¹⁵ der ein erlebter, besser noch ein gelebter Raum ist, weil er sich in seiner beeindruckenden Fülle der Gesamtleiblichkeit über alle Weisen des Zugangs zur Wirklichkeit erschließt. Wie es etwas anderes ist, ob man sich in einer stillen Kirche befindet, die Andacht, Besinnung und Frieden verschafft, oder auf einer belebten lärmigen Straße, auf der man von Hektik und Geschäftigkeit getrieben ist, so hat jeder erlebte Raum ein bestimmtes Gepräge, das sich über Begriffe und Kategorien allerdings nur schwer erschließen lässt.

Um die mit bestimmten Gefühlen, Stimmungen und Befindlichkeiten befrachteten Räume wie den magischen Kreis, die Bannmeile, die Parlament und Gerichtsgebäude schützt, den sakralen Ort, der durch Heiligkeit, Unantastbarkeit und Hochschätzung gekennzeichnet ist, zu erklären und zu legitimieren, hat Cassirer die sinnliche Wahrnehmungswelt mit einem mythischen Raster überzogen, der im Anschluss an Rudolf Otto mit den gegen-

13 Dorothee Neff: Der Heimatverlust bei den Flüchtlingen, Diss. Erlangen 1956, vgl. Hermann Schmitz: System der Philosophie, Bd. III, 4, Bonn 1977, S. 220.

14 Hermann Schmitz: System der Philosophie, a.a.O., Bd. III,4, S. 207, 208.

15 Elisabeth Ströker: Philosophische Untersuchungen zum Raum, a.a.O., S. 22 ff.

sätzlichen Kategorien von Sakralität und Profanität operiert.¹⁶ Noch tiefere Wurzeln des magisch-mythischen, auch religiös zu nennenden Weltgefüges, das auf Glaubensdogmen beruht, sind m.E. die lebenspraktisch-moralischen Interessen, die mit der Grundunterscheidung von gut und böse gegeben sind. Das axiologische System erhält seine Achtungsprinzipien/Geltung aus der natürlichen, moralischen Fundierung, denn so wie für das Kind die Eltern Autoritäts- und Respektpersonen sind, so sind es für den Erwachsenen die Gottheiten, deren Anweisungen, Geboten und Verboten zu gehorchen ist, da sonst Strafe droht.

Während alle diese Bestimmungen für den abstrakten Raum der Wissenschaften keinerlei Rolle spielen, zumal dieser relativ, homogen und isotrop ist, spielen sie für das konkrete, realistische Raumverständnis eine entscheidende Rolle. Angesichts solcher gravierenden Differenzen fragt sich, ob man mittels einer abstrakten formalen Raumtheorie überhaupt die Realität und den Realgrund (als Singulum) erreichen könne. Die Frage dürfte sich von selbst beantworten.

Was für die Raumvorstellung gilt, lässt sich auch für die Zeitvorstellung ausführen, worauf ich hier verzichten will, da sie in einer früheren Tagung zur Sprache kam.¹⁷

4. Logik

Versuchen wir nun, die den jeweiligen Wahrnehmungstypen zugeordneten Logiken aufzuzeigen: Im Falle der reduktionistischen, rein sachlichen Wahrnehmung, die von den Wissenschaften präferiert wird, ist das die traditionelle binäre Logik, im Falle der vollkonkreten, von Emotionen und Stimmungen begleiteten und unter ästhetischen und religiösen Kategorien stehenden Wahrnehmung das analogische Denken. Auch wenn in der Moderne zur Überwindung von Schwierigkeiten der traditionellen Logik und insbesondere ihrer Diskrepanz zur Realität eine Vielzahl anderer Logiken

16 Vgl. Rudolf Otto: *Das Heilige. Über das Irrationale in der Idee des Göttlichen und sein Verhältnis zum Rationalen*, Breslau 1917, 2. Aufl. Nachdruck, München 2004.

17 Da ich mich jedoch in meinem letzten Vortrag mit der Zeit ausführlich beschäftigt habe, möchte ich hierauf diesmal nicht eingehen. Vgl. Karen Gloy: *Was ist Zeit?* In: Vogelsang et al. (Hg): *Alles fließt? Zu den Auffassungen der Zeit in den Natur- und Geisteswissenschaften*, Bonn 2014, S. 7–28.

auf dem Marke ist, die mehrwertige, die epistemische, die deontische, so ist die binäre Logik zum Ausschluss von Widersprüchen unaufgebbar, da sonst sinnvolles Denken und Sprechen hinfällig wird.

Um die binäre Logik kurz zu skizzieren: Sie kann als ein begriffliches Spezifikationsystem bzw. bei umgekehrter Perspektive als ein begriffliches Klassifikationssystem beschrieben werden, das nach dem Schema *genus proximum per differentiam specificam* aufgebaut ist. Im Blick auf die diffuse, chaotische Mannigfaltigkeit von Erscheinungen, hält das System nach der nächst höheren Gattung Ausschau, um aus ihr durch eine spezifische Differenz die Arten und nach demselben Prinzip die Unterarten und Unterunterarten usw. zu gewinnen. Im Idealfall resultieren auf jeder Stufe zwei und nur zwei Subbegriffe. Auf diese Weise ergibt sich ein hierarchischer Aufbau aus Ober- und Unterordnungen, der aufgrund seiner inhaltlichen Gliederung und umfangsmäßigen Einteilung als Idealtyp gelten kann. Inhalt und Umfang der Begriffe verhalten sich umgekehrt proportional: Je allgemeiner ein Begriff inhaltlich ist, desto größer ist sein Umfang, und je reichhaltiger und konkreter ein Begriff inhaltlich ist, desto enger sein Anwendungsgebiet.

Beherrscht wird das System im Wesentlichen von drei Grundprinzipien, *erstens* dem Satz der Identität, *zweitens* dem Satz des auszuschließenden Widerspruchs und *drittens* dem Satz des ausgeschlossenen Dritten (*tertium non datur*). Von ihnen besagt der erste, dass ein begriffliches Merkmal bzw. ein Merkmalskomplex durch alle Spezifikationen hindurch unverändert festzuhalten ist, der zweite, dass einem Begriff kein ihm widersprechendes Merkmal zukommen darf. Ist ein Begriff durch A charakterisiert, so scheidet non-A als Bestimmung aus, da eine solche Charakteristik eine *contradictio in adiecto* wäre, die jedes sinnvolle Denken und Sprechen unmöglich machte. Der dritte Satz artikuliert, dass bei dichotomischer Einteilung des Systems nur ein Entweder-oder, kein Sowohl-als-auch möglich ist. Der Begriff kann nur entweder A oder non-A sein, nicht ein Drittes.

Dass das System ein artifizielles, idealtypisches System ist und in Diskrepanz zur Wirklichkeit steht, die mitnichten widerspruchlos ist und mit ihren indifferenten und changierenden, auch ambivalenten und polyvalenten Phänomenen zu Schwierigkeiten führt, ist nicht zu übersehen.

1. Wo soll das Verfahren bei Anwendung auf die Realität ansetzen, wo soll es seinen Anfang nehmen und wo enden? Ist der höchste Begriff der des Anorganischen oder der des Organischen oder der des Gegenstandes überhaupt oder das Sein oder das Eine? Wie steht es in den letzteren Fällen mit einer Pluralität gleichursprünglicher höchster, generischer Begriffe wie Identität und Differenz, Sein und Nicht-Sein, Eines und Vieles usw., die von jedem Seienden aussagbar sind und eher zu einem dialektischen System als zu einem axiomatischen Deduktionssystem tendieren. Wo soll man den Schlusspunkt unter das System setzen, da es ein *atomon eidos*, ein letztes Unteilbares, nicht gibt, sondern sich zwischen zwei noch so nahe verwandte Begriffe immer noch weitere einschieben lassen.

2. In Anbetracht der Tatsache, dass ein empirischer Gegenstand stets vage, schillernd und unpräzise ist und „niemals zwischen sicheren Grenzen steht“, wie Kant¹⁸ anhand des Goldes demonstriert, von dem der eine die Farbe und den Schmelzpunkt kennen mag, der andere möglicherweise hiervon nichts weiß, ist die Anwendung des logischen Idealsystems darauf problematisch sowohl hinsichtlich der externen wie internen Abgrenzungen.

3. Auch die Wahl des Einteilungs- und Gliederungsprinzips zeugt von der Artifizialität. Selbst wenn der Fehler eines Perspektivenwechsels vermieden und an der Einheitlichkeit des Prinzips festgehalten wird, bietet dies noch keine Garantie, dass damit auch die Wesenhaftigkeit der Sache und nicht nur die Marginalität getroffen ist. Bis heute ist die Klassifikation von Pflanzen üblich, die auf Carl von Linné zurückgeht. Jeder von uns kennt das lila Veilchen, dieses kleine Pflänzchen, dessen erstes schüchternes Auftreten im Frühling uns erfreut oder dessen Anblick und Genuss wir vom Dürrschen Veilchensträußchen her erkennen. Dieser gesamte sinnliche, emotionale und ästhetische Eindruck wird eliminiert, wenn Linné das Veilchen wissenschaftlich korrekt definiert als offen sich fortzeugend, bedecktsamig, zweikeimblättrig, getrenntblumenblättrig. Es fällt uns schwer, hierin das Eigentümliche und Wesentliche dieses Blümchens zu erblicken.

4. In der Geschichte der Wissenschaften hat zudem mehrfach ein Wechsel des Einteilungsprinzips stattgefunden, was ebenfalls nicht auf Sachgerechtigkeit, sondern auf Artifizialität der Einteilung deutet. Nicht nur lässt

18 Immanuel Kant: Kritik der reinen Vernunft A 728 B 756.

sich zwischen Antike und Neuzeit ein gravierender Unterschied darin feststellen, dass die Antike an der Gestalt, die Neuzeit am Gesetz orientiert ist. Michel Foucault¹⁹ hat zudem auf den Wechsel des Einteilungsprinzips in den großen Taxonomien zwischen dem 17./18. Jahrhundert und den Jahren zwischen 1775 und 1795 aufmerksam gemacht. Während das erstere an ausgewählten sinnlichen Qualitäten meist optischer Art orientiert ist, wie Anzahl, Größe, Gestalt, Anordnung, Oberflächenrelief u.ä., ändert sich dies dahingehend, dass das zweite an der durch Sezierung erst freizulegenden Anatomie interessiert ist. Maßgebend ist jetzt die Organisation und Funktionsweise, die sich vom jeweiligen Zweck der Lebewesen bestimmt. So hängt z.B. von der Ernährung der gesamte Körperbau der Lebewesen ab, die Beschaffenheit der Fang- und Kauorgane, des Verdauungs- und Ausscheidungstraktes, des Bewegungsapparates u.ä. Pflanzenfresser verlangen breite Mahlzähne, einen langen Ernährungstrakt, Fleischfresser scharfe, spitze Reißzähne, einen starken Magen. Zwischen der Art der Nahrungsaufnahme und der Art des Körperbaus bestehen geregelte Zusammenhänge, die das Funktionieren garantieren.

Dass es sich bei diesen logischen Systemen um idealtypische Systeme handelt, deren Applikabilität auf die Realität problematisch ist und nur über das Experiment erfolgen kann, das die Gegenstände aus ihrer Umwelt, in die sie natürlicherweise integriert sind, herauspräpariert, versteht sich. Die Experimentalbedingungen, denen das logische System zugrunde liegt, haben die Aufgabe, die Natur zu präparieren, was Heidegger in seinem Technikaufsatz dazu veranlasste, hier von ‚Gestell‘ oder ‚Machwerk‘ zu sprechen.²⁰

Eine Logik, die dem Facettenreichtum, der Vielschichtigkeit der Wahrnehmungsphänomene mit ihren natürlichen Beziehungen zum Emotionalen, Ästhetischen, Religiösen usw. näherkommt, ist das Analogiedenken. Es geht von der Grundüberzeugung einer All-Einheit der Dinge, ihrer Verwandtschaft auf der Basis einer vereinigenden Kraft der Sympathie aus. Auch die

19 Michel Foucault: Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften (Titel der Originalausgabe: *Les mots et les choses*, 1966), aus dem Französischen von Ulrich Köppens, Frankfurt a. M. 1974, 10. Aufl. 1991, S. 173 ff und 279 ff.

20 Martin Heidegger: Die Frage nach der Technik, in: *Die Künste im technischen Zeitalter*. Dritte Folge des Jahrbuchs *Gestalt und Gedanke*, hrsg. von der Bayerischen Akademie der schönen Künste, München 1954, S. 70–108, bes. S. 88.

scheinbar heterogensten Dinge der Welt, die räumlich und zeitlich entfern-
testen und qualitativ wie modal verschiedensten, sind einander ähnlich
und verwandt, was sich in Entsprechungsverhältnissen ausdrückt, so dass
jedes Ding von jedem anderen aus zugänglich ist. Hierzu gibt es eine Fülle
von Verbindungswegen assoziativer Art, sowohl in aufsteigender wie ab-
steigender Richtung, sowohl als Spezifikation wie Klassifikation, sowohl als
Rechts- wie Links- oder Oben- und Unten-Anordnung, als Symmetrien, als
Zyklen konzentrische Kreise usw. Der Ableitung und Zuordnung sind keine
Grenzen gesetzt, so dass die analogische Logik auch die Strukturen der bi-
nären Logik umfasst, nur weitaus umfangreicher ist als diese. Der Idee nach
soll jeder Teil der Welt pars pro toto stehen und das Ganze repräsentieren,
genauer das Ganze sein.

Das uns heute auf den ersten Blick befremdliche Analogiedenken erlebte
Hochkonjunktur in der Renaissance in Magie, Alchemie, Astrologie und
Mantik. Unterschwellig lebt es auch heute noch im Alltag fort, indem wir
wie selbstverständlich bestimmte Eigenschaften mit bestimmten Tieren
assoziiieren, etwa von der Emsigkeit der Bienen, der Raubgier der Wölfe oder
der Friedfertigkeit der Tauben und der Sanftmut der Lämmer sprechen.

Um sich einen Einblick in die analogische Ordnung zu verschaffen, sei auf
die markantesten Unterschiede zur binären dihairretischen Logik hingewie-
sen. Im Unterschied zur letzteren führt das Analogiedenken seine Opera-
tionen nicht nur innerhalb einer Gattung durch, sondern zwischen gleich-
artigen Gattungen. Teilt die wissenschaftliche Nomenklatur Logik z.B. die
Gattung ‚Baum‘ in die Arten ‚Laub-‘ und ‚Nadelbäume‘ ein, die letzteren u.a.
in die Unterarten ‚Zypressen-‘ und ‚Kieferngewächse‘, diese wiederum u.a.
in ‚Tannen‘ und ‚Fichten‘ und u.a. diese in ‚Schwarz-‘ und ‚Weißfichten‘, so
stellt das analogische Denken Beziehungen und Entsprechungen zwischen
gleichwertigen Gattungen bzw. Arten her, z.B. zwischen Pflanzen, Tieren,
Stoffen, Farben, Befindlichkeiten, Stimmungen u.ä. Das geschieht tabella-
risch in untereinander geordneten Reihen oder in konzentrischen Kreisen.

In der Hermetik und Magie der Renaissance galten häufig die Planeten Son-
ne, Mond, Saturn, Jupiter, Mars, Venus und Merkur als Leitlinie, denen Me-
talle, Farben, Befindlichkeiten u.ä. in Rubriken zugeordnet wurden. So kam

der Sonne von den Metallen das Gold zu, dem Mond das Silber, dem Mars das Erz, von den Farben der Sonne die gelbe Farbe, dem Mond die silbrigweiße, dem Mars die braune usw., von den Befindlichkeiten der Sonne Wärme und Wohlbefinden, Wachstum und Gedeihen, das Glück schlechthin, dem Mond die Kühle und Frische der Nacht, die Ruhe und Stille, dem Mars, der in der Antike als Kriegsgott galt, die Unruhe, der Aufruhr, der Krieg. Die Erklärung hierfür liefert die Tatsache, dass im Urphänomen bzw. seinen Repräsentanten Sonne, Mond, Saturn usw. alle Dinge zusammengehören und miteinander verknüpft sind, so dass sie sich in Tabellen oder konzentrischen Kreisen explizieren lassen.

Das Misslingen dieses Projekts ist seiner Überfülle und Überbestimmtheit und damit seiner Uneindeutigkeit geschuldet. Dies dürfte auch der Grund gewesen sein, weswegen es historisch im Konkurrenzkampf mit der simpleren binären Logik, die sich auf wenige, leicht nachvollziehbare und sicher erscheinende Strukturen stützt, am Ende der Renaissance diskreditiert, marginalisiert und suspendiert wurde. Sein Scheitern hat direkt zum Erstarken der Naturwissenschaften und unserer gesamten wissenschaftlichen Ausrichtung beigetragen, welche sich auf die binäre Logik stützt. Es ist ein allseitig zu beobachtendes Phänomen, dass im Konkurrenzkampf zweier Alternativen stets die einfachere den Sieg davonträgt, weil sie strategisch effizienter ist und schnurstracks auf ein Ziel zugeht ohne unnötige Umwege.

In den letzten Jahrzehnten hat das Analogiedenken jedoch aufgrund der Zunahme der Komplexität und Kompliziertheit der Welt in allen Bereichen des Lebens, der Kommunikation, der Arbeit, eine Rehabilitierung erfahren. Nicht nur die globalisierte Wirtschaft und Finanzwelt, die weltweit verzweigten und operierenden Betriebe und Firmen, die zunehmende Bürokratisierung der Verwaltung, auch das Anwachsen von Organisationsstrukturen und Kommunikationsmöglichkeiten lassen das traditionelle Denken mit seiner Hierarchie und Binarität scheitern und erfordern ein neues Interpretationsmodell. Als Gegenmodell zum hierarchischen Denken mit seiner Dominanz und Befehlsgewalt von oben nach unten und seinem Gehorsam in umgekehrter Richtung fungiert jetzt das Netzwerk, das auf nivellierten Strukturen beruht und im Prinzip jedes mit jedem verbindet. Das Internet

ist hierfür das beste Beispiel, aber auch die Vernetzung der Arbeits- und Betriebswelt, der Gesellschaft, der Wirtschaft usw. In der Gegenwartsphilosophie, der sogenannten Postmoderne, findet sich die Ersetzung des Ausdrucks ‚Netzwerk‘, das zu sehr an ein artifizielles Fischernetz mit Maschen erinnert, durch den aus der Biologie stammenden Ausdruck ‚Rhizom‘. Das Rhizom meint ein Wurzel-Knollen-Geflecht, bei dem die Nebenwurzeln stärker hervortreten und die Hauptwurzel zurücktritt. Das Paradigma ist das Pilzmyzel, das sich nach allen Seiten gleichmäßig ausbreitet, oder auch das Wurzelwerk des Maiglöckchens, das an jeder Stelle das Hervortreiben neuer Sprossen ermöglicht und sich auch erhält, wenn es in gewissen Teilen abstirbt. In ihrem Buch *Tausend Plateaus* haben die Philosophen Gilles Deleuze und Félix Guattari dieses Konzept schon durch den Titel zum Ausdruck gebracht, indem sie nicht mehr von einem, sondern von 1000 Plateaus sprechen und nicht mehr von einem steilen Gipfel, sondern von abgeflachten Plateaus. Sie zeichnen damit die Strukturen eines antizentralistischen, antihierarchischen, antigenealogischen oder kurzum eines demokratischen Denkens im Unterschied zum hierarchischen und bringen es sinnigerweise mit der östlichen Kultur in Verbindung, mit der Steppe und Graslandschaft, während bei uns im Westen sowohl in der Erkenntnistheorie wie in der Theologie, der Ontologie, der gesamten Philosophie das Denken vom Wurzelgrund, symbolisiert durch die Pfahlwurzel, vorherrschte. Ist das hierarchische Denken auf einen einzigen Punkt gerichtet, so handelt es sich hier um ein flächenhaftes Denken. Und das gilt auch für den Grund der Welt, der im einen Fall auf einen Punkt zugespitzt ist, im anderen flächenhaft zu denken ist.

In Bezug auf die Realitätserfassung unterscheiden sich hierarchisches und antihierarchisches System dadurch, dass das erstere durch ein vollständiges Spezifikationsystem die auf ein Singulum reduzierte Realität zu erfassen sucht, das zweite durch ein unendliches Netzwerk oder Analogiedenken die extensional ausgebreitete Realität erfassen möchte. Beide logischen Systeme scheitern letztlich, da sich die Realität dem endlichen Denken entzieht sowohl beim Versuch durchgängiger Spezifikation wie beim Versuch unendlicher Vernetzung. Die Realität bzw. das, was die Welt zusammenhält, bleibt in Abwandlung eines Terminus von Sapir-Whorf ein sublinguisti-

scher bzw. subformaler Hintergrund, der sich dem Versuch einer Einholung immer wieder entzieht. Wie eine Linie nur durch Intervalle fassbar ist, in die sie eingeteilt werden kann, und sich gleichwohl bei jedem Schritt paradoxerweise entzieht, so entzieht sich auch der Grund der Welt – ob als punktueller, singulärer oder flächenhafter – der Einholung durch logische Systeme. Jede neue Bestimmung, jedes neues Intervall dokumentiert paradoxerweise nur seine Abwesenheit. Diesen Sachverhalt haben Mystiker ‚Abgrund‘ oder ‚Ungrund‘ genannt, so dass die Frage der Einholung des Grundes weiterhin mit Faust als Wunsch oder Sehnsucht bestehen bleibt.

Thomas Kirchhoff

Landschaften – materielle oder geistige Einheiten?

Einleitung

Wir haben wohl alle schon auf einem Spaziergang die Schönheit einer Landschaft genossen und von der Zerstörung einer Landschaft gehört. Die Rede von Landschaften ist eine ganz selbstverständliche, nicht nur in der Alltagssprache, sondern auch in den Fachsprachen von Disziplinen wie Geographie und Ökologie, Landschaftsplanung und Landschaftsarchitektur. Was eine Landschaft ist, das ist jedoch keineswegs unumstritten. Eine allgemein anerkannte Definition von Landschaft existiert auch nach jahrzehntelangen Diskussionen nicht. In den Diskussionen lässt sich eine Hauptkontroverse zwischen zwei Auffassungen ausmachen:¹ Gemäß der einen Auffassung sind Landschaften *extramentale kausale Ganzheiten bzw. Kausalsysteme*, die unabhängig von einem Betrachter existieren. Gemäß der anderen Auffassung sind Landschaften *mentale ästhetische und zugleich der Symbolwelt angehörige Gebilde*, die nur in der Vorstellung eines Betrachters existieren.

Mit Blick auf die Fragestellung dieser Tagung, was die Welt im Innersten zusammenhält, ist diese Kontroverse um den Landschaftsbegriff deshalb interessant, weil die konkurrierenden Landschaftsbegriffe das Prinzip der *Einheit* einer Landschaft kategorial verschieden bestimmen: Die Einheit einer Landschaft wird in der ersten Auffassung als *materielle Einheit* bestimmt, nämlich als Einheit, die auf kausalen Wechselbeziehungen zwischen Materiellem beruht. In der zweiten Auffassung hingegen wird die Einheit einer Landschaft als im weiteren Sinne *geistige Einheit* bestimmt, nämlich als Einheit, die das Ergebnis einer spezifischen Form von menschlicher Wahrnehmung ist. Beide Auffassungen werde ich noch genauer darstellen.

In meinem Beitrag ergreife ich Partei für die zweite Auffassung. Ich werde für die Deutung argumentieren, dass die erstgenannte Auffassung, Landschaften seien extramentale materiell-kausale Einheiten, eine Verdinglichung- oder Hypostasierung der mentalen geistig-ästhetischen Landf-

1 Die folgende Charakterisierung der Kontroverse basiert wesentlich auf Kirchhoff/Trepl 2009: 25–29; Kirchhoff 2011: 71–80; Kirchhoff/Trepl/Vicenzotti 2013: 38, 41 f.; Kirchhoff 2015: 36–39. Vgl. Porteous 1996: 48–50; Wylie 2007: 7.

ten darstellt, die wir wahrnehmen können. Mit anderen Worten: Meine Kritik am materiell-kausalen Landschaftsbegriff lautet, dass mit ihm der Inhalt einer spezifischen Wahrnehmung und mentalen Repräsentation unserer Umwelt ungerechtfertigter Weise umgedeutet wird zu einer wahrnehmungsunabhängigen Realität und damit eine materielle Einheit behauptet wird, wo tatsächlich eine geistige Einheit vorliegt.

Zunächst charakterisiere ich die beiden konkurrierenden Landschaftsbegriffe, dann entwickle ich meine Kritik am materiell-kausalen Landschaftsbegriff und gehe schließlich auf problematische Konsequenzen des materiell-kausalen Landschaftsbegriffs ein.

Geistig-ästhetischer versus materiell-kausaler Landschaftsbegriff

Gemäß der ersten Auffassung von Landschaft bzw. gemäß dem geistig-ästhetischen Landschaftsbegriff sind Landschaften mentale ästhetische und zugleich der Symbolwelt angehörige Gebilde, die nur in der Vorstellung eines Betrachters existieren. Landschaften sind das Ergebnis bzw. der Inhalt einer spezifischen Form von menschlicher Wahrnehmung – der britische Kulturgeograph Denis Cosgrove hat von Landschaft als „a way of seeing“² gesprochen. Diese Landschaftswahrnehmung ist zugleich subjektiv-individuell und intersubjektiv-kulturell: Landschaften sind subjektiv-individuelle ästhetische mentale Repräsentationen von Ausschnitten der Erdoberfläche, die auf *intersubjektiven*, kulturell geprägten Wahrnehmungsmustern basieren und mit kulturell geprägten Bedeutungen assoziiert sind, sodass sie zugleich individuell wahrgenommene ästhetische Ganzheiten und kollektive Symbole sind. Mit Blick auf diese kulturelle Symbolik von Landschaften hat Cosgrove von einer Ikonographie der Landschaft³ gesprochen.

Die Behauptung, Landschaften existierten nur als Inhalt menschlicher Wahrnehmung, mag befremdlich klingen. Es ist aber nichts anderes gemeint als das, was sich auch z.B. über eine Melodie sagen lässt, die man während eines Konzertes wahrnimmt: Zwar stellen die Luftschwingungen, die die Musiker erzeugen, eine unabhängig vom Zuhörer existierende Re-

2 Cosgrove 1984: 13.

3 Cosgrove/Daniels 1988. Vgl. Cosgrove 1998 mit dem Titel „Social formation and symbolic landscape“.

alität dar, die man mit physikalischen Messgeräten erfassen kann. Aber die Melodie existiert nur als mentales Gebilde im Zuhörer, nur als ästhetische Ganzheit, die der Zuhörer wahrnimmt, weshalb die Melodie niemals Gegenstand einer physikalischen Messung sein kann. Entsprechend wird mit dem geistig-ästhetischen Landschaftsbegriff nicht bestritten, dass die mentale Vorstellung einer Landschaft eine extramentale materielle Basis hat. Es wird durchaus zugestanden, dass eine materielle Gegend existieren muss, um eine Landschaft wahrnehmen zu können. Aber es wird darauf hingewiesen, dass die Landschaft, die wahrgenommen wird, wie die Melodie, ausschließlich eine mental existierende Vorstellung ist, deren Einheit, wie die Einheit der Melodie, eben durch den Betrachter hergestellt wird. In diesem Sinne hat der Philosoph Georg Simmel konstatiert:

„Ein Stück Boden mit dem, was darauf ist, als Landschaft ansehen, heißt einen Ausschnitt aus der Natur nun seinerseits als Einheit betrachten [...]. Die Natur, die [...] nichts von Individualität weiß, wird durch den teilenden und das Geteilte zu Sondereinheiten bildenden Blick des Menschen zu der jeweiligen Individualität 'Landschaft' umgebaut.“⁴

Insofern die Einheit der Landschaft bzw. überhaupt die Landschaft als Produkt menschlicher Wahrnehmung und nicht als eine wahrnehmungsunabhängige Tatsache begriffen wird, kann man diesen Landschaftsbegriff als subjektivistisch und als konstruktivistisch bezeichnen. Der subjektivistisch-konstruktivistische Landschaftsbegriff dominiert bei weitem in den Geistes- und Kulturwissenschaften. Vereinzelt wird er auch in der Geographie und in der Landschaftsökologie vertreten.

Gemäß der zweiten Auffassung von Landschaft bzw. gemäß dem materiell-kausalen Landschaftsbegriff, sind Landschaften hingegen extramentale kausale Ganzheiten, die unabhängig von einem Betrachter existieren. So definiert z.B. der deutsche Geograph Ernst Neef: „Unter Landschaft verstehen wir einen durch einheitliche Struktur und gleiches Wirkungsgefüge geprägten konkreten Teil der Erdoberfläche.“⁵ Landschaften sind Kausalsysteme, die aus interagierenden biotischen und abiotischen Komponenten bestehen und deren Einheit durch die Komponenten selbst hervorge-

4 Simmel 1913/1957: 142.

5 Neef 1967: 36, im Original kursiv.

bracht wird: nämlich durch ihre kausalen oder funktionalen wechselseitigen Beziehungen. Landschaften sind damit begriffen als Gegenstände von der gleichen Art, wie es Ökosysteme sind. Allerdings werden Landschaften als eine Ebene ökologischer Organisation oberhalb der Ebene einzelner Ökosysteme begriffen. So definiert z.B. der US-amerikanische Ökologe und Umweltwissenschaftler Richard T. T. Forman⁶ in seinem international sehr einflussreichen Lehrbuch Landschaften als heterogene Gebiete von kilometerweiter Ausdehnung, in denen sich ein charakteristischer Cluster interagierender Ökosysteme wiederholt, wobei Wälder, Wiesen, Seen usw. als Beispiele für diese landschaftsbildenden Ökosysteme genannt werden. Ähnlich definiert der deutsche Geograph Hartmut Leser in seinem im deutschsprachigen Raum sehr einflussreichen Lehrbuch der Landschaftsökologie:

„Das *Landschaftsökosystem* ist ein in der Realität hochkomplexes Wirkungsgefüge von physiogenen, biotischen und anthropogenen Faktoren, die mit direkten und indirekten Beziehungen untereinander einen übergeordneten Funktionszusammenhang bilden, dessen räumlicher Repräsentant die 'Landschaft' ist.“⁷

Insofern in dieser Landschaftsauffassung die Einheit einer Landschaft bzw. Landschaft überhaupt als eine unabhängig von menschlicher Wahrnehmung existierende Tatsache begriffen wird, kann man diesen Landschaftsbegriff als realistisch und als objektivistisch bezeichnen. Der realistisch-objektivistische Landschaftsbegriff dominiert in Disziplinen wie der Geographie und der Landschaftsökologie, aber auch in Praxisfeldern wie Umweltpolitik, Naturschutz und Nachhaltigkeitsmanagement. Er ist auch derjenige Landschaftsbegriff, der in der Schule üblicherweise vermittelt wird, und zwar oftmals als einziger.

Kritik des materiell-kausalen Landschaftsbegriffs

Meine Kritik am materiell-kausalen bzw. realistisch-objektivistischen Landschaftsbegriff stützt sich auf verschiedenartige Argumente.⁸ Die Ar-

6 Forman/Godron 1986: 11; Forman 1995: 13.

7 Leser 1997: 25. Vgl. Leser 1976; 1991; 1997; Leser/Egner 2011.

8 Zu den Argumenten liegt jeweils eine umfangreiche Literatur vor. Besonders hinweisen möchte auf die Analysen der Geographen Richard Hartshorne (insb. 1939), Gerhard Hard (insb. Hard 1969; 1970a; 1970b; 1982; 1983) und Ulrich Eisel (insb. Eisel 1980; 1982; 1987;

gumente haben nicht den Charakter von Beweisen, die den materiell-kausalen Landschaftsbegriff widerlegen würden,⁹ aber sie stützen doch klar die These, dass dieser eine Verdinglichung oder Hypostasierung des Inhalts einer bestimmten Form von ästhetischer Wahrnehmung darstellt.

Das erste Argument ist die Tatsache, dass die Wahrnehmung von Landschaften im Sinne geistig-ästhetischer Ganzheiten bzw. der ästhetische Landschaftsbegriff wesentlich älter ist als der materiell-kausale Landschaftsbegriff. Ursprünglich hatte das Wort „Landschaft“ rechtlich-politische Bedeutung: Im Althochdeutschen bezeichnet „*landscap*“ einen durch den Geltungsbereich bestimmter rechtlicher und sozialer Normen fest umrissenen Landstrich, im Mittelhochdeutschen meint „*lantschaft*“ auch die Gesamtheit der politisch handlungsfähigen Bewohner eines Landes, also ein Personenkollektiv.¹⁰ Diese ursprünglichen Verwendungsweisen, in denen das Wort ‘Landschaft’ rechtlich-politische Bedeutungen hatte, sind heutzutage weitgehend ungebräuchlich. Seit der Neuzeit erhielt das Wort ‘Landschaft’ zudem ästhetische Bedeutungen: ‘Landschaft’ bzw. in anderen Sprachen ‘*landscap*’, ‘*landscape*’, ‘*paesaggio*’, ‘*paysage*’ usw. nannte man nun in der Fachsprache der europäischen Malerei auch die um 1500 entstandene bildliche Darstellung einer Gegend, in der diese zentralperspektivisch als ästhetische Ganzheit dargestellt wird.¹¹ Später ging der Begriff ‘Landschaft’ in die allgemeine Gebildetsprache und dann auch in die Umgangssprache ein und bezeichnet seitdem auch das Ergebnis bzw. den

1992). Vgl. zum Folgenden auch Piepmeier 1980; Cosgrove 1984; Smuda 1986; Cosgrove/Daniels 1988; Dinnebie 1996; Trepl 1997; Cosgrove 1998; 2003; Kirchhoff/Trepl 2009; Kirchhoff 2011; Siegmund 2011; Vicenzotti 2011; Kirchhoff 2012a; 2012b; Trepl 2012b; Kirchhoff/Trepl/Vicenzotti 2013.

- 9 Eine strikte Widerlegung ist für wissenschaftliche Theorien, das hat die Kritik an Poppers (1935/1966/1994) Falsifikationismus gezeigt, auch kaum zu erwarten (siehe Kuhn 1962/1973/1993; Lakatos 1974a; 1974b).
- 10 Siehe zur Wort-/Begriffsgeschichte von „Landschaft“ insb. Gruenter 1953, auch Hard 1983.
- 11 Als Voraussetzung für die Entstehung der Wahrnehmung einer Gegend als Landschaft bzw. der „ästhetischen Kategorie ‚Landschaft‘“ (Piepmeier 1980: Titel) – sind insbesondere zu nennen, dass die universellen metaphysischen Sinnsysteme, die die Natur als reale Ganzheit (Kosmos) bestimmen, ihre Geltung verlieren und dass sich der Mensch bzw., genauer, der städtische Bürger, als freies, individuelles Subjekt begreift. Siehe diese Entstehung zusammenfassend und zwei konkurrierende Ansichten gegenüberstellend Kirchhoff 2011, der sich insbesondere stützt auf Simmel 1913/1957; Ritter 1963; Piepmeier 1980; Dinnebie 1996.

Inhalt der *Wahrnehmung* einer realen Gegend, sofern diese in einer Weise wahrgenommen wird, die der Darstellung einer Gegend in einem Landschaftsgemälde entspricht. Wer eine Gegend als Landschaft wahrnimmt, der macht dasselbe wie ein Landschaftsmaler, nur in weniger elaborierter Form:

„Eben das, was der Künstler tut: daß er aus der chaotischen Strömung und Endlosigkeit der unmittelbar gegebenen Welt ein Stück herausgrenzt, es als eine Einheit faßt und formt, die nun ihren Sinn in sich selbst findet [...] – eben dies tun wir in niederem, weniger prinzipiellem Maße [...], sobald wir statt einer Wiese und eines Hauses und eines Baches und eines Wolkenzuges nun eine 'Landschaft' schauen.“¹²

In diesem Sinne konstatieren die Kulturgeographen Denis Cosgrove und Stephen Daniels:

„A landscape is a cultural image, a pictorial way of representing, structuring or symbolising surroundings.“¹³

Bis diese Wahrnehmungsweise, die für uns heutzutage selbstverständlich ist, sich etabliert hatte, bedurfte es eines jahrzehntelangen kulturellen Lernprozesses, in dem die menschliche Wahrnehmung durch Landschaftsgemälde, durch literarische Landschaftsbeschreibungen und durch Landschaftsgärten geschult und geformt wurde, bis schließlich weitere Gesellschaftskreise eine Gegend wie in einem Gemälde unmittelbar als eine Landschaft zu sehen vermochten.¹⁴ Aber die Ansicht, dass Landschaften materielle Ganzheiten, funktional organisierte Kausalsysteme sind, ist erst deutlich später entstanden: nämlich erst mit der Entwicklung der wissenschaftlichen Geographie im 19. Jahrhundert.

Das zweite Argument dafür, dass der materiell-kausale Landschaftsbegriff eine Verdinglichung des Inhalts einer bestimmten Form von ästhetischer Wahrnehmung, nämlich von Landschaften im Sinne des geistig-ästhetischen Landschaftsbegriffes, darstellt, ist die Tatsache, dass die Abgrenzung und Analyse von Landschaften im Sinne des materiell-kausalen Landschaftsbegriffs, die in der Geographie vorgenommen wird, ihren

12 Simmel 1913/1957: 144.

13 Daniels/Cosgrove 1988: 1.

14 Siehe hierzu insb. Dinnebieer 1996: 257-265.

Ausgangspunkt gerade bei denjenigen Ausschnitten der Erdoberfläche hat, die der Inhalt der ästhetischen Landschaftswahrnehmung sind und diese Auswahl nicht mit naturwissenschaftlichen Kriterien gerechtfertigt werden kann.

Zu Beginn der wissenschaftlichen Geographie war man sich dieses ästhetischen Ausgangspunktes durchaus noch bewusst. Der deutsche Geograph Carl Troll hat noch 1950 konstatiert, dass die geographische Landschaftsforschung zunächst Landschaftseinheiten nach ihrer Physiognomie abzugrenzen habe, um danach die funktionalen Beziehungen innerhalb dieser physiognomischen Einheiten zu analysieren.¹⁵ Im Zuge der Versuche einer weiteren Objektivierung der Geographie versuchte man dann, Landschaften bzw. Landschaftselemente unabhängig von landschaftsästhetischen Kriterien abzugrenzen.¹⁶ Für die meisten dieser Versuche ist aber zu konstatieren: Entweder blieb unter der Hand ein landschaftsästhetisches Kriterium erhalten oder aber das Ergebnis waren unsinnige Definitionen. Ein Beispiel für eine solche unsinnige Definition ist die von dem deutschen Geographen Herbert Lehmann als

„(...) methodisch einwandfrei[...]“ bezeichnete Definition der „'geographischen Landschaft' als einer homogen struierten Raumeinheit“.¹⁷

Unsinnig ist diese Definition, weil so ziemlich alles, was sich auf der Erdoberfläche finden lässt, unter sie fällt: der Atlantische Ozean, eine Wiese, ein Grashalm, ein Kieselstein, ein Bodenkrümel, ein Wassertropfen usw. Aber die Geographie untersucht gar nicht alle Gegenstände, die unter diese Definition von 'Landschaft' fallen, sondern beschränkt sich auf solche Gegenstände, die lebensweltlichen ästhetischen Landschaften entsprechen oder Komponenten solcher Landschaften sind. Und es ist der geographischen Landschaftsforschung bisher nicht gelungen, diese Eingrenzung nur durch naturwissenschaftliche Parameter, ohne Verwendung ästhetischer Kriterien, zu rechtfertigen.

Gegen meine bisherige Argumentation könnte man einwenden wollen, dass es doch nichts Ungewöhnliches ist, dass Forschungsobjekte zunächst

15 Troll 1950: 166. Vgl. zu Trolls Theorie Kirchoff/Trepl/Vicenzotti 2013: 41.

16 Siehe zu diesen Versuchen z.B. Paffen 1973.

17 Lehmann 1950: 182.

nach lebensweltlichen ästhetischen Kriterien abgegrenzt werden. So hat man ja z.B. Lebewesen zunächst als ästhetische Ganzheiten, als Gestalten wahrgenommen, bevor sie Gegenstand der biologischen Forschung wurden und in dieser schließlich ohne Bezug auf ästhetische Merkmale als Organismen, das heißt als selbstorganisierende, selbstreproduzierende usw. Kausalsysteme, definiert worden sind. Diesem potenziellen Einwand ist soweit zuzustimmen. Es ist aber hinzuzufügen, dass ein entscheidender Unterschied besteht zwischen der Konzeptualisierung von Lebewesen als Organismen einerseits und von Landschaften als Kausalsystemen andererseits: Für Organismen lässt sich die kausale Einheit als Funktionsgefüge empirisch nachweisen, für Landschaften gilt dies jedoch nicht.¹⁸ Der aussichtsreichste Kandidat für einen solchen Nachweis funktionaler Landschaftseinheiten sind sogenannte Hierarchietheorien. Diesen zufolge ist das Leben in der Biosphäre hierarchisch organisiert, wobei die Organisationsebenen von Zellen über individuelle Organismen, Populationen und Ökosysteme bis zu Landschaften reichen sollen. Der US-amerikanische Umweltwissenschaftler Anthony W. King¹⁹ konnte in einer Analyse hierarchietheoretischer Landschaftsanalysen jedoch nachweisen, dass die behauptete Organisationsebene der Landschaften gar nicht aus den empirischen Daten abgeleitet wurde, sondern vielmehr vorausgesetzt wurde. Entsprechend ist der britische Umweltwissenschaftler Timothy F. H. Allen²⁰ zu dem Schluss gelangt: „The landscape 'level' is dead“ – eine Einschätzung, der sich vor einigen Jahren auch der sehr einflussreiche frühere Vertreter einer Hierarchietheorie der Landschaft, der US-amerikanische Ökologe Robert V. O'Neill, angeschlossen hat.²¹

Praktische Konsequenzen der Hypostasierung der ästhetischen Landschaftswahrnehmung

Diese Argumente stützen eindeutig die These, dass der materiell-kausale Landschaftsbegriff eine Verdinglichung oder Hypostasierung des Inhalts einer spezifischen Form von ästhetischer Wahrnehmung darstellt. Im

18 Vgl. zum Folgenden insb. Kirchhoff/Trepl/Vicenzotti 2013: 44 f.

19 King 1997; 2005.

20 Allen 1998.

21 O'Neill/King 1998; vgl. O'Neill 2001; 2005; O'Neill/Smith 2006.

Schluss teil möchte deutlich machen, dass diese Verdinglichung keineswegs unproblematisch ist. Dazu werde ich fragen: Welche Auswirkungen hat es, wenn der Inhalt einer menschlichen Wahrnehmung ungerechtfertigter Weise umgedeutet wird zu einer wahrnehmungsunabhängigen Realität? Was hat es für Konsequenzen, wenn die Existenz einer kausalen Ganzheit bzw. materiellen Einheit behauptet wird, wo tatsächlich eine ästhetische Ganzheit und geistige Einheit vorliegt? Ich beschränke mich auf zwei problematische Konsequenzen dieser Umdeutung.

Die erste Konsequenz ist eine falsche Methode: Die Umdeutung führt dazu, dass man sich eine falsche Vorstellung macht von der Art des Gegenstandes, mit dem man es zu tun hat. Daraus ergeben sich zwangsläufig methodische Fehler in der Analyse und Bewertung dieses Gegenstandes. Denn man wird dann unangemessene Eigenschaften bzw. Parameter zur Beschreibung des Gegenstandes verwenden.

Um diesen Fehler zu illustrieren, sei der obige Vergleich einer Landschaft mit einer Melodie aufgegriffen: Wenn man die ästhetischen Qualitäten einer Melodie oder einer Landschaft beschreiben will, dann sind dafür physikalische Parameter jeweils ungeeignet. Vielmehr muss man ästhetische Qualitäten, Stimmungen, symbolische Bedeutungen usw. thematisieren. Wenn man eine Melodie bzw. eine Landschaft aber irrtümlich für ein Kausalsystem hält, dann muss man im Falle der Melodie physikalische Parameter wie Frequenzen und Amplituden untersuchen, im Falle der Landschaft ökologische Beziehungen zwischen Organismen und abiotischen Umweltfaktoren. Über die ästhetischen und symbolischen Qualitäten der Melodie bzw. Landschaft erfährt man so jedoch nichts.

So offensichtlich sind die methodischen Fehler allerdings nicht immer. Wenn man z.B. die Artenzahl in einem Gebiet als Parameter für dessen landschaftsästhetische Qualität verwendet, so macht man dieselbe Variante von methodischem Fehler – wobei der Fehler jedoch dadurch verdeckt wird, dass typische *Arten* tatsächlich zur Symbolik einer Landschaft gehören, nicht jedoch die *Anzahl* der Arten. Und wenn man meint, eine Landschaft sei genau dann schön, wenn die funktionalen Abhängigkeiten zwischen ihren materiellen Bestandteilen nicht beeinträchtigt sind, auch

dann begeht man dieselbe Variante von methodischem Fehler – wobei der Fehler diesmal durch eine fragwürdige funktionalistische Ästhetiktheorie verdeckt wird.

Die zweite problematische Konsequenz der Umdeutung mentaler ästhetisch-symbolischer Landschaften zu extramentalen materiell-kausalen Landschaften ergibt sich daraus, dass den vermeintlichen materiell-kausalen Landschaften ein immanentes Prinzip der Einheit zugeschrieben wird und werden muss. Denn die ästhetische Landschaftseinheit, deren Einheit durch den Betrachter in der Wahrnehmung erzeugt wird, wird ja zu einer extramentalen kausalen bzw. funktionalen *Einheit* umgedeutet; da deren Einheit nicht von einem Betrachter stammen kann, muss man annehmen, dass sie auf einem immanenten Prinzip beruht. Das aber bedeutet: Landschaften werden als organismenähnliche Einheiten der Biosphäre angesehen. Denn was ein immanentes Prinzip kausaler bzw. funktionaler Einheit besitzt, das ist entweder ein individueller Organismus oder auf eine Weise organisiert, die einem individuellen Organismus analog ist.²²

Dass Landschaften, wenn man sie fälschlich als materiell-kausale Einheiten begreift, letztlich als organismenähnlich begriffen werden, hat insbesondere die folgende Konsequenz: Die angebliche materiell-kausale Landschaftseinheit wird zu etwas, das durch menschliche Einflüsse nicht nur verändert, sondern auch zerstört werden kann – so, wie Menschen einen individuellen Organismus zerstören können. Daraus wird dann häufig die Schlussfolgerung gezogen, die Menschen müssten sich in die erdgeschichtlich entstandenen Landschaftsorganismen einfügen – zumindest dann, wenn sie vernünftig mit ihrer Umwelt umgehen und nicht ihre eigene Lebensgrundlage zerstören wollen. Ungefähr darin bestand und besteht eine Hauptforderung der in der 1960er Jahren entstandenen Ökologiebewegung, wobei man in der Ökologiebewegung oberhalb der Ebene der individuellen Landschaften bzw. Landschaftsökosysteme zumeist noch ein globales Ökosystem oder die Erde als Gaia-Organismus annimmt.²³

Das aber bedeutet letztlich: Die Erde bzw. die Natur – also unsere materielle Umwelt – wird als eine uns umfassende Totalität begriffen, in deren

22 Vgl. Treppl/Kirchhoff 2013.

23 Vgl. Oechsle 1988; Treppl 1988; 1991; 2012a: 27; Kirchhoff 2017a.

Organisationsweise sich auch der Mensch einfügen muss, wenn er nicht seine Lebensgrundlage infrage stellen will. Damit aber tritt der angebliche Landschafts-Organismus bzw. der angebliche Organismus Erde strukturell an die Stelle des antiken Kosmos bzw. der göttlichen Schöpfung bzw. der Tradition einer menschlichen Gemeinschaft, in die sich der Mensch bzw. jedes einzelne Individuum unumstößlich gestellt sah. Der Geograph Ulrich Eisel hat deshalb das Paradigma der klassischen landschaftskundlichen Geographie als „materialistische Theologie“²⁴ bezeichnet und kritisiert. Der Ökologe Ludwig Trepl hat deshalb die Ökologiebewegung, sofern sie auf einer organizistischen Naturauffassung beruht, als „naturalistische[n] Konservatismus“²⁵ bezeichnet und kritisiert.

Es besteht also die Gefahr, dass mit der Umdeutung von mentalen ästhetisch-symbolischen Landschaften zu extramentalen materiell-kausalen Landschaften ein kulturelles Idealbild²⁶ zu einer kulturunabhängigen, natürlichen Norm, zu einer materiellen Norm erhoben wird.

Um nicht missverstanden zu werden: Indem ich auf diese Gefahr hinweise, möchte ich nicht bestreiten, dass es zahlreiche Umweltprobleme wie etwa den Klimawandel gibt, und ich möchte auch nicht behaupten, dass wir Menschen die Erde auf beliebige Weise verändern und ausbeuten könnten, und ich bestreite auch nicht, dass es Grenzen des Wachstums gibt.

Ich möchte nur zweierlei deutlich machen: Erstens, dass die Ansicht, diese Grenzen und Umweltprobleme ergäben sich aus der Gefahr der Zerstörung eines irdischen Gesamtorganismus, wissenschaftlich nicht fundiert ist. Zweitens, dass es ästhetisch-symbolische Wertschätzungen von Natur gibt, die sich nicht auf materielle Interessen an Natur zurückführen lassen und eine eigenständige Berücksichtigung verdienen.²⁷

24 Eisel 1987: 89/Titel.

25 Trepl 2012a: 27; vgl. Trepl 1997.

26 Ausführlicher zu ästhetischen Landschaftsidealen siehe Kirchhoff/Trepl 2009; Siegmund 2011; Kirchhoff 2012b; Trepl 2012b; Kirchhoff 2014a; 2017b.

27 Ausführlich hierzu siehe Piechocki 2010; Kirchhoff 2012c; 2014b; 2015.

Literatur:

- Allen, T. F. H. 1998: The landscape 'level' is dead: persuading the family to take it off the respirator. In: Peterson, D. L. & Parker, V. T. (Hg.): *Ecological scale: theory and applications*. Columbia University Press, New York: 35–54.
- Cosgrove, D. E. 1984: *Social formation and symbolic landscape*. Croom Helm, London.
- 1998: *Social formation and symbolic landscape*. The University of Wisconsin Press, Madison.
- 2003: Landscape and the European sense of sight – eyeing nature. In: Anderson, K.; Domosh, M.; Pile, S. & Thrift, N. (Hg.): *Handbook of cultural geography*. Sage, London: 249–268.
- Cosgrove, D. E. & Daniels, S. (Hg.) 1988: *The iconography of landscape. Essays on the symbolic representation, design, and use of past environments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Daniels, S. & Cosgrove, D. E. 1988: Introduction: iconography and landscape. In: Cosgrove, D. E. & Daniels, S. (Hg.): *The iconography of landscape. Essays on the symbolic representation, design, and use of past environments*. Cambridge University Press, Cambridge: 1–10.
- Dinnebier, A. 1996: *Die Innenwelt der Außenwelt. Die schöne 'Landschaft' als gesellschaftstheoretisches Problem*. Technische Universität Berlin, Berlin.
- Eisel, U. 1980: *Die Entwicklung der Anthropogeographie von einer 'Raumwissenschaft' zur Gesellschaftswissenschaft*. Gesamthochschulbibliothek, Kassel.
- 1982: Die schöne Landschaft als kritische Utopie oder als konservatives Relikt. *Soziale Welt* 33 (2): 157–168.
- 1987: Landschaftskunde als 'materialistische Theologie'. Ein Versuch aktualistischer Geschichtsschreibung der Geographie. In: Bahrenberg, G.; Deiters, J.; Fischer, M. M. et al. (Hg.): *Geographie des Menschen – Dietrich Bartels zum Gedenken*. Universität Bremen, Bremen: 89–109.
- 1992: Individualität als Einheit der konkreten Natur: Das Kulturkonzept der Geographie. In: Glaeser, B. & Teherani-Krönner, P. (Hg.): *Humanökologie und Kulturökologie: Grundlagen, Ansätze, Praxis*. Westdeutscher Verlag, Opladen: 107–151.
- Forman, R. T. T. 1995: *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Forman, R. T. T. & Godron, M. 1986: *Landscape ecology*. Wiley, New York.
- Gruenter, R. 1953: Landschaft. Bemerkungen zu Wort- und Bedeutungsgeschichte. *Germanisch-Romanische Monatsschrift N.F.* 3: 110–120.
- Hard, G. 1969: Die Diffusion der "Idee der Landschaft". *Erdkunde* 23 (4): 249–264.
- 1970a: Die 'Landschaft' der Sprache und die 'Landschaft' der Geographen. Semantische und forschungslogische Studien zu einigen zentralen Denkfiguren in der deutschen geographischen Literatur. Dümmler, Bonn.
- 1970b: Noch einmal: 'Landschaft als objektiver Geist'. Zur Herkunft und zur forschungslogischen Analyse eines Gedankens. *Die Erde* 101 (3): 171–197.

- 1982: Landschaft. In: Jander, L.; Schramke, W. & Wenzel, H.-J. (Hg.): Metzler Handbuch für den Geographieunterricht. Ein Leitfaden für Praxis und Ausbildung. Metzler, Stuttgart: 160–171.
- 1983: Zu Begriff und Geschichte der ‘Natur’ in der Geographie des 19. und 20. Jahrhunderts. In: Großklaus, G. & Oldemeyer, E. (Hg.): Natur als Gegenwelt. Beiträge zur Kulturgeschichte der Natur. von Loeber, Karlsruhe: 139–167.
- Hartshorne, R. 1939: The nature of geography: a critical survey of current thought in the light of the past. *Annals of the Association of American Geographers* 29 (3): 173–412.
- King, A. W. 1997: Hierarchy theory: a guide to system structure for wildlife biologists. In: Bissonette, J. A. (Hg.): *Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale*. Springer, New York: 185–212.
- 2005: Hierarchy theory and the landscape ... level? or, Words do matter. In: Wiens, J. A. & Moss, M. R. (Hg.): *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge: 29–35.
- Kirchhoff, T. 2011: ‘Natur’ als kulturelles Konzept. *Zeitschrift für Kulturphilosophie* 5 (1): 69–96.
- 2012a: Landschaft [Version 1.3]. In: *Naturphilosophische Grundbegriffe*, <http://www.naturphilosophie.org/landschaft/>.
- 2012b: Natur – Landschaft – Wildnis. In: Bundeszentrale für politische Bildung (Hg.): *Umwelt-Dossier*. Bundeszentrale für politische Bildung, http://www.bpb.de/:http://www.bpb.de/die_bpb/PTIQFP,1,0,Natur_%96_Landschaft_%96_Wildnis.html.
- 2012c: Pivotal cultural values of nature cannot be integrated into the ecosystem services framework. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109 (46): E3146.
- 2014a: Energiewende und Landschaftsästhetik. Versachlichung ästhetischer Bewertungen von Energieanlagen durch Bezugnahme auf drei intersubjektive Landschaftsideale. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 46 (1): 10–16.
- 2014b: Müssen wir die historisch entstandenen Ökosysteme erhalten? Antworten aus nutzwert- und eigenwertorientierter Perspektive. In: Hartung, G. & Kirchhoff, T. (Hg.): *Welche Natur brauchen wir? Analyse einer anthropologischen Grundproblematik des 21. Jahrhunderts*. Alber, Freiburg: 223–247.
- 2015: Das Konzept der ‘kulturellen Ökosystemdienstleistungen’: eine begriffliche und methodische Kritik. Noch unveröffentlichte Habilitationsschrift, Technische Universität München.
- 2017a: Eignet sich die Naturauffassung und Naturethik der Enzyklika als Basis für einen alle Menschen einbeziehenden Dialog? Eine Analyse aus naturphilosophischer und ökologietheoretischer Perspektive. In: Tanner, K. (Hg.): *Laudato si’*. Potenziale und Grenzen. FEST, Heidelberg.
- 2017b: Landschaft. In: Kirchhoff, T.; Karafyllis, N.C. et al. (Hg.): *Naturphilosophie*. Ein Lehr- und Studienbuch. UTB/Mohr Siebeck, Tübingen: 152–158.

- Kirchhoff, T. & Trepl, L. 2009: Landschaft, Wildnis, Ökosystem: Zur kulturbedingten Vieldeutigkeit ästhetischer, moralischer und theoretischer Naturauffassungen. Einleitender Überblick. In: Kirchhoff, T. & Trepl, L. (Hg.): *Vieldeutige Natur. Landschaft, Wildnis und Ökosystem als kulturgeschichtliche Phänomene*. transcript, Bielefeld: 13–66.
- Kirchhoff, T.; Trepl, L. & Vicenzotti, V. 2013: What is landscape ecology? An analysis and evaluation of six different conceptions. *Landscape Research* 38 (1): 33–51.
- Kuhn, T. S. 1962/1973/1993: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Zweite revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Auflage/1962: *The structure of scientific revolutions*. Suhrkamp, Frankfurt/M.
- Lakatos, I. 1974a: Die Geschichte der Wissenschaft und ihre rationalen Rekonstruktionen [unvollständig]. In: Diederich, W. (Hg.): *Theorien der Wissenschaftsgeschichte. Beiträge zur diachronen Wissenschaftstheorie*. Suhrkamp, Frankfurt/M.
- 1974b: Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme. In: Lakatos, I. & Musgrave, A. (Hg.): *Kritik und Erkenntnisfortschritt*. Vieweg, Braunschweig: 89–189.
- Lehmann, H. 1950: Die Physiognomie der Landschaft. *Studium Generale* 3 (4/5): 182–195.
- Leser, H. 1976: *Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung*. Ulmer, Stuttgart.
- 1991: *Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung*. Mit einem Beitrag zum Prozeß-Korrelations-Systemmodell von Thomas Mosimann. Ulmer, Stuttgart.
- 1997: *Landschaftsökologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung*. 4., neubearbeitete Auflage. UTB, Stuttgart.
- Leser, H. & Egner, H. (Hg.) 2011: *Diercke-Wörterbuch Geographie. Raum – Wirtschaft und Gesellschaft – Umwelt*. 15., völlig überarb. Aufl., Neubearb. Westermann, Braunschweig.
- Neef, E. 1967: *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*. Haack, Gotha.
- O'Neill, R. V. 2001: Is it time to bury the ecosystem concept? (With full military honors, of course!). *Ecology* 82 (12): 3275–3284.
- 2005: Theory in landscape ecology. In: Wiens, J. A. & Moss, M. R. (Hg.): *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge: 23–38.
- O'Neill, R. V. & King, A. W. 1998: Homage to St. Michael, or, Why are there so many books on scale? In: Peterson, D. L. & Parker, V. T. (Hg.): *Ecological scale: theory and applications*. Columbia University Press, New York: 3–15.
- O'Neill, R. V. & Smith, M. A. 2006: Scale and hierarchy theory. In: Gergel, S. E. & Turner, M. G. (Hg.): *Learning Landscape Ecology. A Practical Guide to Concepts and Techniques*: 1–8.
- Oechsle, M. 1988: *Der ökologische Naturalismus. Zum Verhältnis von Natur und Gesellschaft im ökologischen Diskurs*. Campus, Frankfurt/M.

- Paffen, K. (Hg.) 1973: Das Wesen der Landschaft. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Piechocki, R. 2010: Landschaft – Heimat – Wildnis. Schutz der Natur – aber welcher und warum? Beck, München.
- Piepmeyer, R. 1980: Das Ende der ästhetischen Kategorie 'Landschaft'. Westfälische Forschungen 30: 8–46.
- Popper, K. R. 1935/1966/1994: Logik der Forschung. Zehnte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mohr Siebeck, Tübingen.
- Porteous, J. D. 1996: Environmental aesthetics: ideas, politics and planning. Routledge, London.
- Ritter, J. 1963: Landschaft. Zur Funktion des Ästhetischen in der modernen Gesellschaft. Aschendorff, Münster.
- Siegmund, A. 2011: Der Landschaftsgarten als Gegenwelt. Ein Beitrag zur Theorie der Landschaft im Spannungsfeld von Aufklärung, Empfindsamkeit, Romantik und Gegenaufklärung. Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Simmel, G. 1913/1957: Philosophie der Landschaft. In: Landmann, M. (Hg.): Brücke und Tür. Essays des Philosophen zur Geschichte, Religion, Kunst und Gesellschaft [Abschnitt: Das Schöne und die Kunst]. Koehler, Stuttgart: 141–152.
- Smuda, M. (Hg.) 1986: Landschaft. Suhrkamp, Frankfurt/M.
- Trepl, L. 1988: Leitwissenschaft Ökologie? In: Ingensiep, H. W. & Jax, K. (Hg.): Mensch, Umwelt und Philosophie. Interdisziplinäre Beiträge: 163–173.
- 1991: Ökologie als Heilslehre. Zum Naturbild der Umweltbewegung. Politische Ökologie 25: 39–45.
- 1997: Ökologie als konservative Naturwissenschaft. Von der schönen Landschaft zum funktionierenden Ökosystem. In: Eisel, U. & Schultz, H.-D. (Hg.): Geographisches Denken. Gesamthochschulbibliothek, Kassel: 467–492.
- 2012a: Das Fliegen gelingt nicht mehr. Über Motive und Grenzen der Sinnsuche in der Natur. In: Kirchhoff, T.; Vicenzotti, V. & Voigt, A. (Hg.): Sehnsucht nach Natur. Über den Drang nach draußen in der heutigen Freizeitkultur. transcript, Bielefeld: 21–31.
- 2012b: Die Idee der Landschaft. Eine Kulturgeschichte von der Aufklärung bis zur Ökologiebewegung. transcript, Bielefeld.
- Trepl, L. & Kirchhoff, T. 2013: Natur als Über-Organismus? Der Naturbegriff der ökologischen Wissenschaft. In: Moos, T. & Diefenbacher, H. (Hg.): Schöpfung bewahren – Theologische Ethik der Ökologie im interdisziplinären Gespräch. FEST, Heidelberg: 15–41.
- Troll, C. 1950: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium Generale 3 (4/5): 163–181.
- Vicenzotti, V. 2011: Der 'Zwischenstadt'-Diskurs. Eine Analyse zwischen Wildnis, Kulturlandschaft und Stadt. transcript, Bielefeld.
- Wylie, J. 2007: Landscape. Routledge, New York.

Elisabeth Loos

Leben – nur manipulierbare Materie? Der biologische Lebensbegriff und die Synthetische Biologie*

1. Einleitung

„Materie“ und „Leben“ – intuitiv geht man davon aus, dass mit den beiden Begriffen grundverschiedene Konzepte benannt werden. Doch bei genauerem Hinsehen ist das Verhältnis von Leben und Materie nicht einfach zu bestimmen.

In meinem Beitrag beschäftige ich mich mit „Leben“ im Sinne von biologischen Lebewesen. „Leben“ soll hier das sein, womit sich die Biologie beschäftigt, also der biologische Forschungsgegenstand, wie er praktisch Bestand hat. Dies ist nicht als inhaltliche Definition von „Leben“ zu verstehen, sondern als vorläufiger Arbeitsbegriff, der eine Auseinandersetzung mit dem komplexen Thema erst ermöglichen soll.

In Abgrenzung davon verstehe ich „Materie“ als leblosen Stoff. Das wiederum heißt nicht, dass der Materie nicht potentiell Leben innewohnen kann; sie ist zweifelsohne eine notwendige Bedingung für biologisches Leben. Ob Leben in seiner Gänze erfasst wird, wenn ausschließlich die materiellen Bestandteile ins Auge genommen werden, ist eine Frage, die ich hier nicht thematisieren werde. Stattdessen nähere ich mich der Frage aus pragmatischer Sicht: Inwiefern wird de facto in der Biologie eine Sonderstellung von „Leben“ gegenüber „Materie“ angenommen? Wie ist das begründet?

In einem weiteren Schritt gehe ich auf die Synthetische Biologie ein, die ich kurz vorstellen werde, um anschließend zu untersuchen, wie sie es mit der Sonderstellung von „Leben“ hält.

2. Biologie und Leben

Am Beispiel der Virologie möchte ich nun erläutern, wie der Lebensbegriff in der biologischen Forschung verwendet wird. Die Herleitung dieses biolo-

* Der vorliegende Aufsatz stimmt in weiten Teilen mit dem Vortrag überein, den ich am 27.6.2015 im Rahmen der Tagung „Was die Welt im Innersten zusammenhält. Das Konzept der Materie im interdisziplinären Vergleich“ gehalten habe.

gischen Lebensverständnisses wird verhältnismäßig viel Raum einnehmen – was für die weitere Erörterung notwendig ist, weil ansonsten ein willkürlich der Biologie untergeschobener Lebensbegriff verwendet würde.¹ Während in geisteswissenschaftlichen Disziplinen die Auseinandersetzung mit (meist menschlichem) „Leben“ vielfältige Formen annimmt,² beschäftigt sich die Biologie wenig mit einer begrifflichen Auseinandersetzung ihres Forschungsgegenstandes. Carl Friedrich von Weizsäcker erklärt diesen Umstand damit, dass

„(...) es zu den methodischen Grundsätzen der Wissenschaft [gehört], daß man gewisse fundamentale Fragen nicht stellt. Es ist charakteristisch (...) für die Biologie, daß sie nicht wirklich fragt, was Leben ist (...). Dieses Faktum ist wahrscheinlich methodisch grundlegend für den Erfolg der Wissenschaft. Wollten wir nämlich diese schwersten Fragen gleichzeitig stellen, während wir Naturwissenschaft betreiben, so würden wir alle Zeit und Kraft verlieren, die lösbaren Fragen zu lösen.“³

Aufgrund dieser nachvollziehbaren Distanz der Biologie zu den „schwersten“ Fragen ist unklar, welche Konzepte zum biologischen Leben – implizit oder explizit – in der praktischen biologischen Forschung vorliegen. Generell wird den Naturwissenschaften ein eher reduktionistisch gefärbtes Lebensverständnis zugeschrieben, demzufolge „Leben“ nichts als besonders komplexe Materie ist. Ausgenommen davon sind Theorien der Theoretischen Biologie, die aber wiederum in der praktischen naturwissenschaftlichen Forschung auf wenig Resonanz treffen.⁴

1 Es gibt selbstverständlich nicht den einen, klar definierten Lebensbegriff der Biologie, sondern viele verschiedene Konzepte, die sich zum Teil ergänzen, zum Teil widersprechen. Ergänzend zum biologischen Lebensverständnis der Virologie, das hier herausgearbeitet werden soll, habe ich den jeweiligen Lebensbegriff der Astrobiologie und einiger biologischer Standardlehrbücher analysiert, vgl. Loos 2015.

2 So zum Beispiel aktuell in den Debatten um pränatale Diagnostik oder „Social Freezing“, wo es um die Verfügbarkeit von „Leben“ geht; ebenso muss eine Verständigung über „Leben“ stattfinden, wenn über Möglichkeiten der Sterbehilfe diskutiert wird: Ist „Leben“ nur „Leben“, wenn es „lebenswert“ ist? Auch außerhalb der ethischen Diskurse gibt es natürlich eine große Bandbreite an Ansätzen, „Leben“ zu fassen, worauf hier jedoch nicht weiter eingegangen werden kann.

3 Von Weizsäcker, Carl Friedrich 1971, S. 287f.

4 Vgl. dazu den Aufsatz „Philosophie nervt. Eine Polemik.“ des Psychologen und Kognitionswissenschaftlers Wolfgang Prinz: Prinz 2008.

Ich möchte nun anhand der Virologie exemplarisch analysieren, wie in der praktischen biologischen Forschung auf den Lebensbegriff Bezug genommen wird, wo es weniger um die größtmögliche Abstraktion von „Leben“ geht als vielmehr um ein anwendungsbezogenes Lebenskonzept.

Die Virologie bietet sich für dieses Vorhaben an, da Viren von jeher als Grenzgänger zwischen dem unumstritten Lebendigen – wie zum Beispiel Bakterien – und dem Leblosen – wie zum Beispiel Mineralien und Chemikalien – gelten. Der Streit um die Frage, ob Viren lebendig oder nicht-lebendig sind, ist so alt wie ihre Entdeckung Ende des 19. Jahrhunderts.⁵ Schnell wurde schon damals deutlich, dass Viren die Fähigkeit zum eigenen Stoffwechsel fehlt. Mit ihrer Entdeckung gerieten die Viren in die ideologischen Grabenkämpfe, die sich darum drehten, ob das genetische Material oder der Stoffwechsel zentral für die Entstehung des Lebens sei.⁶ Wer dem genetischen Material den Vorzug gab, rückte in die Nähe des materialistischen Reduktionismus, denn „Leben“ schien hier reduzierbar zu sein auf ein informationstragendes Molekül – und damit rückte die naturwissenschaftliche Entzauberung des Lebens in greifbare Nähe. Wer hingegen den Stoffwechsel als eigentliches Kernmerkmal des Lebens verstand, positionierte sich damit zugleich weltanschaulich in der gegnerischen Ecke, wo die komplexe und funktionale Ganzheit eines Organismus, also der Vollzug der Lebensstätigkeiten als wichtiger erachtet wurde als ein einziges, informationstragendes Molekül.

Die Viren galten nun vielen als funktionales Äquivalent zu diesem informationstragenden Molekül, das man als „Gen“ bezeichnete – übrigens ohne zu wissen, welches Molekül diesem „Gen“ entsprechen sollte.⁷ Nicht selten wurden Viren einfach mit Genen gleichgesetzt. Wer also nun das genetische Material an sich als Kernelement des Lebens oder sogar als erste Lebensform ausmachte, ordnete folglich auch Viren dem Bereich des Lebendigen zu. Umgekehrt galten Viren – bzw. Gene – als nicht-lebendig für diejenigen, die den Stoffwechsel als unterscheidendes Merkmal des Lebens

5 Vgl. Jahn und Krause 1998, S. 629–632.

6 Für eine detaillierte Darstellung der Rolle des Virus in der Origin-of-Life-Debatte siehe: Podolsky 1996.

7 Den Beweis, dass die Nukleinsäuren und nicht die Proteine die informationstragenden Moleküle sind, erbrachten Avery und Mitarbeiter im Jahr 1944, siehe Avery et al. 1944.

ansahen. Die Frage nach der Lebendigkeit der Viren war also so etwas wie die Gretchenfrage in der scientific community in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, anhand welcher sich entschied, ob man reduktionistischer Materialist oder metabolismuszentrierter Holist war. Wer Viren für lebendig hielt, sah in dem genetischen Material alles verwirklicht, was „Leben“ ausmacht. Oder wie es Wendell Stanley, Virologe und Nobelpreisträger, formulierte: „For in dealing with the nucleic acid we are dealing with life itself.“⁸

Die Notwendigkeit, sich bei der Frage nach der Entstehung des Lebens zwischen Erbinformation und Stoffwechsel, zwischen Leben als Stoff und Leben als Vollzug, entscheiden zu müssen, trat nach und nach in den Hintergrund. Im Jahr 1971 veröffentlichte der Nobelpreisträger Manfred Eigen umfassende Untersuchungen zur Selbstorganisation der Materie und betonte darin, dass man dem Ursprung des Lebens nicht näher komme, wenn man auf der modernen Variante der „Henne oder Ei“-Frage beharre.⁹

Da weder die Information (also die Nukleinsäure) ohne die Funktion (den proteinbasierten Stoffwechsel) auskomme noch umgekehrt, sei es sinnlos, eins von beiden an den Anfang des Lebens zu setzen; nur das Zusammenspiel von beiden ermögliche die Evolution von lebendigen Systemen.

In den 1980er Jahren wurde entdeckt, dass es ein Molekül gibt, das Information und Funktion verbinden kann: Die Ribonukleinsäure (RNS) ist ein der DNS ähnlicher Informationsspeicher und zugleich potentiell katalytisch aktiv, was eine Voraussetzung für den Stoffwechsel ist. Die RNS kann somit sowohl „Lebensmaterial“ sein als auch die Voraussetzung für „Lebensaktivität“ – sie vereint also die Anforderungen, die von verschiedenen Seiten an das Leben gestellt werden. Während auf dem Feld der „Origin of Life“-Forschungen erst einmal Ruhe einkehrte, ging der Streit um die Viren hingegen weiter, denn nach wie vor können Viren nur mit dem „Lebensmaterial“ DNS oder RNS aufwarten, sind jedoch weder in der Lage, sich selbst zu replizieren noch einen eigenen Stoffwechsel aufrecht zu erhalten, da ihnen dafür die entsprechenden Gene fehlen. Viren werden in der Regel heutzutage

8 Stanley, *On the Nature of Viruses, Genes and Life*, in: Oparin et al. (Hrsg.), *International Symposium on the Origin of Life on the Earth*, S. 320.

9 Eigen 1971, S. 465–467.

tage nicht als Lebewesen bezeichnet, da eine eigene Stoffwechselaktivität inzwischen als unverzichtbarer Aspekt von biologischem Leben gilt.¹⁰ Seit 2003 ist nun neuer Wind in die Debatte um die Viren gekommen, denn in diesem Jahr wurde das erste Riesenvirus entdeckt.¹¹ Diese Entdeckung hat die etablierten Ansichten über Viren ins Schwanken gebracht und es wird erneut gestritten, ob Viren zum biologischen Leben dazugezählt werden sollten oder nicht. Für die Fragestellung dieses Aufsatzes ist der Streit aufschlussreich, weil er einen interessanten Einblick gibt, wie in der heutigen praktischen biologischen Forschung von „Leben“ geredet wird.

Riesenviren sprengen schon alleine im quantitativen Sinn alle Grenzen, die gezogen wurden, um Viren von Bakterien – Nicht-Lebendiges von Lebendigem – zu trennen: Sie sind fast dreimal größer als die kleinsten Bakterien und damit sogar im Lichtmikroskop zu erkennen;¹² für die meisten anderen Viren benötigt man ein Elektronenmikroskop. Neben der Größe des Virus bzw. des Virions¹³ ist der Umfang des Genoms überraschend groß: 1 200 000 Basenpaare bilden das virale Genom – das endosymbiontische Bakterium *Buchnera aphidicola* kann hingegen nur mit 422 000 Basenpaaren aufwarten. So weit, so beeindruckend; es lässt sich natürlich einwenden, dass alleine die Größe der Riesenviren kein Argument sein kann, sie zum Leben zu zählen.

Das tatsächlich Aufsehenerregende der Riesenviren zeigt sich bei genauerer Betrachtung ihres großen Genoms: Dort wurden Gene gefunden, die bisher als exklusives Merkmal zellulärer Organismen galten, wie zum Beispiel Gene für die DNS-Reparatur, für die Proteinfaltung (Chaperone) und sogar für die Proteintranslation.¹⁴ Es sind Gene, die ihre Aufgabe in der DNS-Replikation und der Proteinbiosynthese haben – beides sind typische „Lebensfunktionen“, und mehr noch, Viren wurden bisher vom biologischen „Leben“ ausgeschlossen mit dem Argument, dass ihnen diese Fähigkeiten

10 Vgl. dazu den entsprechenden Artikel in der Encyclopedia of Virology: Van Regenmortel 2008, S. 398–402.

11 Vgl. La Scola et al. 2003.

12 Das Virion von Mimivirus misst (inkl. Kapsid) im Durchmesser 400nm = 0,4µm und ist damit circa 2,5-mal so groß wie das kleinste Mycoplasma-Bakterium (0,15µm).

13 „Virion“ bezeichnet ein einzelnes Viruspartikel, das sich außerhalb einer Wirtszelle befindet.

14 Eine Auflistung der betreffenden Genfragmente findet sich bei Raoult et al. 2004, S. 1347.

zur Replikation und Proteinbiosynthese fehlen. Müssen nun also die Lehrbücher umgeschrieben werden? Dort ist zu lesen:

„Viren sind obligate intrazelluläre Parasiten; sie können sich nur in einer Wirtszelle vermehren. Ein isoliertes Virus kann sich *weder selbst replizieren noch irgendeine Biosynthese durchführen*, es sei denn in der passenden Wirtszelle. Viren besitzen *keine Stoffwechsellenzyme* und haben auch keine Ribosomen oder andere Komponenten der Proteinsynthese. Isolierte Viren sind also nichts anderes als *proteinumhüllte Genome*, die von einer Wirtszelle zur anderen weitergegeben werden.“¹⁵

Zumindest was den ersten Teil des Zitats angeht, können die Lehrbücher bleiben, wie sie sind – denn zu beachten ist, dass es sich bei den „Lebensgenen“ von Mimivirus um nicht funktionsfähige *Genfragmente* handelt. Riesenviren sind also – wie alle anderen Viren auch – für die Replikation und den Stoffwechsel auf Wirtszellen angewiesen, um deren Replikations- und Proteinsyntheseapparat zu nutzen. Bei oberflächlicher Betrachtung des Mimivirus gäbe es also keinen Anlass, die Stellung der Viren in der Biologie zu überdenken. Dass dennoch ein engagierter Streit über die Riesenviren ausgetragen wird, führt uns zum Kern der Frage, was in der Biologie unter „Leben“ verstanden wird.

Die eigentliche Debatte um die Riesenviren dreht sich nämlich hauptsächlich darum, wie die *Herkunft* der Genfragmente zu bewerten ist. Prägnant gesprochen stehen sich dabei zwei Ansichten gegenüber: Zum einen die Vertreter der „giant gene robber“ – These, die Viren weiterhin nicht zum biologischen Leben zählen, und zum anderen die Verfechter der Ansicht, dass mit der Entdeckung der „Lebensgene“ von Mimivirus ein Paradigmenwechsel in der Biologie eingeläutet sei und dass Riesenviren zum biologischen Leben gezählt werden sollten; letztere Ansicht bezeichne ich im Folgenden verkürzt mit „living virus“ – These.

Zunächst sollen die Vertreter der „living virus“ – These zu Wort kommen.¹⁶ Sie erachten die umstrittenen Genfragmente als originär viral und begründen dies damit, dass in 80% des viralen Genoms keine Homologie, also Übereinstimmung, zu zellulären Systemen vorliegt. Die Genfragmente sind in

15 Campbell und Reece 2006, S. 388 (Hervorh. d. Verf.).

16 Vgl. dazu Raoult und Forterre 2008, Koonin et al. 2009, Boyer et al. 2010, Nasir et al. 2012.

ihren Augen „Erfindungen“ der Viren selbst und nicht zellulären Ursprungs. Sie sind Erbstücke eines postulierten Urahns der heutigen Viren, der einstmals die kompletten, funktionsfähigen Gene für DNS-Synthese, Replikation und Stoffwechsel besessen habe, so die „living virus“-These. Dass die Viren heutzutage keine der lebensstypischen Aktivitäten mehr ausüben können, fassen sie als *sekundär* reduzierte Komplexität in Folge eines parasitären Lebensstils auf. Das heißt, dass die Ur-Viren recht bald dazu übergegangen sind, ihre Mit-Lebewesen zu parasitieren und deren Stoffwechsel- und Replikationsapparat zu nutzen. Im Laufe der Evolution sind die nicht genutzten eigenen Fähigkeiten dann nach und nach abhandengekommen, so wie es den Flügeln der Emus, Kiwis und der anderen Laufvögel erging – und niemand käme auf die Idee, die Emus von den Vögeln zu sondern, nur weil ihre Flügel nicht mehr zum Fliegen taugen. Die Genfragmente der heutigen Riesenviren werden hier also verstanden als Rudimente einstiger Lebenskompetenzen und dienen als Argument, die Viren phylogenetisch in den Stammbaum des Lebens einzugliedern. Dass die rezenten Viren keine einzige dieser Lebenskompetenzen mehr besitzen, spielt dabei keine Rolle.

Nun zu der Gegenansicht.¹⁷ „Giant gene robber“ – die Bezeichnung der Riesenviren als „Genräuber“ lässt schon vermuten, dass der Ursprung der umstrittenen Gene nicht bei den Viren selbst gesehen wird. Mit dem Genraub ist ein Vorgang gemeint, der in der Welt der Mikroben häufig vorkommt: Es handelt sich um den sogenannten „Horizontalen Gentransfer“, eine Genübertragung zwischen verschiedenen biologischen Arten. Die „giant gene robber“-These besagt, dass die „Lebensgene“ der Riesenviren durch einen solchen „Horizontalen Gentransfer“ von den eukaryotischen Wirtszellen auf die Riesenviren übergegangen sind. Dies kann passieren, wenn die Virus-DNS bei der Infektion in das Wirtsgenom integriert wurde und dann später, wenn das Virus aus der Wirtszelle wieder freigesetzt wird, noch „nebenbei“ einige DNS-Stücke des Wirtsgenoms mitgenommen und in das eigene Genom integriert werden. Die „Lebensgene“ der Riesenviren wären demnach zufällige Ansammlungen von Genstückchen, die im Laufe vieler Jahrtausenden mal hier, mal dort den Wirtszellen entwendet wurden, jedoch ohne

17 Vgl. dazu Moreira und Brochier-Armanet 2008, Moreira und López-García 2009, López-García und Moreira 2009.

dass die jeweilige Funktion jemals ausgeübt wurde. Die Riesenviren wären dann tatsächlich „gigantische Genräuber“ und vor allem „gigantische genetische Chimären“ aus vielen verschiedenen Wirtszellen. Das Bild, das hier von den Riesenviren gezeichnet wird, ist also deutlich verschieden von der „living virus“-These: Riesenviren werden hier (genau wie alle anderen Viren) verstanden als herumstreuende Gene, sogenannte mobile genetische Elemente, die keinen gemeinsamen Urahnen haben und sich zudem im Laufe der Evolution stetig verändert haben, was die Rekonstruktion eines viralen Stammbaumes extrem schwierig bis unmöglich macht.¹⁸ Die Viren sind außerdem ausgeprägt räuberisch – die vermeintlichen „Lebensgene“ sind von daher nicht als „eigene Erfindung“ zu charakterisieren und geben auch keinen Hinweis darauf, dass Viren jemals die Fähigkeit zu eigener Replikation oder eigenem Stoffwechsel besessen haben – die eher primitive genetische Ausstattung der Viren ist also keinesfalls eine *sekundär* reduzierte Komplexität, sondern von Anfang an ein Kennzeichen der Viren gewesen. Ein Anschluss an das etablierte biologische Leben wird eindeutig ausgeschlossen. Wozu aber dieser Ausflug zu den Riesenviren?

Wie auch immer die Rekonstruktion der Herkunft der Gene ausgehen mag: Deutlich wird die Konzentration der Argumentation auf die Phylogenese, das heißt auf die evolutionäre Vergangenheit. Über den Verweis auf *ehemals* vorhandene Fähigkeiten will die „living virus“-Fraktion die Anbindung der Viren an die etablierten Lebenskonzepte gewährleisten; die Konstruktion einer viralen Stammlinie soll eine phylogenetische Kontinuität implizieren, die Viren über den Status von mobilen genetischen Elementen hinaushebt. Der übliche Stammbaum des Lebens, der nur zelluläre Organismen beherbergt, müsste folglich um einen Nebenzweig oder einen benachbarten, gleichermaßen wichtigen Baum ergänzt werden. Die Gegenseite beharrt hingegen darauf, dass Viren keine phylogenetische Kontinuität aufweisen und die vermeintlichen „Lebensgene“ nur zusammengeklauter Zufallstreffer sind. Eine Integration oder einen Anschluss an den etablierten Stammbaum des Lebens wird vehement ausgeschlossen.

18 In der Biologie spricht man von hohen Evolutions- und Rekombinationsraten, die hier zusammen mit massivem Horizontalen Gentransfer die phylogenetische Rekonstruktion eines Stammbaumes einschränken, vgl. Moreira und López-García 2009, S. 308f.

Interessanterweise steht im Zentrum der aktuellen Debatte nicht das Leben an sich – sondern der Stammbaum des Lebens, der über phylogenetische Zusammenhänge konstruiert wird. Während bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts die Dichotomie von materialistischen und funktionalen Lebensdefinitionen den größten Streitpunkt bildete, steht in der aktuellen Diskussion das Eingebundensein oder Isoliertsein vom biologischen Netz des Lebens im Fokus der biologischen Diskussionen. Die materialistischen Reduktionisten des 20. Jahrhunderts wollten das Virus bewusst in seiner Minimalität und Reduktion auf das Erbmaterial verstanden wissen und setzten die Rede von den „living molecules“ in Umlauf.¹⁹ Heute hingegen beklagen die Vertreter der „living virus“-These die gängige Reduzierung der Viren auf „molekulare Maschinen“²⁰ und verweisen auf die ehemals vorhandene Komplexität. Statt einen Lebensbegriff zu vertreten, der auf eine Reduzierung auf informationstragende, selbstreplizierende Moleküle – also das „Lebensmaterial“ – hinausläuft, wird angestrebt, die Teilhabe der Viren am Stammbaum des Lebens zu etablieren und über diese Teilhabe quasi durch die Hintertür die Viren zum biologischen Leben zu zählen. Die tatsächlich aktuell ausgeübten Lebensfähigkeiten, die sich in funktionsfähigen Stoffwechsel- und Replikationsgenen manifestieren, rücken dabei in den Hintergrund.

Die anfangs gestellte Frage, inwiefern in der Biologie eine Sonderstellung von „Leben“ gegenüber der „Materie“ angenommen wird, kommt zu folgendem, etwas paradoxen Befund: Es wird deutlich, dass in der praktischen virologischen Forschung eine Sonderstellung des Lebens angenommen wird, denn ansonsten würde keine derartige Debatte um die Lebendigkeit oder Nicht-Lebendigkeit der Riesenviren geführt werden. Doch während dabei ausführlich die Zugehörigkeit der Viren zum Stammbaum des Lebens thematisiert wird, wird der Begriff „Leben“ nicht explizit thematisiert – die Sonderstellung des Lebens wird vertreten, ohne eine Begriffsklärung vorzunehmen. Eine solche Begriffsbestimmung wird stattdessen implizit vorgenommen, wenn die Zugehörigkeit der Viren zum Stammbaum des Lebens begründen soll, sie zum „Leben“ zu zählen. Der Ausschluss von die-

19 Stanley 1959, S. 316.

20 Forterre 2010, S. 375.

sem Stammbaum kommt einer Herabstufung auf den Status unbelebter Materie gleich. Hierbei entsteht der Eindruck, dass der Stammbaum als ein zusammenhängendes und zusammengewachsenes Ganzes in den Vordergrund rückt und dass diese Zusammengehörigkeit wiederum das Attribut „Leben“ erst definiert. Leben ist, was über eine gemeinsame Abstammung mit dem verbunden ist, was in der biologischen Forschung als unumstritten lebendig aufgefasst wird. So kann innerhalb der aktuellen virologischen Forschung ein Lebenskonzept ausgemacht werden, das sich weniger auf die materielle Bestimmung von biologischem Leben konzentriert als vielmehr auf die Rekonstruktion der verwandtschaftlichen Zusammengehörigkeit allen Lebens auf der Erde. Die Betrachtung der Vergangenheit (Phylognese) wird als essentieller Schritt zur Beurteilung des rezenten Status verstanden und der Begriff „Leben“ wird erst im erdgeschichtlichen Gesamtbild der Evolution sinnhaft.

3. Synthetische Biologie und „Leben“

„Leben erschaffen nach dem Lego-Prinzip“²¹

„Projekt Genesis“²²

„Leben maßgeschneidert“²³

„Wie Forscher den Bausatz des Lebens neu entwerfen“²⁴

Wie so oft, wenn in der Presse über neue Forschungsrichtungen berichtet wird, werden große Worte gewählt. So auch im Fall der Synthetischen Biologie, die seit einigen Jahren mit aufsehenerregenden Projekten die wissenschaftliche und öffentliche Aufmerksamkeit auf sich zieht. Eine Definition der Synthetischen Biologie gibt es nicht, aber man kann bestimmte Merkmale nennen, die sie auszeichnen und von der bisherigen Genforschung abgrenzen. Die Synthetische Biologie ist gekennzeichnet durch ein stark

21 Titel eines Artikels von Spiegel Online: Gräbner 2012.

22 Titel eines Artikels der Wochenzeitung Die Zeit: Boeing 2006.

23 Titel eines Artikels der Süddeutschen Zeitung online: Illinger 2010.

24 Titel eines Artikels von DIE ZEIT online: Kupferschmidt 2011.

disziplinenverbindendes Forschen. Es werden Genetik, Biochemie, Bioinformatik und Ingenieurwissenschaften verbunden, um den Schritt von der Analyse biologischer Systeme hin zu ihrer Laborsynthese zu beschreiten. Besonders bedeutsam ist die ingenieurwissenschaftliche Herangehensweise an Forschungsvorhaben: Synthetisch-biologische Systeme sollen sich durch *Modularität der Funktionsbausteine, Standardisierung der Module und Vereinfachung der Reaktionswege* auszeichnen.²⁵ Die Reduktion der natürlichen Komplexität soll letztendlich zu einer besseren Kontrollierbarkeit der so entstandenen Systeme führen und damit zukünftig eine industrielle Anwendung gewährleisten.²⁶

Die konkreten Projekte der Synthetischen Biologie sind überaus vielfältig. Allen ist jedoch gemein, dass sie die eben erläuterten Prinzipien nutzen, um synthetische biologische Systeme zu erzeugen, die so in der Natur nicht vorkommen. Die bisherige Gentechnik hat natürliche Organismen verändert und zum Beispiel artfremde Gene in deren Genome eingebracht. Die Synthetische Biologie entfernt sich weiter von den Vorgaben der Natur, indem sie komplett im Labor synthetisierte Organismen oder deren Bestandteile hervorbringen möchte.

Ich werde mich im Folgenden auf die sogenannte Minimal Cell-Forschung konzentrieren, die zur Synthetischen Biologie gezählt wird und die genannten Ziele und Prinzipien in besonders ambitionierter Weise umsetzen will. Die Forschung im Bereich der sogenannten „Minimal cells“ wird seit Ende der 1980er Jahre betrieben und wurde in den letzten fünfzehn Jahren deutlich verstärkt.²⁷ Die Vorgehensweise besteht in der

„Reduktion eines biologischen Systems auf die minimal notwendigen Komponenten, um somit eine „Hülle“ (= Chassis) zur Verfügung zu stellen, welche mit austauschbaren Bausteinen (= „BioBricks“) in neuartigen Funktionsvarianten bestückt werden kann (Minimalgenome).“²⁸

25 Panke, S. 22.

26 „Synthetic Biology, philosophically rooted in the engineering paradigm, aims to reduce complex „natural“ (i.e. evolved) systems to simplified, reliable, quality-controlled modules, or “parts”, that can be mathematically modeled, manipulated by computer aided design (CAD), abstracted (...), bolted together to achieve predictable results, and fabricated on an industrial scale.“ Mitchell 2011, S. 507.

27 Stano 2011, S. 850.

28 DFG Magazin 2014.

Folgendes Zitat veranschaulicht, welche Überlegungen den Minimal Cell-Forschungen zugrunde liegen:

„Even the simplest modern unicellular organisms are extremely complex (...). This elicits the question: is this complexity really necessary for (cellular) life, or can we, in the laboratory, construct something much simpler that has the characteristic of life, yet consists of a very limited number of components?“²⁹

Eine Minimierung setzt voraus, dass eine Auswahl zwischen notwendigen und verzichtbaren Komponenten getroffen wird. Gesucht wird für diese Auswahl

„the smallest possible group of genes that would be sufficient to sustain a functioning cellular life form under the most favorable conditions imaginable, that is, in the presence of a full complement of essential nutrients and in the absence of environmental stress.“³⁰

Wie im Zitat deutlich wird, orientieren sich die Kriterien, nach denen diese Auswahl getroffen wird, an der Gleichsetzung von „minimal life“ und „minimal function“: Ohne Einbußen auf funktioneller Ebene soll eine genetische Reduzierung der Zelle stattfinden. Die Bestimmung des Lebens über Lebensfunktionen wirft die Frage auf, welche Funktionen als essentiell für Leben angesehen werden. Bei genauerem Hinsehen zeigt sich, dass eine Zuordnung von „Lebensfunktionen“ und „Lebensgenen“ stattfindet und auf dieser Grundlage eine Reduzierung des Genoms auf circa 200 Gene³¹ für einen hypothetischen Minimalorganismus angedacht ist. Wie eine solche genetische Ausstattung eines hypothetischen Minimalorganismus aussehen soll, gibt die folgende Liste wieder.³² Den Angaben der Autoren (*kursiv*) habe ich jeweils Überbegriffe zugeordnet (**fett**).

29 Luisi und Stano 2011, S. 755.

30 Koonin 2000, S. 1200.

31 Stano 2011, S. 851.

32 Eine detaillierte Auflistung der einzelnen Gene findet sich bei Gil et al. 2004, S. 521–524.

1. <i>DNS-Replikation (fast komplett)</i>	DNS-Replikation
2. <i>DNS-Reparatur (rudimentär)</i>	DNS-Reparatur
3. <i>Transkriptionsapparat (fast komplett)</i>	Proteinbiosynthese
4. <i>Translationsapparat (fast komplett)</i>	Proteinbiosynthese
5. <i>Proteinmodifizierung, -faltung, -abgabe und -abbau</i>	Proteinbiosynthese
6. <i>Zellteilung (rudimentär, unter der Voraussetzung, dass Zellwand weggelassen wird)</i>	Vermehrung
7. <i>ATP-Synthese durch Glykolyse (Energie-stoffwechsel)</i>	Stoffwechsel
8. <i>Nicht-oxidativer Pentosestoffwechsel</i>	Stoffwechsel
9. <i>Keine Aminosäuresynthese</i>	Abhängigkeit vom Nährmilieu
10. <i>Reduzierte Lipidsynthese</i>	Abhängigkeit vom Nährmilieu
11. <i>Nukleotidsynthese durch Recycling (nicht de novo)</i>	Abhängigkeit vom Nährmilieu
12. <i>Eingeschränkte Cofaktorsynthese</i>	Abhängigkeit vom Nährmilieu

Die Lebensfunktionen, die den Minimalorganismus auszeichnen sollen, lassen sich also wie folgt zusammenfassen: Replikation, Proteinbiosynthese, Vermehrung, eingeschränkter Stoffwechsel (vgl. 9.–12.), eingeschränkte DNS-Reparatur. Sowohl die eingeschränkten Stoffwechsellmöglichkeiten als auch die begrenzte Fähigkeit zur DNS-Reparatur deuten auf

die bereits erwähnten „most favorable conditions imaginable“ hin, unter denen die Minimalorganismen gezüchtet werden sollen. Diese günstigen Bedingungen verweisen auf das reichhaltige Nährstoffangebot und die Abwesenheit störender Umweltfaktoren, die eine fehlerhafte DNS zur Folge haben könnten und damit eine Reparatur nötig machen würden. Aus ökologischer Sicht entspricht diese Beschneidung der Fähigkeiten einer sehr engen Einnischung, wie sie zum Beispiel bei obligat parasitären Organismen vorliegt, die sich optimal an die vorherrschenden Bedingungen im Wirt angepasst haben und in Folge dieser Anpassung nur noch in genau diesem Wirtsmilieu existieren können; sie sind in Hinblick auf bestimmte Umweltbedingungen (Nährstoffangebot, Temperatur etc.) stenök, das heißt sie tolerieren nur sehr geringe Änderungen in Bezug auf diese Bedingungen. Tatsächlich nehmen die Minimal Cell-Forschungen genau solche Organismen in den Blick, um eine Auswahl der minimal benötigten Gene zu treffen: Über die Erforschung obligat parasitärer Mikroorganismen, deren Genome meist als Folge der Anpassung an ihre Lebensweise massiv reduziert sind und die in vollständiger Abhängigkeit vom Wirt leben, gewinnen die Forscher einen Eindruck davon, wie natürlich vorkommende reduzierte Genome aufgebaut sind.³³ Über vergleichende Genomstudien dieser Organismen wird dann die Anzahl der minimal lebensnotwendigen Gene bestimmt und der Entwurf der Minimalzelle daran ausgerichtet.

Diese Orientierung an obligat parasitären Organismen bringt die totale Abhängigkeit der synthetischen Minimalzellen von einem sehr komplexen künstlichen Nährmilieu mit sich, die es den Zellen in der Regel unmöglich machen würde, außerhalb des Labornährmediums zu existieren, ähnlich wie der natürliche Parasit nicht ohne seinen Wirt überleben würde. Den Minimalzellen fehlt also die Fähigkeit zur Akklimatisation, das heißt zur reversiblen individuellen Anpassung des Stoffwechsels an wechselnde Umweltbedingungen.

Neben der besseren Kontrollierbarkeit eines übersichtlich kleinen Genoms hat die Minimalisierung zwei weitere Eigenschaften zum Ziel: die Nicht-Überlebensfähigkeit der geplanten Minimalorganismen in der Natur, die in der fehlenden Akklimatisation begründet ist, und ein nur eingeschränkt

33 Untersuchte Organismen sind zum Beispiel *Mycoplasma genitalium* (580.000bp), *Buchnera aphidicola* (420.000bp) und *Candidatus Carsonella ruddii* (160.000bp).

mutationsanfälliges Genom, das entsteht, wenn als überflüssig erachtete DNS und sogenannter „Junk“ aus dem Genom entfernt werden.³⁴ Der erste Punkt, die eingeschränkte Überlebensfähigkeit der synthetischen Minimalzellen in der Natur, bietet hinsichtlich der biosafety den großen Vorteil, dass nicht zu befürchten ist, dass sich die Minimalzellen ungehindert in der Natur ausbreiten können.³⁵ Ähnlich wie ein obligat parasitärer Organismus nicht ohne seinen Wirt existieren kann, wären die Minimalzellen außerhalb des Labormediums nicht überlebensfähig. Der zweite Punkt, die angestrebte Mutationsresistenz, entspricht einer eingeschränkten Fähigkeit zur genetischen Adaptation der Zellpopulation, das heißt, dass die Möglichkeit gering ist, dass aus einer Vielzahl von Mutationen einige für das Überleben unter veränderten Bedingungen vorteilhafte selektiert werden – denn wenn eine Mutationsresistenz angestrebt wird, soll es weniger mutationsbedingte Veränderungen im Genom geben und genau diese Veränderungen sind es aber, die die evolutive Entwicklung durch Selektion erst ermöglichen. Diese angestrebte (aber bei Weitem nicht verwirklichte) Mutationsresistenz hat die Stabilität des designten Genoms im Blick: Mit einer starken Einschränkung der genetischen Variabilität soll erreicht werden, dass die am Reißbrett entworfenen Zellen sich nicht zu stark verändern – denn bei einem Genom, das keine überflüssigen Bereiche mehr enthält, führt jede Mutation unweigerlich zu einer Veränderung in den funktionalen Bereichen, sprich in den 200 ausgesuchten Genen, die die Minimalzelle bilden sollen. De facto wäre damit die Möglichkeit einer evolutiven Weiterentwicklung durch Selektion unterbunden. Im Hinblick auf das Ziel, dass die Zellen eines Tages als Zellfabriken eine konstante Stoffproduktion

34 Mit „Junk DNA“ bezeichnet man die Abschnitte der DNA, die nicht für Proteine codieren. Die Bezeichnung als „Junk“ („Schrott“) ist aus verschiedenen Gründen umstritten, vgl. z.B. Brosius und Gould 1992; Biémont und Vieira 2006; Gerstein et al. 2007; Graur et al. 2013; Bandea 2013. Hier sei nur angemerkt, dass nichtcodierende DNA-Abschnitte ein kreatives genetisches Reservoir sind, indem die sogenannten „springenden Gene“ (Transposons), die einen Teil der „Junk DNA“ ausmachen, immer wieder zu neuen (mitunter letalen, aber auch ggf. vorteilhaften) Mutationen im Genom führen – und damit zu einer höheren genetischen Variabilität innerhalb einer Population, an der die Selektion ansetzen kann. Eine vollständige Mutationsresistenz ist durch eine Minimierung des Genoms natürlich nicht zu erreichen, die Tendenz zur Eingrenzung der unkontrollierten evolutiven Veränderung wird jedoch bei der Minimal Cell-Forschung deutlich.

35 Dies ist ausdrücklich gewünscht, vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft et al. 2009, S. 8; 18; 33f.

aufweisen sollen, ist die angestrebte Eindämmung der evolutiven Weiterentwicklung nachvollziehbar. Die Konsequenzen für den Lebensbegriff der Synthetischen Biologie möchte ich abschließend im Fazit erörtern.

4. Fazit

Für die Bestimmung von Leben und Materie lässt sich für die Minimal Cell-Forschungen festhalten, dass ein ahistorischer Lebensbegriff verwendet wird, der „Leben“ als materiell bestimmbare Momentaufnahme der Funktionen eines organischen Systems betrachtet: Die festgelegten „Lebensfunktionen“ werden bestimmten Genen zugeordnet, das heißt materiell greifbar gemacht, und das übrige genetische Material als nicht lebensnotwendig erachtet und aussortiert. Das Prädikat „lebensnotwendig“ sollte hierbei allerdings meiner Ansicht nach mit Vorsicht benutzt werden, denn das Vorhaben, die Zellen weitgehend mutationsresistent zu machen hat zur Folge, dass die Zellen ihrer Evolvierbarkeit beraubt werden. In anderen Worten: Die Zellen sollen den Prinzipien der Evolution so weit wie möglich entzogen werden, was de facto bedeutet, dass sie bei Konfrontation mit natürlichen Bedingungen weder reaktionsfähig noch interaktionsfähig sind. In der freien Natur würden die Minimalzellen vermutlich sofort ihre „Lebensfunktionen“ einstellen – das minimale Genset ermöglicht also nur ein Leben unter definierten Laborbedingungen, wenn man es denn dann noch als Leben bezeichnen will.

Hinzu tritt die Rolle der Herkunft der Gene, die in der Analyse der heutigen Debatte um die Riesenviren als ein zentraler Punkt für Leben im Sinne der Biologie herausgestellt wurde. Mit dem Design *in silico* und der Herstellung *in vitro* stehen die Minimal Cells außerhalb jeder Phylogenese und sind nicht in den Stammbaum des Lebens integrierbar. Ähnlich wie die Riesenviren nicht in den Stammbaum des Lebens integriert werden können, sollte sich die „Genklau“-These als richtig erweisen, stehen auch die Minimalzellen isoliert, da ihr Genom ein künstliches Potpourri verschiedener Genvorlagen ist und keine phylogenetische Kontinuität aufweist. Die Lebendigkeit der Minimalzellen an der materiellen Beschaffenheit festzumachen, erinnert an das reduktionistisch-materialistische Lebensverständnis des

20. Jahrhunderts, als allein das genetische Material als Argument für die Lebendigkeit eines Systems diene.

Der Biochemiker Gerald Joyce formuliert treffend, dass „biologische Systeme über ein molekulares Gedächtnis (Genotyp) verfügen, das durch Erfahrung (Selektion) geformt wird“³⁶. Das zelluläre Genom wird in der Minimal Cell-Forschung hingegen reduziert auf molekulare Dienstleistung: die Ausführung von Replikation, Stoffwechsel etc. ist hier nur eine notwendige Voraussetzung, um sich selbst replizierende molekulare Maschinen zu erhalten. Das Ausklammern des evolutionären Zusammenhangs bei der Konstruktion minimaler Zellen ist aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht selbstverständlich kein Makel, sondern im Gegenteil eine notwendige Bedingung für die Kontrollierbarkeit der Zellen. Um auf den Vortragstitel Bezug zu nehmen, heißt das, dass die Minimalzellen als manipulierbare Materie im Sinne des Arbeitsmaterials der Bioingenieure verstanden werden. Die Forschungen müssen deshalb nicht automatisch aus ethischer Sicht verworfen werden, es sollte aber deutlich werden, dass den so produzierten Objekten fehlt, was aus biologischer Sicht essentiell für Leben ist. Ich möchte mich dafür aussprechen, dem auch in der Bezeichnung der Minimalzellen gerecht zu werden und sie nicht als „minimales Leben“ zu bezeichnen. Die Minimalzellen sind tatsächlich eher als molekulare Maschinen zu fassen, denn sie sind sowohl von der vergangenem als auch der zukünftigen Evolution ausgeschlossen – und genau dieses evolutionäre Verwobensein allen Lebens ist es, was im Sinne der Biologie Leben ausmacht.

5. Zusammenfassende Thesen

(1) „Leben“ als Gegenstand der Biologie umfasst sowohl die Herkunft (Phylogenie) als auch die potentielle Zukunft (Evolvierbarkeit) eines Lebewesens.

(2) Forschungen zu „Minimal Cells“ streben eine Emanzipation von den unkontrollierbaren Triebkräften der Evolution an, die zu innovativen Ressourcen der Anpassung führen.

36 „In this sense biological systems have a molecular memory (genotype), which is shaped by experience (selection) and maintained by self-reproduction.“ Joyce 2012, S. 1.

- (3) Minimal Cells sind nicht in den Stammbaum des Lebens integrierbar und von daher ahistorische Einheiten.
- (4) Die Realisierung von „Minimal Cells“ wäre gleichbedeutend mit der Produktion von nicht-lebendigen Systemen im Sinne der Biologie.
- (5) Die Schärfung des biologischen Bewusstseins für den eigenen Lebensbegriff weist auf den Paradigmenwechsel hin, der sich in der anwendungsorientierten biotechnologischen Forschung vollzieht: vom bisherigen Nutzen und Optimieren des Vorhandenen hin zur angestrebten Abkopplung von den Grundsätzen, die der Entstehung des Vorhandenen zugrunde liegen (mutationsbedingte Variabilität und Selektion).

Literatur:

- Avery, Oswald T.; MacLeod, Colin M.; McCarthy, Maelyn (1944): Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from *Pneumococcus* Type III. In: *Journal of Experimental Medicine* 79 (2), S. 137–158.
- Banda, Claudiu I. (2013): On the concept of biological function, junk DNA and the gospels of ENCODE and Graur et al. <http://biorxiv.org/content/early/2013/11/18/000588>, zuletzt geprüft am 6.2.2017.
- Biémont, Christian; Vieira, Cristina (2006): Genetics: Junk DNA as an evolutionary force. In: *Nature* 443 (7111), S. 521–524.
- Boeing, Nils (2006): Projekt Genesis. In: *DIE ZEIT*, 16.02.2006 (8). Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/2006/08/N-Bio-Bricks>, zuletzt geprüft am 07.10.2015.
- Boyer, Mickaël; Madoui, Mohammed-Amine; Gimenez, Gregory; La Scola, Bernard; Raoult, Didier; Martin, Darren P. (2010): Phylogenetic and Phyletic Studies of Informational Genes in Genomes Highlight Existence of a 4th Domain of Life Including Giant Viruses. In: *PLoS ONE* 5 (12).
- Brosius, Jürgen; Gould, Stephen Jay (1992): On „genomenclature“: a comprehensive (and respectful) taxonomy for pseudogenes and other „junk DNA“. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89 (22), S. 10706–10710.
- Campbell, Neil A.; Reece, Jane B. (2006): *Biologie*. 6. Aufl. [geringfügig überarb. Nachdr.]. München [u.a.]: Pearson Studium (Bio - Biologie).
- Deutsche Forschungsgemeinschaft; acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften; Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina - Nationale Akademie der Wissenschaften (2009): *Synthetische Biologie. Stellungnahme - Standpunkte*. Weinheim: Wiley-VCH. Online verfügbar unter http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/2009/stellungnahme_synthetische_biologie.pdf, zuletzt geprüft am 07.10.2015.

- DFG Magazin (2014): Synthetische Biologie. Hg. v. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Online verfügbar unter http://www.dfg.de/dfg_magazin/forschungspolitik_standpunkte_perspektiven/synthetische_biologie/index.html, zuletzt aktualisiert am 23.12.2014, zuletzt geprüft am 07.10.2015.
- Eigen, Manfred (1971): Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules. In: *Naturwissenschaften* 58 (10), S. 465–523.
- Forterre, Patrick (2010): Giant Viruses: Conflicts in Revisiting the Virus Concept. In: *Intervirology* 53 (5), S. 362–378.
- Gerstein, Mark B.; Bruce, Can; Rozowsky, Joel S.; Zheng, Deyou; Du, Jiang; Korb, Jan O. et al. (2007): What is a gene, post-ENCODE? History and updated definition. In: *Genome Res.* 17 (6), S. 669–681.
- Gil, R.; Silva, F. J.; Pereto, J.; Moya, A. (2004): Determination of the Core of a Minimal Bacterial Gene Set. In: *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 68 (3), S. 518–537.
- Gräbner, Matthias (2012): Synthetische Biologie. Leben erschaffen nach dem Lego-Prinzip. Hg. v. Der Spiegel. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/synthetische-biologie-leben-erschaffen-nach-dem-lego-prinzip-a-820865.html>, zuletzt aktualisiert am 29.04.2012, zuletzt geprüft am 07.10.2015.
- Graur, Dan; Zheng, Yichen; Price, Nicholas; Azevedo, Ricardo B R; Zufall, Rebecca A.; Elhaik, Eran (2013): On the immortality of television sets: “function” in the human genome according to the evolution-free gospel of ENCODE. In: *Genome biology and evolution* 5 (3), S. 578–590.
- Illinger, Patrick (2010): Leben maßgeschneidert. Hg. v. Süddeutsche Zeitung. Online verfügbar unter <http://www.sueddeutsche.de/wissen/synthetische-biologie-leben-massgeschneidert-1.173011>, zuletzt aktualisiert am 17.05.2010, zuletzt geprüft am 07.10.2015.
- Jahn, Ilse; Krause, Erika (Hg.) (1998): *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien.* 3. Aufl. Jena: G. Fischer.
- Joyce, Gerald F. (2012): Bit by Bit: The Darwinian Basis of Life. In: *PLoS Biol* 10 (5).
- Koonin, E. V. (2000): How many genes can make a cell: the minimal-gene-set concept. In: *Annu Rev Genomics Hum Genet* 1, S. 99–116.
- Koonin, Eugene V.; Senkevich, Tatiana G.; Dolja, Valerian V. (2009): Compelling reasons why viruses are relevant for the origin of cells. In: *Nat Rev Micro* 7 (8), S. 615.
- Kupferschmidt, Kai (2011): Wie Forscher den Baustein des Lebens neu entwerfen. Hg. v. DIE ZEIT. Online verfügbar unter <http://www.zeit.de/wissen/2011-02/zellprogrammierer-synthetische-biologie>, zuletzt aktualisiert am 17.02.2011, zuletzt geprüft am 07.10.2015.
- La Scola, Bernard; Audic, Stephane; Robert, Catherine; Jungang, Liang; Lamballerie, Xavier de; Drancourt, Michel et al. (2003): A giant virus in amoebae. In: *Science* 299 (5615), S. 2033.

- Loos, Elisabeth (2015): Biologische Konzepte von „Leben“ und die Synthetische Biologie. In: T. Graßmann, S. Herresthal (Hg.): *Leben konstruieren? Deutungsmuster Synthetischer Biologie*. TTN-edition 1/2015, 29-47.
- López-García, Purificación; Moreira, David (2009): Yet viruses cannot be included in the tree of life. In: *Nat Rev Micro* 7 (8), S. 615–617.
- Luisi, Pier Luigi; Stano, Pasquale (2011): Minimal cell mimicry. In: *Nature Chem* 3 (10), S. 755–756.
- Mitchell, Wayne (2011): Natural products from synthetic biology. In: *Current Opinion in Chemical Biology* 15 (4), S. 505–515.
- Moreira, David; Brochier-Armanet, Céline (2008): Giant viruses, giant chimeras: The multiple evolutionary histories of Mimivirus genes. In: *BMC Evol Biol* 8.
- Moreira, David; López-García, Purificación (2009): Ten reasons to exclude viruses from the tree of life. In: *Nat Rev Micro* 7, S. 306–311.
- Nasir, Arshan; Kim, Kyung; Caetano-Anolles, Gustavo (2012): Giant viruses coexist with the cellular ancestors and represent a distinct supergroup along with superkingdoms Archaea, Bacteria and Eukarya. In: *BMC Evol Biol* 12.
- Panke, Sven (2013): Organismen aus dem Baukasten. In: *Spektrum der Wissenschaft* (2), S. 22–27 (Biotechnologie im Umbruch).
- Podolsky, Scott (1996): The role of the virus in origin-of-life theorizing. In: *J Hist Biol* 29 (1), S. 79–126.
- Prinz, Wolfgang (2008): Philosophie nervt. Eine Polemik. In: Patrick Spät (Hg.): *Zur Zukunft der Philosophie des Geistes*. Paderborn: Mentis, S. 237–247.
- Raoult, Didier; Audic, Stephane; Robert, Catherine; Abergel, Chantal; Renesto, Patricia; Ogata, Hiroyuki et al. (2004): The 1.2-megabase genome sequence of Mimivirus. In: *Science* 306 (5700), S. 1344–1350.
- Raoult, Didier; Forterre, Patrick (2008): Redefining viruses: lessons from Mimivirus. In: *Nat Rev Micro* 6 (4), S. 315–319.
- Stanley, Wendell M. (1959): On the Nature of Viruses, Genes and Life. In: Aleksandr Ivanovich Oparin, A.G. Pasynskii, A.E. Braunshtein und T.E. Pavlovskaya (Hg.): *International Symposium on the Origin of Life on the Earth*. Proceedings. Edited for the Academy of Sciences of the U.S.S.R. by A.I. Oparin [and others]. English-French-German ed., edited for the International Union of Biochemistry by F. Clark and R.L.M. Synge. London: Pergamon Press, S. 313–321.
- Stano, Pasquale (2011): Minimal cells: Relevance and interplay of physical and biochemical factors. In: *Biotechnology Journal* 6 (7), S. 850–859.
- Van Regenmortel, Marc H.V (2008): Nature of Viruses. In: Mahy, Brian W. J. und Van Regenmortel, Marc H. V. (Hg.): *Encyclopedia of Virology*. 3. Aufl. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, S. 398–402.
- Von Weizsäcker, Carl Friedrich (1971): *Die Einheit der Natur*. Studien. München: Hanser.

Andreas Losch

Abwärts gerichtete Kausalität – wirken so Geist und Materie zusammen?¹

Karl Popper und John Eccles haben vorgeschlagen, dass Geist und Materie durch eine abwärts gerichtete Kausalität miteinander wechselwirken können. Was ist von dieser Idee zu halten? Nancey Murphy hält fest, dass nichts aus Eccles' Projekt hervorgegangen sei,² auch wenn sie abwärts gerichtete Kausalität selbst propagiert. Kann man das Konzept jedoch nicht vielleicht auch ohne die Probleme vertreten, die mit Eccles' Ansatz verbundenen sind? Der Aufsatz möchte die jeweiligen Anteile von Popper und Eccles an der gemeinsamen Argumentation analysieren, diese mit jüngeren Konzeptionen der abwärts gerichteten Kausalität vergleichen und eine vorsichtige Bewertung versuchen. Einsichten der Debatte um Göttliches Handeln werden die Schlussfolgerung befördern, weil hier mit dem Einfluss des göttlichen Geistes auf die geschaffene Materie ein ähnliches Szenario vorgestellt werden kann.

1. Poppers Standpunkt

Poppers Hauptziel ist es, die Kant'sche Vision aufrechtzuerhalten und daher einem Mechanismus oder Materialismus abzusagen; er hält an der Auffassung fest, „daß der Mensch Selbstzweck ist, im Unterschied zu einer bloßen Maschine“³. Popper sieht die Gefahr, dass jede andere Annahme die menschliche Ethik untergraben würde.⁴ Dennoch präsentiert er sich als Vertreter des Evolutionsgedankens, in dem Sinne allerdings, dass er eine Art *Te-los* in einer organischen Betrachtung von Evolution annimmt.⁵ Anhand des klassischen Beispiels eines Giraffenhalses lehnt er die Lamarck'sche Idee der Vererbung erworbener Eigenschaften ab, argumentiert jedoch, dass die

1 Bei diesem Beitrag handelt es sich im Wesentlichen um eine Übersetzung des Aufsatzes „Downward Causation – The Way How Mind and Matter Interact?“ in: *Open Theology*, 2015, Vol. 1 Nr. 1, S. 379–388.

2 Nancey C. Murphy, *Bodies and souls, or spirited bodies?* (= *Current issues in theology*), Cambridge, UK, New York 2006, S. 116.

3 Karl R. Popper u. John C. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, München [u.a.] 1982², S. 23.

4 Ebd.

5 Ebd., S. 31–32.

„Tätigkeiten, Vorlieben und Wahlhandlungen der Vorfahren der Giraffe (...) eine entscheidende (wenn auch indirekte) Rolle in ihrer Evolution gespielt haben. (...) Sie schufen eine neue Umwelt mit neuen Abarten des Selektionsdrucks für ihre Nachkommen, und das führte zur Auslese der langen Hälse.“⁶

Auch wenn Donald T. Campbell hier noch nicht genannt wird, deuten Poppers Gedanken bereits in dessen Richtung.

Gegen die Annahme „es gibt nichts Neues unter der Sonne“ (Pred. 1,9), nimmt Popper das Universum als kreativ und innovativ wahr, dessen Evolution „etwas *wirklich Neuartiges*“⁷ hervorgebracht habe.

„Mit dem Auftauchen des Menschen wird die Kreativität des Universums meiner Meinung nach offensichtlich. Denn der Mensch hat eine neue objektive Welt geschaffen, die Welt der Erzeugnisse des menschlichen Geistes (...)“⁸,

von Popper „Welt 3“ genannt – etwas Neuartiges verglichen mit Welt 2 (der Welt subjektiver Erfahrungen), an der auch Tiere mit ihrem Empfindungsvermögen Anteil haben, und ebenso verschieden von Welt 1, der Welt der physikalischen (auch lebenden) Gegenstände.⁹ Popper gesteht zu, dass

„(...) wann immer wir Gebilde und Vorgänge einer höheren Stufe durch solche auf niederen Stufen erklären können, (...) wir von einem großen wissenschaftlichen Erfolg sprechen“¹⁰

können. Dennoch ist seine Idee einer emergenten Welt 2 und Welt 3 natürlich gegensätzlich zu einem komplett reduktionistischen Forschungsprogramm. Gegen die Annahme, dass „das, was auf einer höheren Stufe geschieht, (...) durch die Geschehnisse auf nächstniederen Stufen erklärt werden“ kann, also „schließlich durch die Bewegungen und Wechselwirkungen von Elementarteilchen und durch die entsprechenden physikalischen Gesetze“¹¹, verwendet Popper die auf Donald T. Campbell zurückgehende

6 Ebd., S. 33.

7 Ebd., S. 35.

8 Ebd., S. 36.

9 Ebd., S. 38.

10 Ebd., S. 39.

11 Ebd., S. 40–41.

Idee der abwärts gerichteten Kausalität: „[D]as Ganze, die Makrostruktur kann *als* Ganzes auf ein Photon, ein Elementarteilchen oder ein Atom einwirken.“¹²

Poppers erstes Beispiel ist ein Kristall, der „als eine im Ganzen ausgedehnte periodische Struktur in Wechselwirkung mit den Photonen oder den Teilchen eines Strahls von Photonen oder Teilchen“¹³ steht. Weitere Beispiele umfassen alle Werkzeuge und Maschinen, „die zu bestimmten Zwecken entworfen wurden“¹⁴. Auf diese Weise gelangen wir zurück zu Michael Polanyis ursprünglich mechanistischem Beispiel in seinem Artikel „Life’s irreducible Structure“¹⁵, der Campbell inspirierte, den Begriff der „abwärts gerichteten Kausalität“ bzw. Verursachung nach unten zu prägen, womit die kausale Rückwirkung eines Gesamtsystems auf seine es konstituierenden Bestandteile gemeint ist.

In seinem Aufsatz analysiert Polanyi die Struktur von Maschinen, weil jahrhundertlang „die Tätigkeiten des Lebens mit den Tätigkeiten von Maschinen verglichen worden sind und die Physiologie versucht hat, den Organismus als komplexes Netzwerk von Maschinen zu verstehen“¹⁶. Er argumentiert, dass Maschinen unter der Kontrolle zweier verschiedener Prinzipien arbeiten:

„Das höhere ist das Prinzip des Designs der Maschine, und dieses macht sich das niedere nutzbar, welches aus den physikalisch-chemischen Prozessen besteht, auf welchen die Maschine basiert.“¹⁷

Jedweder Organismus wird als Maschine dargestellt: Er ist

„(...) ein System, das gemäß zwei verschiedenen Prinzipien arbeitet: seine Struktur dient als eine Grenzbedingung, welche sich die physikalisch-chemischen Prozesse, durch die seine Organe ihre Funktionen ausführen, nutzbar macht.“¹⁸

12 Ebd., S. 41.

13 Ebd.

14 Ebd.

15 M. Polanyi, Life’s Irreducible Structure: Live mechanisms and information in DNA are boundary conditions with a sequence of boundaries above them, in: Science 160. 1968, S. 1308–1312.

16 Ebd., S. 1308. Übersetzung des Verfassers.

17 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

18 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

Die Struktur dieser maschinenartigen Grenzen kann natürlich nicht in Form der jeweiligen Gesetze, die sie sich nutzbar machen, definiert werden. „Falls daher die Struktur lebendiger Dinge ein Satz von Grenzbedingungen ist, ist diese Struktur ohne Beziehung zu den Gesetzen von Physik und Chemie, welche der Organismus sich nutzbar macht. Die Morphologie lebendiger Dinge transzendiert also die Gesetze der Physik und Chemie.“¹⁹ Polanyi argumentiert weiter, dass das Muster der organischen Basen in der DNA, welches als genetischer Code funktioniert, solch eine „nicht auf Physik und Chemie reduzierbare Grenzbedingung“²⁰ sei. Die Beziehung des Geistes auf den Körper habe eine ähnliche Struktur. „Weitere kontrollierende Lebensprinzipien könnten als eine Hierarchie von Grenzbedingungen dargestellt werden, die sich im Fall des Menschen bis hin zu Bewusstsein und Verantwortung erstreckt.“²¹

Campbell nimmt diese Idee auf, weil er Polanyis Intention unterstützt, soziale Werte vor reduktionistischer Dekonstruktion zu schützen, auch wenn er sich selbst als Reduktionist versteht. Er stimmt mit Polanyi darin überein, dass „die irreduzible Struktur des Lebens“ *nicht* auf die beiden Prinzipien reduziert werden kann, dass 1) „alle Prozesse auf höheren Ebenen durch die Gesetze niederer Ebenen bedingt sind und in Übereinstimmung mit diesen agieren“ und 2) dass „die teleonomischen Errungenschaften auf höheren Ebenen für ihre Implementation spezifischer niederer Mechanismen und Prozesse bedürfen“²². Stattdessen schlägt er zwei zusätzliche Prinzipien vor, 3) das Emergenzprinzip und 4) das Prinzip *abwärts gerichteter Kausalität*, das besagt:

„[A]lle Prozesse auf niederen Ebenen einer Hierarchie sind durch die Gesetze höherer Ebenen bedingt und agieren in Übereinstimmung mit diesen.“²³

19 Ebd., S. 1309. Übersetzung des Verfassers.

20 Ebd., S. 1312. Übersetzung des Verfassers.

21 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

22 Donald T. Campbell, ‚Downward Causation‘ in Hierarchically Organised Biological Systems, in: Francisco José Ayala u. Theodosius Dobzhansky (Hg.), *Studies in the philosophy of biology. Reduction and related problems*, London 1974, S. 179–186, hier S. 180. Übersetzung des Verfassers.

23 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

Campbells Beispiel sind die Greifwerkzeuge von Termiten.

„Die Gelenkoberfläche einer *Arbeiter*termite und die muskulären Befestigungen stimmen mit Archimedes' Hebelgesetzen überein (...). Sie sind optimal gestaltet, maximale Kraft in einem nützlichen Abstand vom Gelenk anzuwenden. (...) Wir brauchen das Hebelgesetz *und Selektion auf der Ebene des Organismus...*, um die spezielle Verteilung der Proteine in den Greifwerkzeugen zu erklären, und *daher* rührt die Gestalt der DNA-Vorlagen, welche ihre Produktion steuern.“²⁴

Noch einschlägigeren Fällen von Emergenz und abwärts gerichteter Kausalität kann man nach Ansicht Campbells in den Greifwerkzeugen von *Soldat*termiten antreffen, weil sie sich selber nicht ernähren können.

„Die Greifwerkzeuge der Soldaten und die Verteilung der Proteine darin (...) benötigen für ihre Erklärung bestimmte soziologische Gesetze, die sich um die Arbeitsteilung sozialer Organisationen lagern.“²⁵

Für mich kommt dies Poppers Idee von umweltbedingter Selektion sehr nahe. Dennoch sind die „Beispiele für Verursachung nach unten ... in Organismen und ihrem ökologischen System“²⁶, die Popper selbst bereitstellt, recht basal (zum Beispiel die Integration eines lebendigen Organismus). Immerhin machen sie ihm „die Tatsache einer Verursachung nach unten offenkundig“²⁷.

Popper gesteht zu, dass seine Idee der „kreativen“ oder „emergenten“ Evolution „etwas unbestimmt“ ist.²⁸ Die Gegenargumente von Deterministen, Atomisten und den Vertretern einer Theorie von Potentialitäten (einschließlich des Panpsychismus),²⁹ stützen sich auf die „klassische Physik und ihren offenkundig deterministischen Charakter“³⁰, sagt Popper. Die Quantenmechanik führe jedoch „*objektive Wahrscheinlichkeitsaussagen*“³¹ ein, und daher müssten wir uns vom Laplace'schen Determinismus lossagen.

24 Ebd., S. 181. Übersetzung des Verfassers.

25 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

26 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 42.

27 Ebd.

28 Ebd., S. 44.

29 Siehe ebd., S. 44–48 zu Poppers detaillierter Argumentation gegen diese Haltungen.

30 Ebd., S. 47.

31 Ebd.

„Wir können zugestehen, daß sich die Welt insofern nicht ändert, als bestimmte universelle Gesetze invariant bleiben. Aber es gibt andere wichtige und interessante gesetzesähnliche Aspekte – besonders probabilistische Verwirklichungstendenzen – die sich je nach der sich wandelnden Situation ändern“³².

Daher hält Popper sich an seine Ideen, die an den Emergenzgedanken anschließen: Die Welt besteht mehr aus indeterministischen *Wolken* denn aus deterministischen *Uhren*, ist er überzeugt. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die Möglichkeit von abwärts gerichteter Kausalität.

„[D]ie Emergenz hierarchischer Stufen oder Schichten sowie die Wechselwirkung zwischen ihnen“ beruht „auf einem fundamentalen Indeterminismus des physischen Universums.“³³

Im Dialog mit Eccles³⁴ gesteht Popper allerdings zu, „daß die quantentheoretische Unbestimmtheit nicht wirklich weiterhelfen kann, denn sie führt lediglich zu Wahrscheinlichkeitsgesetzen, und wir wollen ja nicht sagen, daß so etwas wie freie Entscheidungen bloß eine Sache der Wahrscheinlichkeitsangelegenheiten sind.“³⁵ Daher weist er auf die „verblüffende Ähnlichkeit“ von neuen Ideen mit genetischen Mutationen hin, die seiner Ansicht nach durch quantentheoretische Unbestimmtheit verursacht werden. In beiden Fällen setzt an einer Reihe von Möglichkeiten – angeboten durch einen wahrscheinlichkeitstheoretisch und quantenmechanisch gekennzeichneten Satz von Vorschlägen – „eine Art Auslese-Verfahren an“, das diejenigen Vorschläge und Möglichkeiten tilgt, welche im Falle der Mutationen für die Fitness des Organismus abträglich, im Falle der Ideen für das in Welt 3 verankerte Bewusstsein unannehmbar sind. Er schlägt also vor, „daß wir uns die Offenheit von Welt 1 für Welt 2 etwa als Einfluß des Selektionsdrucks auf die Mutationen denken können“³⁶.

Dies ergibt ein Problem mit den Gesetzen der Thermodynamik, auf das Popper antwortet:

32 Ebd., S. 47–48.

33 Ebd., S. 60.

34 Beide kannten und berieten sich früh in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn, siehe Eccles, „My Living Dialogue with Popper.“

35 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 637.

36 Ebd.

„Die Einwirkung des Bewußtseins auf das Gehirn könnte darin bestehen, bestimmten Schwankungen zuzugestehen, Neuronen zum Feuern zu bringen, während andere bloß zu einem geringen Temperaturanstieg des Gehirns führen. Das ist eine mögliche Art, ‚Bildhauer‘ zu sein (und das Gesetz von der Erhaltung der Energie aufrecht zu erhalten)(...) Wir müssen nur annehmen, daß das Gehirn bei geistiger Tätigkeit ermüdet, und daß diese Ermüdung irgendwie der Wärmeproduktion und somit einem Energieabbau entspricht, und daß damit das Zweite Gesetz der Thermodynamik gewahrt bleibt.“³⁷

2. Eccles Beitrag

Wie man sich dies vorstellen kann, versucht Eccles in seinem Teil des Buches darzustellen, insbesondere in Kapitel E7, welches eine Theorie entwickelt „über die Art und Weise, wie selbstbewußter Geist und Gehirn in Wechselwirkung stehen.“³⁸

Eccles vertritt einen „ausgesprochenen Dualismus“³⁹, anderswo von ihm explizit mit der Kartesischen Idee identifiziert⁴⁰. Er entwickelt seine Theorie im Anschluss an die Drei-Welten Hypothese Poppers. „Es wird zur Diskussion gestellt, daß die Welt des selbstbewußten Geistes (Welt 2) jedes individuellen Ichs sich unter dem Einfluß von Welt 3 auf dieses Ich entwickelt.“⁴¹ Zentrale These ist, „daß der selbstbewußte Geist eine unabhängige Einheit darstellt“⁴², und als solcher „während des normalen Lebens damit beschäftigt ist, nach Hirnereignissen zu suchen, die in seinem gegenwärtigen Interesse liegen und sie zu der vereinheitlichten bewußten Erfahrung zu integrieren, die wir von Augenblick zu Augenblick erleben.“⁴³

Man könnte dann fragen, wo man den Geist denn im Gehirn lokalisieren könne. Untersuchungen von Roger W. Sperry an Kommissurotomie-Patienten

37 Ebd. S. 638.

38 Ebd., S. 428.

39 Ebd.

40 John C. Eccles, Cerebral Activity and Consciousness, in: Francisco José Ayala u. Theodosius Dobzhansky (Hg.), *Studies in the philosophy of biology. Reduction and related problems*, London 1974, S. 87–108, hier S. 88.

41 Popper und Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 431.

42 Ebd.

43 Ebd., S. 430.

ten⁴⁴ (deren Corpus Callosum durchtrennt und deren Gehirn damit geteilt worden ist, um schwere Epilepsie zu behandeln) führten zu der Behauptung, dass

„(...) sich nur eine spezialisierte Zone der Großhirnhemisphären in Liaison mit dem selbstbewußten Geist befindet“⁴⁵. In Abgrenzung von früheren Überlegungen⁴⁶ schlägt Eccles nun weiterführend vor, dass sich normalerweise auch „einige Liaison-Zentren des Gehirns gut in der subdominanten Hemisphäre befinden“⁴⁷ könnten.

Eccles unterstreicht, dass das Ziel der Neurowissenschaften „eine Theorie ist, die im Prinzip eine vollständige Erklärung für alles Verhalten von Lebewesen und Menschen liefern kann, einschließlich des verbalen Verhaltens des Menschen.“⁴⁸ Er ist jedoch davon überzeugt, dass diese reduktionistische Strategie

„(...) in dem Versuch, die höheren Ebenen bewußter Leistung des menschlichen Gehirns zu erklären, versagen wird“⁴⁹. Für diese höheren Ebenen „wird vorgeschlagen, daß es – der neuralen Maschinerie mit aller ihrer Leistung überlagert (...) – an bestimmten Orten der Großhirnhemisphären (den Liaison-Zentren) wirkungsvolle Interaktionen mit dem selbstbewußten Geist gibt, sowohl empfangend als auch gebend.“⁵⁰

In Übereinstimmung mit Poppers Drei-Welten Konzept hält Eccles fest:

„[I]m Zentrum von Welt 2 (...) befindet sich das Selbst oder das Ich, das ist die Basis der personalen Identität und Kontinuität, die jeder von uns durch das gesamte Leben erfährt“⁵¹,

eingebettet in den inneren und äußeren Sinn. Seine *Hypothese* ist kurz umrissen diese:

44 Für Belege siehe Eccles, *Cerebral Activity and Consciousness*, S. 91.

45 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 431.

46 Eccles, *Cerebral Activity and Consciousness*.

47 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 431.. Cf. Figur E 7-5 S. 450 mit Figur E 5-8 S. 394.

48 Ebd., S. 432.

49 Ebd.

50 Ebd. Vgl. auch die detaillierte Darstellung in dem Dialogteil III des Buches, wie referenziert von Eccles, *My Living Dialogue with Popper*, S. 233–236.

51 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 434.

„Der selbstbewußte Geist ist aktiv damit beschäftigt, aus der Vielzahl aktiver Zentren auf der höchsten Ebene der Hirnaktivität herauszulesen, nämlich den Liaison-Zentren der dominanten Großhemisphäre. Der selbstbewußte Geist selektiert aus diesen Zentren gemäß der Aufmerksamkeit und integriert von Augenblick zu Augenblick seine Wahl, um auch den flüchtigsten Erfahrungen eine Einheit zu verleihen. Darüberhinaus wirkt selbstbewußter Geist auf diese neuronalen Zentren, indem er die dynamischen räumlich-zeitlichen Muster der neuronalen Ereignisse modifiziert.“⁵²

Wie genau handelt der Geist an diesen neuronalen Zentren? Um Eccles Theorie hier nachvollziehen zu können, „müssen wir die Organisation der kortikalen Neurone[n] in der anatomischen and physiologischen Einheit, die Modul genannt wird ...[,] betrachten“⁵³, „Neuronengruppen (viele Hunderte), die in einer musterförmigen Anordnung zusammenspielen“⁵⁴. Wir dürfen vermuten, meint Eccles, dass solch ein Modul „mit seinen komplex organisierten und intensiv aktiven Eigenschaften einen Bestandteil der physischen Welt (Welt 1) verkörpern könnte, der offen gegenüber dem selbstbewußten Geist (Welt 2) sowohl hinsichtlich des Empfanges von ihm als auch des Vermittelns zu ihm ist,“ auch wenn „nicht alle Moduln in der Großhirnrinde diese transzendente Eigenschaft ‚offen‘ gegenüber Welt 2 zu sein und somit die Welt 1-Komponenten der Kontaktstelle zu sein, besitzen“⁵⁵. Jedoch könne der selbstbewusste Geist über die Interaktion mit „offenen“ Moduln indirekt mit „geschlossenen“ Moduln in Wechselwirkung stehen.⁵⁶

Wie man von einer solchen engen Zusammenarbeit eines Wissenschaftstheoretikers und eines Neurowissenschaftlers erwarten kann, wird behauptet, dass die entwickelte Theorie in Übereinstimmung mit grundlegenden Prinzipien der Wissenschaftstheorie sei. Während die Idee der *psychoneuralen Identitätshypothese* (übrigens ebenso wie ein *Parallelismus* von Gehirn und Geist) nach Eccles bereits durch die Gehirntrennungsuntersuchungen, die

52 Ebd., S. 436.

53 Ebd., S. 440, siehe Eccles E1.3–4.

54 Ebd., S. 441.

55 Ebd.

56 Ebd., S. 445.

gezeigt haben, dass in diesen Fällen die geringere Hemisphäre dem Subjekt keinerlei bewusste Erfahrungen gewährt⁵⁷, falsifiziert worden ist, kann behauptet werden, dass Eccles „Hypothese wissenschaftlich ist, weil sie auf empirischen Daten beruht und objektiv testbar ist“⁵⁸, also mit Poppers Worten ebenfalls falsifizierbar ist. Eccles gesteht jedoch zu, dass die Frage, wo der selbstbewusste Geist zu lokalisieren sei, prinzipiell unbeantwortbar bleibt.⁵⁹

3. Gegenwärtige Konzepte und Kritiken der abwärts gerichteten Kausalität

Dieses prinzipielle Lokalisierungsproblem ist vielleicht der Grund, warum „nichts aus dem Projekt hervorgegangen ist“⁶⁰. Nancey Murphy argumentiert in ihrem Buch *Bodies and Souls, or Spirited Bodies?* recht überzeugend, warum ein Dualismus von Gehirn und Geist ziemlich tot ist. Dies mag auch mit ihren eigenen physikalistischen Überzeugungen zu tun haben, die allerdings nicht-reduktionistisch orientiert sind. Wenn es um die Verursachung nach unten geht, ist sie dennoch überzeugt, dass dieses Konzept „extensiv in den Wissenschaften benutzt worden ist“⁶¹. Dieser Überzeugung schloss sie sich bereits früh an,⁶² doch leider kann sie nur zwei wissenschaftliche Beispiele anführen: Roger Sperry und Donald Campbell.⁶³ Wie wir gesehen haben, waren es genau diese beiden Forscher, welche intensiv von Popper und Eccles für ihren Ansatz rezipiert worden sind.

In dem von Murphy herausgegebenen Band kritisiert Christof Koch Popper und Eccles, wohl wissend, „dass es sich bei beiden um respektierte Gelehrte handelt“⁶⁴. Poppers Gebrauch von Campbells Konzept der Verursachung

57 Eccles, *Cerebral Activity and Consciousness*, S. 102.

58 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 451.

59 Ebd., S. 452.

60 Murphy, *Bodies and souls, or spirited bodies?*, S. 116. Übersetzung des Verfassers.

61 Nancey C. Murphy, Introduction and Overview, in: Nancey C. Murphy u.a. (Hg.), *Downward causation and the neurobiology of free will* (= Understanding complex systems), Berlin 2009, S. 1–30, hier S. 5. Übersetzung des Verfassers.

62 Nancey C. Murphy, *Theology, Cosmology, and Ethics*, in: Ted Peters (Hg.), *Science and theology. The new consonance*, Boulder, Colo. 1998, S. 103–117.

63 Murphy, Introduction and Overview, S. 5. Leider weist Murphy in ihrem Aufsatz nicht aus, auf welche Schriften Sperrys sie sich bezieht.

64 Christof Koch, *Free Will, Physics, Biology and the Brain*, in: Nancey C. Murphy u.a. (Hg.), *Downward causation and the neurobiology of free will* (= Understanding complex systems), Berlin 2009, S. 31–52, hier S. 41. Übersetzung des Verfassers.

nach unten wird nicht erwähnt. Während auch der Verweis auf Poppers Welt 2 vage bleibt, liegt der Schwerpunkt der Analyse von Koch auf Eccles Idee, dass

„(...) der selbstbewusste Geist (...) seinen Willen dem Gehirn auferlegt, indem er die Art und Weise beeinflusst, wie Neuronen miteinander in dem Teil des zerebralen Kortex kommunizieren, der mit Bewegung und Handlungen beschäftigt ist“⁶⁵.

Kochs Interpretation des von Eccles angenommenen Geistes als „von einer Art metaphysischem Ektoplasma beschaffen“⁶⁶ weist auf die metaphysischen Schwierigkeiten hin, die er in Eccles' Gedanken ausmacht: „[W]enn der Geist mit der materiellen Welt wechselwirken sollte, muss er Arbeit verrichten und dieses kostet Energie“⁶⁷, während etwas wie ein Geist oder Gespenst „nicht mit unserem Universum wechselwirken kann“⁶⁸, es sei denn, es handle sich um eine Art „Poltergeist, der an den Synapsen rüttelt und zerrt“⁶⁹. Die einzige in der Welt wirkende Art von Freiheit, die solch ein Geist daher auch haben könne, „ist die, ein Quantenereignis anstelle eines anderen zu realisieren, wie es Schrödingers Gesetz vorschreibt“⁷⁰. Diese Art der Handlung würde natürlich stets verborgen bleiben. Koch gesteht immerhin zu, dass solche Gedanken wenigstens „nicht ausgeschlossen werden können“⁷¹.

Koch selbst ist der Idee des freien Willens generell kritisch gegenüber eingestellt. Er verweist auf die berühmten Experimente Benjamin Libets⁷², nach denen „der Beginn des Bereitschaftspotentials der bewussten Entscheidung zur Bewegung um 0,3 bis 0,5 sec voranging. Das heißt, das Gehirn handelte, bevor der bewusste Geist dies tat!“⁷³ Damit scheint die Annahme

65 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

66 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

67 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

68 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

69 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

70 Ebd. Übersetzung des Verfassers. Schrödinger selbst war hier möglicherweise offener, vgl. Erwin Schrödinger, *What is Life? With Mind and Matter and Autobiographical Sketches* (= *Canto Classics*), Cambridge 2012.

71 Koch, *Free Will, Physics, Biology and the Brain*, S. 42. Übersetzung des Verfassers.

72 Benjamin Libet u.a., *Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (Readiness-Potential)*, in: *Brain* 106. 1983, S. 623–642.

73 Koch, *Free Will, Physics, Biology and the Brain*, S. 46. Übersetzung des Verfassers.

mentaler Verursachung widerlegt. Koch nimmt jedoch nicht wahr, dass Eccles Libets Experimente kennt und durchaus verschieden interpretiert. Für Eccles hilft die gemeinsame Hypothese mit Popper gerade, „die in der Erklärung der langen Dauer des Bereitschaftspotentials – das einer Willküraktion vorausgeht – liegenden Probleme aufzulösen und neu zu definieren“⁷⁴. Diese Dauer sei

„(...) ein Zeichen, daß die Aktion des selbstbewußten Geistes auf das Gehirn nicht von fordernder Stärke ist. Wir mögen sie als eher versuchend und subtil und als einige Zeit benötigend ansehen, um Aktivitätsmuster aufzubauen, die, während sie sich entwickeln, modifiziert werden können.“⁷⁵

Murphy weist auch darauf hin, dass Libet „weitere Forschungen durchgeführt hat, die zeigten, dass Subjekte die Handlung noch ablehnen können, nachdem sie den Drang zum Handeln gefühlt haben. In dieser Vetomacht verortet er den freien Willen“⁷⁶, welches wiederum gut dazu passt, wie Popper und Eccles sich den Auswahlprozess des Geistes aus einer Vielzahl von Gedanken vorstellen. Interessanterweise nimmt Koch diese weiteren Ergebnisse Libets nicht wahr. Dies bezeugt m.E. sehr deutlich den selektiven Einfluss, den Weltanschauungen und metaphysische Grundüberzeugungen auf unsere Wahrnehmung haben, selbst auf diejenige von Wissenschaftlern.⁷⁷ Kochs Bekenntnis ist es, dass das „Universum kausal geschlossen ist. Alles, was der Geist erreichen könnte, ist, eine von verschiedenen quantenmechanischen Möglichkeiten zu verwirklichen, ohne die zugrundeliegenden Wahrscheinlichkeiten zu beeinflussen.“⁷⁸ Dies wäre in der Tat nur eine „magere Freiheit“⁷⁹.

Es könnte George Ellis gewesen sein, der bei Nancey Murphy den Eindruck hinterließ, dass abwärts gerichtete Kausalität eine unumstrittene wis-

74 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 440.

75 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 440.

76 Murphy, *Introduction and Overview*, S. 8. Übersetzung des Verfassers; mit Verweis auf Benjamin Libet, *Do we have free will?*, in: *Journal of Consciousness Studies* 6. 1999, S. 47–57.

77 Vgl. Kuhn, Thomas S. [1962] 1993: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Zweite revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Auflage. Frankfurt am Main.

78 Koch, *Free Will, Physics, Biology and the Brain*, S. 49. Übersetzung des Verfassers.

79 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

senschaftliche Tatsache ist. Die beiden haben bereits zusammen ein Buch geschrieben,⁸⁰ und in seinem Beitrag zu Murphys Band über abwärts gerichtete Kausalität nimmt Ellis an, dass verschiedene Arten der Verursachung nach unten „allgegenwärtig in Physik, Chemie und Biologie sind, weil das Ergebnis von Wechselwirkungen auf den niedrigeren Ebenen immer durch den Kontext bestimmt ist.“⁸¹ Das verbleibende Problem wird durch Ellis gut zusammengefasst:

„Damit höhere Ebenen auf niedrigere Ebenen kausal einwirken können, muss es eine Art kausales Schlupfloch auf den niederen Ebenen geben, sonst wären diese Ebenen kausal überbestimmt.“⁸²

Also muss das Universum auf einer sehr fundamentalen Ebene *indeterministisch* sein, um das benötigte kausale Schlupfloch zuzulassen⁸³. Dies ist eine starke Behauptung, welche sich auf Theorien der Physiker Feynman und Polkinghorne bezieht. Im Folgenden werden wir nur die Theorie von Polkinghorne weiter untersuchen, weil dieser auch zu der Debatte über die Verursachung nach unten auf höchst interessante Weise beigetragen hat.

Bevor wir dies tun, sei jedoch noch Nancey Murphys Interpretation der Verursachung nach unten kurz erwähnt. Wie Ellis sieht sie die Hauptschwierigkeit des Konzepts im Problem der Überbestimmung:

„Wo gibt es Platz für zusätzliche abwärts gerichtete kausale Einflüsse, wenn doch das Verhalten auf der niederen Ebene bereits durch die Gesetze dieser Ebene bestimmt ist?“⁸⁴

Die Antwort liegt für sie in Donald T. Campbells Gedanken, „dass abwärts gerichtete Kausalität nicht die Überwindung, sondern die selektive Aktivierung von Prozessen der niederen Ebene ist.“⁸⁵ Als „eines der besten Bei-

80 Nancey C. Murphy u. Ellis, George F. R., *On the moral nature of the universe. Theology, cosmology, and ethics* (= Theology and the sciences), Minneapolis, Minn. 1996.

81 Ellis, George F. R., *Top-Down Causation and the Human Brain*, in: Nancey C. Murphy u.a. (Hg.), *Downward causation and the neurobiology of free will* (= Understanding complex systems), Berlin 2009, S. 63–82, hier S. 66. Übersetzung des Verfassers; Ellis ist sich allerdings bewusst, dass es verschieden starke Spielarten der Verursachung nach unten gibt.

82 Ebd., S. 74. Übersetzung des Verfassers.

83 Ebd., S. 75. Übersetzung des Verfassers.

84 Murphy, *Bodies and souls, or spirited bodies?*, S. 78. Übersetzung des Verfassers.

85 Ebd., S. 83. Übersetzung des Verfassers.

spiele“ für diesen Gedanken nennt Murphy die Wirkung der Umgebung auf das sich entwickelnde Gehirn;⁸⁶

„(...) nützliche Verbindungen werden verstärkt, während sich ungenutzte Verbindungen abschwächen oder absterben.“⁸⁷

Dieser Grundgedanke scheint mir nicht so weit von Poppers Ansatz entfernt, auch wenn es in seiner Theorie natürlich nicht die Umweltbedingungen sind, sondern es der seiner selbst bewusste Geist ist, der die Gedanken auswählt, die verfolgt werden sollen. Ich denke trotzdem, dass Popper für Murphys Interpretation offen gewesen wäre, und es daher sehr weise gewesen wäre, Poppers und Eccles Ansatz in die eigenen Überlegungen einzubeziehen.

4. Polkinghornes Interpretation der abwärts gerichteten Kausalität

Meiner Meinung nach stellen die metaphysischen Ideen des Cambrider Teilchenphysikers und späteren Priesters John Polkinghorne eine interessante Antwort auf viele der Fragen dar, die in unserem Überblick über Verursachung nach unten aufgekommen sind. Als drängendstes Problem haben wir den bei einer anzunehmenden kausalen Geschlossenheit der Welt notwendigen Physikalismus ausgemacht. Ich finde Polkinghornes Ansatz, auch wenn er spekulativ ist, in diesem Kontext besonders interessant, weil er wenigstens alle physikalischen Schwierigkeiten der Verursachung nach unten anerkennt *und* zudem eine mögliche metaphysische Lösung anbietet, und sei sie so riskant wie sie ist.

Seine metaphysische Haltung ist ein Zwei-Aspekte Monismus:

„eine komplementäre Welt von Geist und Materie, in der diese polaren Gegensätze als gegensätzliche Aspekte des Stoffs, aus dem die Welt besteht, zusammenhängen“⁸⁸.

Wenn man sich aus diesem Komplex wegdenkt, werden „weder Seele noch Entelechie als separate Teile des Überrestes gefunden werden. Doch wenn

86 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

87 Ebd., S. 84. Übersetzung des Verfassers.

88 J. C. Polkinghorne, *Science and creation. The search for understanding*, London 1988, S. 71. Übersetzung des Verfassers.

man *mir* begegnen will, muss man von diesem Akt der Dekonstruktion absehen und mich in meiner komplexen und filigran organisierten Totalität akzeptieren.“⁸⁹ Auf ziemlich aristotelische Weise fährt Polkinghorne fort:

„Das fast unendlich komplexe Information-tragende Muster, welches durch alle Veränderungen der materiellen Konstitution bestehen bleibt, während Ernährung und Abnutzung die individuellen Atome meines Körpers ersetzen, und welches gerade durch seine Beständigkeit die wahre Kontinuität meiner Person ausmacht, dieses Muster ist die Bedeutung der Seele.“⁹⁰

Auch wenn Polkinghorne unsere Handlungsfreiheit verteidigen will,⁹¹ ist er kritisch gegenüber jeglichen Versuchen, Quantenunschärfe mit der menschlichen Freiheit gleichzusetzen. Stattdessen bietet er eine Interpretation der Offenheit chaotischer Systeme in der klassischen Physik, sozusagen seine Interpretation von Poppers *Wolken*. Polkinghorne interpretiert die Unvorhersagbarkeit chaotischer Systeme als intrinsische Offenheit für abwärts gerichtete kausale Einflüsse. Er ist sich bewusst, dass auch diesen chaotischen Systemen deterministische Gleichungen zugrunde liegen, interpretiert diesen Determinismus jedoch als eine Annäherung an eine differenziertere und flexiblere Realitätsbeschreibung.⁹² Er sieht den Determinismus daher als eine *abwärts emergente Eigenschaft* an, die aus der isolierten Betrachtung der Systeme hervorgeht.

Polkinghorne erwägt auch, wie genau Verursachung nach unten stattfinden könne. Er benötigt dieses Konzept insbesondere, um die Möglichkeit von Gottes (nach Polkinghorne der reine Geist) Handeln in der physikalischen Welt zu retten. Doch vermute ich, dass man seine Gedanken auch auf die Handlung des menschlichen Geistes auf seinen Körper anwenden kann, natürlich vorausgesetzt, dass wir „psychosomatische Wesen sind, einheitliche, mit Leben gefüllte Leiber“⁹³. „Es gibt keinen vollständig ab-

89 Ebd., S. 72. Übersetzung des Verfassers.

90 Ebd. Übersetzung des Verfassers.

91 J. C. Polkinghorne, *Science and providence* 1989, S. 2.

92 John C. Polkinghorne, „Ordnung und Chaos“, in: Gerhard Müller (Hg.), *TRE* Band 25, Berlin 2000, S. 369.

93 John C. Polkinghorne, *An Gott glauben im Zeitalter der Naturwissenschaften. Die Theologie eines Physikers*, Gütersloh 2000, S. 54.

gegrenzten Bereich der spirituellen Begegnung, der von der physikalisch/mentalenen Realität der einen Welt geschieden wäre, in der sich Gottes Providenz allein ereignen kann.“⁹⁴ Unser Problem hat für Polkinghorne daher vor allem einen *theologischen* Charakter. Er übernimmt die Idee der Verursachung nach unten von Arthur Peacocke, um es zu lösen,⁹⁵ ist sich jedoch der Schwierigkeiten dieses Lösungsweges bewusst. Was Ellis das „kausale Schlupfloch“ nennt, erscheint auch Polkinghorne problematisch:

„Denn man kann keineswegs selbstverständlich voraussetzen, daß es im Netzwerk der physikalischen Kausalität, die gekennzeichnet ist durch die das Ganze erst hervorbringende Interaktion der Teile, Raum gibt für die Operation eines zusätzlichen holistischen Kausalprinzips. (...) Dabei müssen diese Löcher freilich von intrinsischem und ontologischem Charakter sein; sie dürfen nicht nur einer zufälligen Unwissenheit über die Details der aufsteigenden Prozesse entspringen.“⁹⁶

Man sollte vielleicht darauf hinweisen, dass auch Nancey Murphy der Idee der abwärts gerichteten Kausalität zuerst im Kontext der Konzepte von göttlichem Handeln begegnet ist.⁹⁷ Im Gegensatz zu Murphy jedoch weigert sich der Teilchenphysiker Polkinghorne, dem Trend zu folgen, die Unschärfen der Quantenereignisse auf diese Weise zu erkunden, und dies wegen des sogenannten *Messungsproblems*.⁹⁸ Ich möchte dieses Konzept hier nicht erklären, jedoch auf Polkinghornes Schlussfolgerung verweisen:

„[W]enn die Quantentheorie bei der Lösung des Problems von Handlungen eine Rolle spielt, dann nur, wenn sie eine Offenheit auf der Ebene der klassischen Physik generiert.“⁹⁹

Deswegen versucht Polkinghorne es mit chaotischen Systemen, genauer gesagt mit der „Art und Weise, wie ein chaotisches System seinen seltsamen Attraktor durchquert“¹⁰⁰, und nimmt sich, wie gesagt, dabei die meta-

94 Ebd., S. 59.

95 Ebd., S. 61 Anm. 13.

96 Ebd., S. 62.63.

97 See Robert J. Russell, *Neuroscience and the person. Scientific perspectives on divine action* (= Series on „Scientific perspectives on divine action“, 4th v), Vatican City State, Berkeley, Calif. 1999.

98 Polkinghorne, *An Gott glauben im Zeitalter der Naturwissenschaften*, S. 63 Anm. 15.

99 Ebd., S. 64.

100 Ebd., S. 65.

physische Freiheit heraus, ihre deterministische mathematische Basis als abwärts emergente Eigenschaft zu interpretieren. Die vielen verschiedenen Trajektorien korrespondieren „alle derselben totalen Energie“¹⁰¹, und daher könnte eine Modulation dieser Trajektorien durch abwärts gerichtete „aktive Information“ als wirksam angesehen werden, ohne den kausalen Nexus der physikalischen Welt zu verletzen.¹⁰²

„Von hier aus tut sich die Tür zur Beantwortung der Frage, wie es möglich sein kann, daß wir unsere gewollten Intentionen verwirklichen[,] und wie Gott in seiner Providenz mit seiner Schöpfung interagiert, einen Spalt weit auf. Als leibliche Wesen handeln Menschen zugleich energetisch und informationell. Demgegenüber mag man erwarten, daß Gott als reiner Geist allein durch die Eingabe von Informationen handelt.“¹⁰³

Diese Art und Weise der *aktiven Information* erscheint mir ein vielversprechendes Konzept zu sein. Die Annahme, dass der deterministische Charakter chaotischer Systeme eine *abwärts emergente* Eigenschaft sei, ist natürlich ein zugestanden metaphysisch sehr spekulativer Ansatz.¹⁰⁴ Aber vielleicht ist die indeterministische Standardinterpretation der Quantenunschärfe ebenso spekulativ.

5. Fazit: eine „geisterhafte Kraft“?

Selbst Christof Koch gesteht zu, dass „unser Wissen nur ein Feuer in der weiten Dunkelheit um uns herum ist, das im Wind flackert.“¹⁰⁵ Wenn man geneigt ist, die Idee der abwärts gerichteten Kausalität eine „geisterhafte Kraft“ zu nennen, sollte man nicht vergessen, dass eine andere solche geisterhafte Kraft bzw. Fernwirkung inzwischen von der Physik für wirklich befunden wurde. Es war sogar Einstein, der hier geirrt hat.

101 Ebd.

102 Dies könnte durch den Einfluss auf ihre Anfangsbedingungen auf der Quantenebene geschehen, auch wenn Polkinghorne sehr vorsichtig ist, diesen Schluss zu ziehen, sieh ebd., S. 66–67.

103 Ebd., S. 66.

104 Vgl. die Kritik von Robert J. Russell, *Cosmology. From alpha to omega : the creative mutual interaction of theology and science* (= *Theology and the sciences*), Minneapolis 2008, S. 129–132.

105 Koch, *Free Will, Physics, Biology and the Brain*, S. 50. Übersetzung des Verfassers.

Vielleicht sollte man die Bemühungen um *physikalische* Erklärungen auch nicht übertreiben. Einen interessanten Weg im Anschluss an die aristotelische Idee der *causa formalis* geht Thomas Fuchs: „Geistiges wirkt nicht als externe Kraft auf Hirnprozesse ein, sondern es wirkt als Form *in ihnen und durch sie*.“¹⁰⁶ Es gibt in der Tat viele sehr spekulative Aspekte der Idee der abwärts gerichteten Kausalität, ohne auch nur die Voraussetzung der *Emergenz als notwendig zugrundeliegendes Konzept* zu erwähnen.¹⁰⁷ Was sind die Alternativen? Popper bemerkte bereits am Ende der 1970er, dass ein „radikaler Materialismus“ unter den Philosophiestudenten in Mode gekommen war.¹⁰⁸ Wenn man die Äußerungen von modernen Neurobiologen und Philosophen der Neurowissenschaften betrachtet, ist die Situation in dieser Disziplin gegenüber abweichenden philosophischen Haltungen (wie dem Dualismus, den Popper und Eccles vorschlagen)¹⁰⁹ tatsächlich so schwierig, wie es Popper vorhergesehen hat. Die Wirklichkeit des Geistes bleibt die große Frage unserer Tage. Wir können natürlich das Selbst auch als Illusion ansehen¹¹⁰ und uns so dem naturwissenschaftlichen Zeitgeist unterwerfen. Oder wir können einen *epistemologischen* Dualismus hochhalten und Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft, Sein und Sollen trennen. Vielleicht erlaubt es auch einfach die *Methode* der Naturwissenschaft nicht, den Geist wissenschaftlich zu behandeln. Was letztendlich an dem Ansatz der abwärts gerichteten Kausalität fasziniert, ist: Er versucht, basale Einsichten der menschlichen Erfahrung auf wissenschaftliche Weise auszuarbeiten. Wie vielversprechend oder herausfordernd dies auch sein mag, es gibt bezüglich der Ausarbeitung der zugrundeliegenden metaphysischen Konzepte noch viel zu tun. Wenn sich ein Kartesischer Dualismus nicht halten lässt, hat vielleicht ein Zwei-Aspektemonismus bessere Chancen – wenn klarer wäre, was er letztlich bedeutet.

106 Thomas Fuchs, *Das Gehirn - ein Beziehungsorgan. Eine phänomenologisch-ökologische Konzeption*, Stuttgart 2013⁴, S. 123. Vgl. Ellis, George F. R., *Top-Down Causation and the Human Brain*.

107 Für eine Diskussion dieser Fragen siehe Andersen et. al. (Hg), *Downward Causation, Minds, bodies and matter*. Aarhus: Aarhus Univ. Press, 2000

108 Popper u. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*, S. 80.

109 Karl R. Popper u. John Eccles, *The self and its brain*, New York 1977, S. ix.

110 Thomas Metzinger, *Being no one. The self-model theory of subectivity*, Cambridge, Mass. 2003.

Abstract:

Der Aufsatz analysiert Karl Poppers und John Eccles gemeinsamen Ansatz der Wechselwirkung von Geist und Materie und vergleicht ihren Gebrauch des Konzeptes der abwärts gerichteten Kausalität mit jüngeren diesbezüglichen Ansätzen, insbesondere denen von Nancey Murphy und George Ellis. Die Argumentation berücksichtigt auch John Polkinghorns Verständnis von göttlichem Handeln, weil es eine interessante Variante von abwärts gerichteter Geist/Materie Interaktion darstellt. Es wird argumentiert, dass abwärts gerichtete Kausalität ein spekulatives Konzept ist, jedoch möglicherweise immer noch die beste Annäherung an ein wissenschaftliches Verständnis von Geist und Materie, die es derzeit gibt. Daher erscheint auch Poppers und Eccles' Ansatz interessanter als normalerweise angenommen, und sollte nicht weiter in der Debatte um abwärts gerichtete Kausalität übersehen werden.

Eberhard Müller

Vom Licht zur Materie

Zusammenfassung:

Entsteht Materie aus etwas Ursprünglicherem? – Eine Bose-Einstein-Kondensation von Photonen beantwortet diese Frage explizit. Sie erzeugt eine neue Form von Materie. Die Photonenkondensation ist ein Quanten-Phasenübergang, bei dem elektromagnetische Energie räumlich lokalisiert wird. Nach der Einsteinschen Energie-Masse-Äquivalenz hat diese Energie Masse, als lokalisierte Energie eine von Null verschiedene Ruhemasse. Damit ist die Ruhemasse der Ordnungsparameter, der bei der Photonenkondensation emergiert. Einen Übergang von Licht zur Materie setzt eine frühe Phase der Evolution des Kosmos implizit voraus: Aus einer enormen Energiekonzentration entsteht Materie, aus der sich schließlich Galaxien und Galaxienhaufen bilden.

1. Schöpfung und Licht

Der Ausgangspunkt der Schöpfung ist Licht. So sieht es die jüdisch-christliche Tradition.

„Und Gott sprach: Es werde *Licht!* Und es ward Licht.

Und Gott sah, dass das Licht gut war.

Da schied Gott das Licht von der Finsternis

und nannte das Licht Tag und die Finsternis Nacht.

Und Gott sprach: Es werde eine *Feste* zwischen den Wassern,

die da *scheide* zwischen den Wassern.

Da machte Gott die Feste und schied das Wasser unter der Feste

von dem Wasser über der Feste. Und es geschah so.

Und Gott nannte die Feste Himmel.

Da ward aus Abend und Morgen der zweite Tag.

Und Gott sprach: Es *sammle* sich das Wasser unter dem Himmel an besondere Orte,

dass man das Trockene sehe. Und es geschah so.

Und Gott nannte das Trockene *Erde*,

und die Sammlung der Wasser nannte er Meer.

Und Gott sah, dass es gut war.“

(Genesis 1, 3-10)

Der Text identifiziert einen Ablauf vom Licht zur Materie. Er lässt einen Prozess ahnen, wie sich aus Licht Materie entwickelt. Genesis 1 ist ein alter Text, ungefähr 2500 Jahre alt. Er beschreibt Natur als Schöpfung. Anders als in den babylonischen Schöpfungsmythen sind die Sterne Lichter, nicht Götter oder Göttinnen. Für seine Zeit ist Genesis 1 ein aufklärerischer Text, ein physikalischer Text. Allerdings verzichtet die heutige moderne Physik auf die Prämisse eines Schöpfers, so will es ihr Selbstverständnis. Die moderne Naturwissenschaft beschreibt die Evolution des Kosmos vom Licht über die Materie bis hin zur Biosphäre als eine Selbstorganisation.

Wenn in der Religion und Theologie a priori auf ein Gegenüber von Schöpfer und Schöpfung bestanden wird, ist die Ausgangsprämisse nicht eine Ganzheit, sondern eine Zweiheit. Eine solche Position lässt sich jedoch mit guten theologischen Gründen bestreiten. Es geht um das Gottesverständnis – nicht um Gott selbst, der verborgen bleibt. Göttliches als der Natur Inhärentes ist ein theologisch fruchtbarer, schlüssiger Ausgangspunkt. Ein solcher theologischer Ansatz der Transzendenz in der Immanenz kann physikalische Selbstorganisationskonzepte gelten lassen.

Im weiteren Verlauf seiner Darstellung nimmt das Buch Genesis an einer besonders prominenten Stelle erneut Bezug auf Licht. Nach der Sintflut stellt sich die Frage der nachhaltigen Existenz der Menschheit. Gott antwortet, und schließt einen Bund mit den Menschen, samt allen Lebewesen. Er besiegelt diesen Bund mit dem Zeichen des Regenbogens.

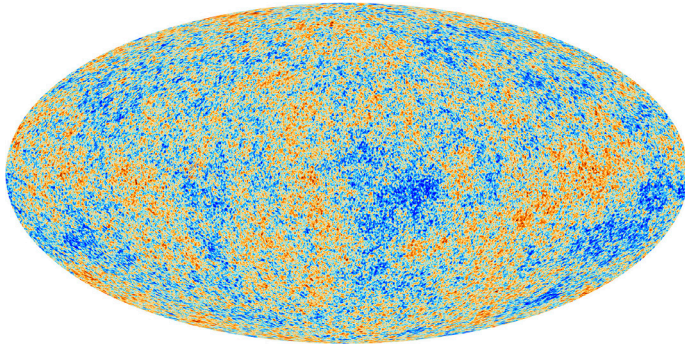
„Meinen Bogen stelle ich in die Wolken.

Der soll ein Zeichen des Bundes zwischen mir und der Erde sein.“

(Genesis 9,13)

Der Text offenbart eine elementare Qualität von Licht: Das weiße Licht der Sonne gibt seine Farbigkeit preis. Es wird an den Regentropfen gebrochen und dabei nach den Spektralfarben zerlegt. Zum Farbenkontinuum, das nach Wellenlängen geordnet ist, fügt die Physik die Polarisierung hinzu und postuliert, dass die Ruhemasse von Photonen Null ist. Farbe, Polarisierung und Ruhemasse Null reichen aus zur elementaren Charakterisierung von Licht. [1]

Seit 1964 hat die Physik ein konkretes Indiz über den Beginn der kosmologischen Evolution: die kosmische Hintergrundstrahlung [2]. Sie ist eine Wärmestrahlung, die 380.000 Jahre nach dem Urknall frei wird und seither das expandierende Universum füllt. Bis heute – das Universum ist inzwischen 13,8 Milliarden Jahre alt – hat sich bei der Expansion die Temperatur der Wärmestrahlung auf 2,7 K abgekühlt. Durch im Weltraum positionierte Mess-Teleskope werden feine Fluktuationen der Temperatur der Strahlung nachgewiesen. Die dazu gehörenden Energieverdichtungen sind „Keime“ für die Entwicklung von Materieverdichtungen bis hin zu Galaxien und Galaxienhaufen. Die bisher genauesten Messwerte zu den Temperaturfluktuationen lieferte das 2009 gestartete Planck-Weltraumteleskop der ESA. Die folgende (Falschfarben-) Darstellung bildet die Energiedichtefluktuationen (resp. Temperaturfluktuationen) der kosmischen Hintergrundstrahlung ab. Die Assoziation zu einer Art „Ultraschallaufnahme“ eines Baby-Universums liegt nahe. (In diesem Zusammenhang soll der Begriff Schall – wie auch der Begriff Urknall – nicht irreführen, denn im „leeren“ Raum fehlt ein Medium, in dem sich Schall fortpflanzen könnte.)



Energiedichtefluktuation der kosmischen Hintergrundstrahlung, nach Messwerten des Planck-Weltraumteleskops der European Space Agency (ESA). © ESA and the Planck Collaboration

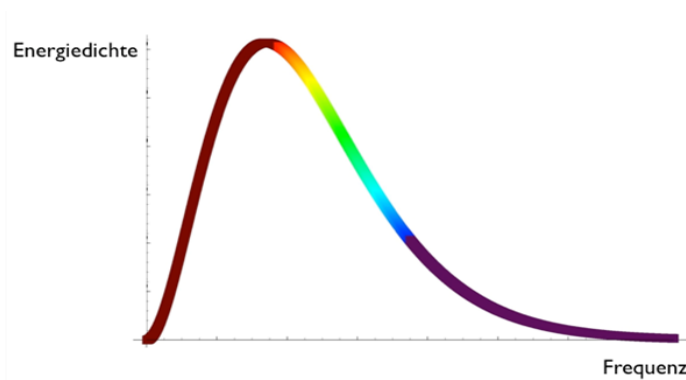
Mit Blick auf die weitere Evolution des Universum bis hin zur Biosphäre der Erde bringt der Astrophysiker Viatcheslav Mukhanov seine Schlussfolgerungen komprimiert auf den Punkt: “Wir alle entstanden aus Quantenfluktuationen.“[3]

2. Quantentheorie und Licht

Der Geburtstag der Quantentheorie ist der 7. Oktober 1900, ein Sonntag. Der Geburtsort Berlin. An diesem Tag informierte der Experimentalphysiker Heinrich Rubens seinen Kollegen Max Planck über die Stichhaltigkeit neuer Messergebnisse zur langwelligigen Infrarot-Strahlung an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin-Charlottenburg [4]. Das veranlasste Planck noch an diesem Sonntagabend zu einer Extrapolation zwischen dem damals bekannten Wienschen-Strahlungsgesetz und den neuen Messbefunden. Damit hatte er eine neue Strahlungsformel zur Frequenzabhängigkeit von Wärmestrahlung. Er publizierte sie am 19. Oktober [5]. Mit ergänzenden Messungen in der Nacht vom 19. auf den 20. Oktober konnte Rubens die neue Formel bestätigen.

Die Plancksche Strahlungsformel enthält die Quantenhypothese zur elektromagnetischen Strahlung: Es gibt eine kleinste Energieportion pro Schwingung, das Plancksche Wirkungsquantum h . Es hat den Wert $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js. Ein Lichtquant mit der Frequenz ν hat eine Energie $E = h\nu$.

Zu jeder Farbe gehört ein Frequenzwert. Die Frequenz ν hängt mit der Wellenlänge λ über die Lichtgeschwindigkeit c zusammen: $\lambda\nu = c$.



Energieverteilung der Wärmestrahlung © Eberhard Müller

Die hier dargestellte Planck-Verteilung gilt für die Strahlung der Sonne, die eine Oberflächentemperatur von 5800 K hat. Auch die kosmische Hintergrundstrahlung hat näherungsweise eine Planck-Verteilung, die entsprechend zur Temperatur 2,7 K gehört.

Mit Hilfe seiner speziellen Relativitätstheorie (1905) konnte Albert Einstein die Energie-Masse-Äquivalenz ableiten: $E = mc^2$. Nach dieser Formel hat Licht, das sich immer mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, eine Masse. Aus $E = h\nu$ und $E = mc^2$ folgt für die Masse eines sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegenden Lichtquants der Frequenz ν :

$$m = h\nu/c^2$$

Die spezielle Relativitätstheorie impliziert für das Photon eine Ruhemasse von Null:

$$m_0 = 0.$$

3. Quantenkorrelationen und ihre zentrale Rolle bei der Bose-Einstein-Kondensation

Das frappierendste Charakteristikum der Quantentheorie sind die Quantenkorrelationen. Sie folgen letztlich aus der Komplementarität von Wellenbild und Teilchenbild. Beide Bilder gelten für ein und dasselbe Quantenobjekt zugleich. Diese Komplementarität steckt in der Vertauschungsrelation zwischen Ortsoperator und Impulsoperator. Das erste Beispiel für solche Quantenkorrelationen ist wiederum das Licht, als Photonengas betrachtet. Für den Fall eines klassischen (relativistischen) Photonengases der Temperatur T müsste die mittlere Energie eines Photons im Gas $3kT$ betragen. Dabei ist k die von Planck so benannte Boltzmann-Konstante. Die mittlere Energie eines Photons im Quantengas, also im „richtigen“ Photonengas, beträgt $2,700 kT$, also 10% weniger. Dieser „fehlende“ Anteil von 10% wird gewissermaßen von den Quantenkorrelationen der Photonen „absorbiert“. Genau hier machen sich Quantenkorrelationen bemerkbar, bei jeder alltäglichen Wärmequelle. – Im Prinzip spielen Quantenkorrelationen bei jeder Quantenkonfiguration die wesentliche Rolle, spektakulär gerade auch bei den raffinierten Konfigurationen.

Die intensiven Größen (mittlere Dichten) eines idealen Planckschen Photonengases, auch „schwarze Strahlung“ bezeichnet, sind eindeutig durch die Angabe der Temperatur festgelegt. Die kosmische Hintergrundstrahlung ist angesichts ihrer makroskopischen Dichtefluktuationen, strenggenommen, kein ideales Plancksches Photonengas mehr. Lokal treten viele, zwar „sehr kleine“ Temperaturunterschiede auf, die aber schließlich relevant sind und die Evolution antreiben. Im idealen Planckschen Photonengas ist ein Phasenübergang nicht möglich – ein Phasenübergang, der zu einer Selbstorganisation und damit zu einer Evolution beitragen könnte.

Das Plancksche Photonengas ist ein kanonisches ideales Bosonengas mit unbestimmter Teilchenzahl. Bosonengas, weil es der Bose-Quantenstatistik gehorcht. Kanonisch, weil seine intensiven observablen Größen durch eine einzige freie Variable festgelegt werden. Mit unbestimmter Teilchenzahl, weil die Photonen an den Wänden des sie einschließenden Behälters – eines elektromagnetischen Resonators – ständig absorbiert und re-emit-

tiert werden. Die Mittelwerte der Observablen können kontrolliert werden. Planck nutzte bei seinen thermodynamischen Überlegungen häufig den gedanklichen Kunstgriff eines „schwarzen“ Kohlestäubchen, das Photonen perfekt absorbiert und re-emittiert.

Einstein betrachtet nun ein sogenanntes großkanonisches ideales Bosongas mit bestimmter Teilchenzahl [6]. Großkanonisch bedeutet, dass die Werte zweier intensiver Größen frei eingestellt werden können. Einstein nimmt ein ideales Quantengas mit massiven Bosonen, d. h. mit Teilchen von Null verschiedener Ruhemasse. Damit lässt sich die Teilchenzahl zählen und bestimmen. In einem idealen Gas gibt es keine Wechselwirkungen zwischen den Teilchen des Gases, d. h. es gibt keine elektrischen, magnetischen, oder gravitativen Wechselwirkungen oder solche, die daraus abgeleitet werden. Ohne Wechselwirkung ist ein thermodynamischer Phasenübergang nicht möglich. Doch paradoxerweise entdeckt Einstein im großkanonischen idealen Bosongas einen Phasenübergang. Er analysiert ein Gas mit einer Teilchenzahl n im Volumen V , das bei einer Temperatur T den Sättigungszustand erreicht und dabei sein thermodynamisches Gleichgewicht eingestellt hat. Einstein fragt sich:

„Was geschieht nun aber, wenn ich bei dieser Temperatur n/V , die Dichte der Substanz, noch mehr wachsen lasse? Ich behaupte, daß in diesem Falle eine mit der Gesamtdichte stets wachsende Zahl von Molekülen in den 1. Quantenzustand (Zustand ohne kinetische Energie) übergeht, während die übrigen Moleküle sich gemäß dem Parameter $\lambda = 1$ verteilen. Die Behauptung geht also dahin, daß etwas Ähnliches eintritt wie beim isothermen Komprimieren eines Dampfes über das Sättigungsvolumen. Es tritt eine Scheidung ein; ein Teil ‚kondensiert‘, der Rest bleibt ein ‚gesättigtes ideales Gas‘.“ [7]

Wassermoleküle bilden einen elektrischen Dipol. Damit gibt es zwischen H_2O -Molekülen eine elektrische Anziehungskraft. So können sie sich in Reihen zu flüssigem Wasser anordnen. Wird das Wasser erwärmt, wird die thermische Bewegung der Wassermolekülketten verstärkt. Übersteigt die Temperatur (bei Standarddruck) $100^\circ C$, zerreißen die Molekülketten, und es liegt Wasserdampf vor: Jetzt sind die einzelnen Wassermoleküle der

thermischen Bewegung unterworfen. Steigt die Temperatur in der Dampfphase weiter, nimmt die thermische Bewegung der einzelnen Wassermoleküle zu. Wird die Temperatur wieder gesenkt, bildet sich unter 100°C wieder flüssiges Wasser. Der Dampf kondensiert. Für den Übergang zwischen Dampfphase und flüssiger Phase bedarf es zweier Antagonisten: eine Anziehungskraft zwischen den Konstituenten des Gases, und die thermische Bewegung.

Im Quantengas der Temperatur T gibt es thermische Bewegung. Kommt es zu einer Kondensation, muss also eine Art Anziehungskraft vorhanden sein. Im idealen Gas sind aber „klassische“ Wechselwirkungen ausgeschlossen. Damit kommen im idealen Quantengas nur Quantenkorrelationen als Antagonist zur thermischen Bewegung in Frage.

Einsteins Prognose einer Kondensation im idealen großkanonischen Bosonengas massiver Teilchen wurde erst 70 Jahre später experimentell realisiert [8]. Die entscheidende Hürde war die Absenkung der Temperatur eines Bosonengases auf wenige Millionstel Grad über dem absoluten Nullpunkt. Damit wurde die thermische Bewegung so stark reduziert, dass die extrem feinen Quantenkorrelationen wirken konnten. Die Bose-Einstein-Kondensation wurde an ultrakalten Gasen aus Rubidiumatomen, Natriumatomen, Wasserstoffatomen, ... realisiert. Eine übersichtliche Erläuterung zur Bose-Einstein-Kondensation, mit Grafiken und visuellen Darstellungen der experimentellen Ergebnisse, findet sich beispielsweise auf der Homepage von Physik-Nobelpreisträger Wolfgang Ketterle, MIT, Boston [9].

4. Photonenkondensation

Photonen haben Ruhemasse 0, d. h. ein ruhendes Photon müsste die Masse 0, und damit auch die Energie 0 haben. Damit wäre es nicht vorhanden. Photonen sind kein materieller Stoff. Freie Photonen bewegen sich immer mit Lichtgeschwindigkeit. Das gilt auch für die Photonen der Wärmestrahlung in einem elektromagnetischen Resonator. Sie werden, wie in einem Spiegelkabinett, an den Wänden hin und her reflektiert, sie bilden stehende Wellen. Die Plancksche Strahlungsformel beschreibt ein Photonengas im kanonischen Wärmegleichgewicht. Eine Bose-Einstein-Kondensation im

kanonischen Wärmegleichgewicht ist nicht möglich, denn es gibt nur eine freie Variable. – Zu ihr gehört ein sogenannter „Lagrange-Multiplikator“, der mit der Temperatur identifiziert wird. Im großkanonischen Ensemble gibt es eine zweite, frei einstellbare Variable. Zusätzlich zur Temperatur wird jetzt ein zweiter Lagrange-Multiplikator eingeführt, das chemische Potential. Es charakterisiert die stoffliche Qualität der Gas-Konstituenten.

Bose-Einstein-Kondensation in einem idealen Quantengas setzt ein großkanonisches Ensemble mit mindestens zwei frei einstellbaren Variablen voraus. Ein großkanonisches Ensemble mit unbestimmter Teilchenzahl ist mathematisch und physikalisch plausibel und „handwerklich“ beherrschbar. Ein Photonengas als großkanonisches Ensemble zu qualifizieren, setzt allerdings eine experimentell realisierbare Abweichung vom Planckschen Wärmegleichgewicht voraus.

Eine solche Abweichung vom Planckschen Wärmegleichgewicht eines Photonengases in einem elektromagnetischen Resonator lässt sich durch einen Photonenstrom erzeugen, der ein stationäres Fließgleichgewicht annimmt. Ein Photonenstrom mit geeignetem Frequenzspektrum und einer passend eingestellten Leistung wird in den Resonator eingestrahlt. Gleichzeitig wird die Wandtemperatur des Resonators auf einen geeigneten Wert gebracht, ggf. durch aktive Kühlung. Damit lassen sich die mittlere Energiedichte des Photonengases und die Temperatur, die es annimmt, fixieren. Es liegt eine Art Photonenstau vor. Die Mittelwerte zweier unabhängiger Variable des Photonengases sind frei einstellbar. Die Voraussetzungen für ein großkanonisches ideales Bosonengas mit unbestimmter Teilchenzahl liegen vor.

Im folgenden erläutere ich ein subtiles mathematisches Detail, das für die Photonenkondensation entscheidend ist. Ein Photonengas in einem endlich großen Resonator hat einen tiefsten Energiezustand mit $E_1 > 0$. Für das chemische Potential (es sei zunächst mit μ^* bezeichnet) ist ein Wertebereich $\mu^* \leq E_1$ physikalisch plausibel. Doch empfiehlt es sich, aus formalen Gründen zu einem renormierten chemischen Potential μ überzugehen, das ausschließlich negative Werte annimmt und ggf. gegen den Grenzwert 0 strebt:

$$\mu = \mu^* - E_1 \leq 0$$

Die Energiedichte $u(T, \mu)$ eines dreidimensionalen großkanonischen Photonengases der Temperatur T mit einem renormierten chemischen Potential $\mu \leq 0$ in einem Volumen V ergibt sich wie folgt:

$$(*) \quad u(T, \mu) = V^{-1} E_1 / (\exp(-\mu/kT) - 1) + 3kT \times 16\pi (hc/kT)^{-3} g_4(\exp(-\mu/kT))$$

\exp ist die Exponentialfunktion. Der zweite Summand der rechten Seite der Gleichung sind die Beiträge der angeregten Zustände des Photonengases, die Idealisierung eines unendlich großen Volumens ist hier bereits vorweggenommen. Die Riemannsche Zetafunktion g_4 im zweiten Summanden der rechten Seite der Gleichung wird maximal, wenn das renormierte chemische Potential μ den Grenzwert Null annimmt. Die Zetafunktion g_4 nimmt dann den Wert $g_4(1)$ an, der sich numerisch explizit angeben lässt:

$$g_4(1) = \pi^4/90$$

Dieser zweite Summand, der mit $g_4(1)$ selbst maximal wird, ist die Energiedichte der schwarzen Strahlung, der Wärmestrahlung. Gleichzeitig wird er zur kritischen Größe für die Photonenkondensation:

$$u_{krit}(T, 0) = 3kT \times 16\pi (hc/kT)^{-3} g_4(1)$$

Wenn die Energiedichte des Photonengases, die sich auf einen Wert \underline{u} freistellen lässt, über den Wert $u_{krit}(T, 0)$ steigt, also

$$u(T, \mu) = \underline{u} > u_{krit}(T, 0),$$

dann haben Photonen, die den Überschuss über die kritische Energiedichte veranlassen, keinen Platz mehr in der Gasphase. Dann steht ihnen nur der erste Summand auf der rechten Seite der Gleichung (*) zur Verfügung, der die Besetzung des Grundzustands des Photonenresonators angibt. Eine Umformung des Nenners des ersten Summanden macht dies explizit. Wir entwickeln die Exponentialfunktion. Die höheren Potenzen von μ werden im Grenzübergang, auf den wir zugehen, keine Rolle spielen.

$$\begin{aligned} u(T, \mu) &= V^{-1} E_1 / (\exp(-\mu/kT) - 1) + u_{krit}(T, 0) \\ &= V^{-1} E_1 / (1 - (\mu/kT) + \dots - 1) + u_{krit}(T, 0) \\ &\approx -V^{-1} E_1 / (\mu/kT) + u_{krit}(T, 0) \end{aligned}$$

Die den kritischen Wert übersteigende Exzessenergie des Photonengases wird das Verhalten des chemischen Potentials μ bestimmen. Die Temperatur sei fest eingestellt.

$$\underline{u} - u_{\text{krit}}(T, 0) \approx -\mu^{-1} V^{-1} E_1 \times kT$$

Die Idealisierung eines Grenzübergangs zu einem unendlich großen Resonator soll sicherstellen, dass der Phasenübergang des Photonengases nicht von Merkmalen endlich großer, konkreter Resonatoren abhängt. Sei L eine typische Länge, die die Größe des Resonators charakterisiert (z. B. ein Durchmesser, oder eine Kantenlänge). Dann ist das Volumen proportional zu L^3 . Der Energiewert E_1 ist proportional zu L^{-1} . Beim mathematischen Limes $L \rightarrow \infty$ muss der Ausdruck $\mu^{-1} V^{-1} E_1$ den gewünschten endlich großen Wert annehmen. Damit strebt das chemische Potential μ derart gegen Null, wie $V^{-1} E_1$ gegen Null strebt:

$$\mu^{-1} V^{-1} E_1 = \text{konstant} \Rightarrow \mu \sim L^{-4}$$

Im Limes ist das chemische Potential eines überkritischen Photonengases Null. Die Energiedichte \underline{u} des überkritischen Photonengases setzt sich aus der Energiedichte $u_{\text{krit}}(T, 0)$ der Gasphase und der makroskopischen Besetzung u_1 des Grundzustands, der Kondensatphase, zusammen:

$$\underline{u} = u_1 + u_{\text{krit}}(T, 0).$$

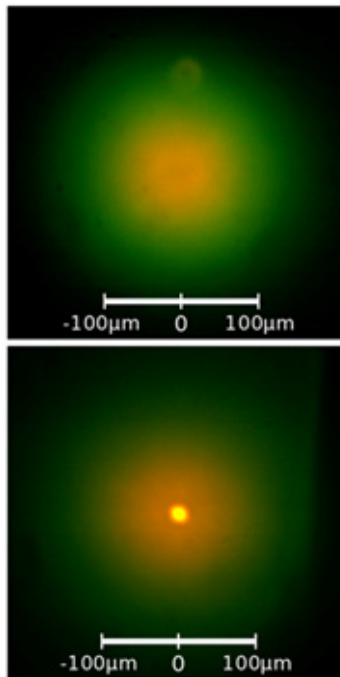
Das mathematisch Subtile am Unendlich-Volumen-Limes liegt am Unterschied zwischen gleichmäßiger Stetigkeit und punktwieser Stetigkeit der thermodynamischen Funktionen im kritischen Bereich. Für ein überkritisches Photonengas gilt die gleichmäßige Konvergenz des Unendlich-Volumen-Limes für die Energiedichtefunktion nicht. Dieser Fall wird in der einschlägigen Literatur übergangen. Zu einer vollständigen mathematischen Ableitung sei auf [10] hingewiesen. (Zu möglichen technischen Anwendungen der Photonenkondensation siehe [11, 12].)

Die vorstehende Ableitung erläutert den Beweis der Möglichkeit einer Bose-Einstein-Kondensation in einem großkanonischen Photonengas. Sobald die Energiedichte den kritischen Wert übersteigt, wird der Grundzustand des Resonators spontan besetzt. Das ist eine makroskopische Besetzung des Grundzustands, ähnlich wie beim Laser. Allerdings mit einem Unterschied: Beim Laser werden laseraktive Moleküle gepumpt. Der Grundzustand der Laserphotonen ist energetisch strikt positiv. Mit diesem Grundzustand korrespondiert ein strikt positives chemisches Potential, $\mu > 0$ [13]. Dagegen

ist bei der Bose-Einstein-Kondensation in einem idealen großkanonischen Photonengas das chemische Potential $\mu = 0$.

5. Das Photonenkondensat ist Materie

Der Forschungsgruppe um Martin Weitz am Physik-Institut der Universität Bonn ist 2010 eine Bose-Einstein-Kondensation von Photonen in einem optischen Mikroresonator gelungen [14, 15]. In ihrem Experiment ist das Photonenkondensat sichtbar. Die Echtfarbenphotografie dier wurde zuerst in [14] publiziert (siehe auch [16]).



Bose-Einstein-Kondensation von Photonen © Prof. Dr. Martin Weitz, Institut für angewandte Physik, Universität Bonn. Abdruck mit dessen freundlicher Genehmigung.

Das obere Bild zeigt das approximativ zweidimensionale Photonengas mit unterkritischer Photonenenergiedichte. Das untere Bild zeigt das System nach Überschreiten der kritischen Energiedichte-Schwelle. Der helle gelbe Fleck ist das Photonenkondensat. Die Farbe entspricht in diesem Experiment dem tiefsten erreichbaren Energiezustand des benutzten optischen Resonators.

Eine Bose-Einstein-Kondensation eines idealen großkanonischen Photonengases ist nicht nur in einem 3-dimensionalen Resonator möglich, sondern auch in einem 2-dimensionalen, was hier experimentell demonstriert wird. Die kritische Energiedichte ist dann die Energiedichte der schwarzen Strahlung eines 2-dimensionalen Resonators, die sich vom 3-dimensionalen Fall unterscheidet. Für ein nichtrelativistisches ideales Bosonengas ist eine Bose-Einstein-Kondensation in einem 2-dimensionalen Resonator ausgeschlossen. Im 3-dimensionalen Fall ist sie bekanntermaßen möglich. Siehe dazu [10].

Im Grundzustand eines Resonators ist die Amplitude der stehenden elektromagnetischen Welle im Zentrum am größten. Eine makroskopische Besetzung des Grundzustands verstärkt die Lokalisierung der elektromagnetischen Energie zum Zentrum hin. Die Photonenenergie im überkritischen Resonator verteilt sich um. Vorher war die ganze elektromagnetische Energie auf den gesamten Raum des Resonators verteilt. Mit dem Phasenübergang emergiert stationäre Energie in der Mitte des Resonators. Entsprechend der Einsteinschen Energie-Masse-Äquivalenz kommt ihr Masse zu. Da eine stationäre, in einem kleinen Teilbereich des Resonators lokalisierte Energie vorliegt, handelt es sich um eine Ruhemasse. Das ist das Kriterium für Materie.

Der stationäre lokalisierte Charakter des Photonenkondensats wird im Unendlich-Volumen-Limes vollends deutlich. In dieser Idealisierung wird von der Resonatorwand abstrahiert. Dann ist ausgeschlossen, das Kondensat in irgendeiner Weise als stehende Welle interpretieren zu können, die von mit Lichtgeschwindigkeit fliegenden hin- und her reflektierten Photonen ständig aufgebaut wird. Das mathematische Gegenstück zu diesem Argument ist die Tatsache, dass vor dem Limes das chemische Potential des Photonen-

gases ungleich Null ist, während es im Limes Null wird. Die Energie der „Photonen“ im Kondensat wird infinitesimal klein. Die Zahl der Photonen, die das Kondensat aufbauen, führen im Limes auf eine divergierende, unendlich große Photonenzahldichte [10]. Das ist in der Physik als Infrarotkatastrophe bekannt. Unendlich viele „Photonen“ mit infinitesimal kleiner Photonenenergie bilden eine endlich große Kondensatenergie. Streng genommen ist nach dem Limes das Photonenkonzept auf das Photonenkondensat nicht mehr anwendbar. Etwas qualitativ Neues, etwas Materielles ist entstanden. Aus Licht ist Materie entstanden.

6. Ausblick

Offen bleibt, ob alle Materie aus Photonenkondensation entsteht [17]. Dazu müsste gezeigt werden, dass Elektronen und Protonen durch Photonenkondensation entstehen. Das schließt die Frage ein, wie elektrische Ladung entsteht. Der Prozess der spontanen Erzeugung von Elektron-Positron- und Proton-Antiproton-Paaren durch Vakuumfluktuationen müsste zur Bearbeitung dieser Frage herangezogen werden. Die Fluktuationen der kosmischen Hintergrundstrahlung und die frühe, materiebildende Evolution des räumlich expandierenden Universums sind ein Indiz für die Hypothese, dass Photonenkondensation und damit Licht der Ursprung der Materie ist.

Eine bis heute ungeklärte Frage der Kosmologie ist die sogenannte dunkle, nicht sichtbare Materie. Sie komplettiert die Massenverteilung in Galaxien. Die sichtbare Materie allein kann die Dynamik einer Galaxie nicht erklären. Der Mechanismus der Photonenkondensation bietet hier eine weitergehende Hypothese an.

Eine Bose-Einstein-Kondensation ist grundsätzlich in jedem großkanonischen idealen Gas von Bosonen mit Ruhemasse Null möglich. Sie funktioniert für Nicht-Photonengase genauso wie bei der Photonenkondensation. Neben dem Fall der Photonen kommen Gravitonen in Frage. Sie sind die Quanten des Gravitationswellenfeldes. Gravitonen haben Ruhemasse 0 und Spin 2, letzteres im Unterschied zu den Photonen mit Spin 1. Eine Galaxie lässt sich nun zum einen als Photonenresonator für elektromagne-

tische Wellen mit Wellenlängen bis zu Tausenden von Lichtjahren vorstellen. Hypothetisch könnte dann die dunkle Materie ein Photonenkondensat sein [18]. Zum andern ließe sich eine Galaxie alternativ als Gravitonen-Resonator für Gravitationswellen mit Wellenlängen von ebenfalls bis zu Tausenden von Lichtjahren vorstellen. Hypothetisch wäre in diesem Fall ein Gravitonenkondensat die dunkle Materie. Diese zweite Hypothese ist auf einer kosmischen Ebene die plausiblere. Denn in kosmischen Dimensionen ist die Gravitation die dominante Größe.

Sollte sich die erste Hypothese bestätigen, dann gälte „vom Licht zur Materie“ auch für die dunkle Materie. Sollte sich die zweite Hypothese bestätigen, dann ginge der Weg vom Licht zur dunklen Materie über einen Umweg. - Die Nachricht vom Nachweis der Einsteinschen Gravitationswellen [19] erreichte mich unmittelbar vor Absenden des Manuskripts dieser Arbeit. Dies inspirierte mich, auch die Frage nach der dunklen Materie mit zu berücksichtigen.

Referenzen:

- [1] Eugene P. Wigner gelang eine mathematisch-physikalische Charakterisierung von Elementarteilchen durch eine Untersuchung der Symmetriegruppe der speziellen Relativitätstheorie: „On Unitary Representations of the Inhomogeneous Lorentz Group“. *Annals of Mathematics*, Volume 40, No. 1, p. 149 (1939). Teilchen mit Ruhemasse Null und Spin 1 (Helizität von zirkular polarisiertem Licht) werden mit Photonen assoziiert, die sich nur durch ihre Frequenzen (resp. Wellenlängen) unterscheiden.
- [2] Die kosmische Hintergrundstrahlung wurde 1964 durch Arno Penzias und Robert Woodrow Wilson zum ersten Mal nachgewiesen, als sie versuchten, bei der Entwicklung empfindlicher Erdsatelliten-Antennen das Hintergrundrauschen zu minimieren.
- [3] Anlässlich des Jubiläums 100 Jahre Allgemeine Relativitätstheorie schloss Prof. Dr. Viatcheslav Mukhanov im Max-von-Laue-Kolloquium der Humboldt-Universität zu Berlin am 29. Oktober 2015 seinen Vortrag „The Quantum Universe“ mit dem Satz: „We all originated from quantum fluctuations.“
- [4] Ich folge der Recherche von Abraham Pais: „Raffiniert ist der Herrgott ...“, Albert Einstein, eine wissenschaftliche Biographie. Vieweg, Braunschweig, 1986, S. 372–373.
- [5] Max Planck: „Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung“. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Diskussionsbemerkung, vorgetragen am 19. Oktober 1900, im Anschluss an Kurlbaums (Mitarbeiter von Rubens) Bericht über seine Messresultate im langwelligen

- Infrarotbereich. Zitiert und kommentiert in Max Jammer: „The Conceptual Development of Quantum Mechanics“. Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1966, S. 19.
- [6] Albert Einstein: “Quantentheorie des einatomigen idealen Gases”. Zweite Abhandlung, Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften I (1925), S. 3–14, Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse vom 8. Januar 1925.
- [7] $\lambda = 1$ bedeutet in Einsteins Bezeichnungsweise, dass das chemische Potential den maximalen Wert annimmt. (Die Einsteinsche Notation λ darf hier nicht mit einer Wellenlänge verwechselt werden. Ich habe sie aus Zitieretreue belassen.)
- [8] M. H. Anderson, J. R. Ensher, M. R. Matthews, C. E. Wiemann, E. A. Cornell: “Observation of Bose-Einstein condensation in a Dilute Atomic Vapor”. Science 269, S. 198–201, Juli 1995. National Institute of Standards and Technology (NIST), University of Boulder, Colorado.
- [9] http://cua.mit.edu/ketterle_group/ketterle.htm
- [10] Eberhard E. Müller: “Bose-Einstein Condensation in Dependence of the Mean Energy Density”. Annals of Physics 184 (1988), S. 219–230. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass im zitierten Paper die Entropiedichtefunktionen (27) und (40) nicht korrekt sind, was dort den Abschnitt 3 gegenstandslos macht. Diese Entropiedichtefunktionen spielen aber in der Arbeit hier keine Rolle. Zur Korrektur siehe [11], Abschnitt 5.
- [11] Eberhard E. Müller: “Theoretical and Experimental Status of Bose-Einstein Condensation of Photons”. Anales de Fisica, Monografias 1, Group Theoretical Methods in Physics, Proceedings of the XIX International Colloquium, Salamanca, Spain, 1992, M. A. del Olmo et al. (Eds.). Volume II, S. 475.
- [12] Eberhard Müller, US-Patent Nr. 4 809 292, “Method and Device to Transform Electromagnetic Waves”, 1988. Eberhard Müller, Europäisches Patent Nr. 1 114 424, “Vorrichtung und Verfahren zur kontrollierten Erzielung eines Photonenflusses zwischen Resonanzen eines elektromagnetischen Resonators”, 2004.
- [13] P. T. Landsberg: „Photons at non-zero chemical potential“, Journal of Physics C 14 (1981), L1025-L1027. Ekehard Schöll, Peter T. Landsberg: „Nonequilibrium kinetics of coupled photons and electrons in two-level systems of laser type“, Journal of the Optical Society of America 73 (1983), S. 1197.
- [14] J. Klaers, J. Schmitt, F. Vewinger, M. Weitz: “Bose-Einstein Condensation of Photons in an optical microcavity”, Nature 468 (2010), S. 545.
- [15] Christopher Schrader: “Ein Tropfen Licht. Bonner Physiker lassen Photonen kondensieren”. Süddeutsche Zeitung vom 25.11.2010, Seite “Wissen”. Heinz Horeis: “Ein Tropfen Licht”, bild der wissenschaft 6/2011, S. 36–41.
- [16] Jan Klaers, Julian Schmitt, Tobias Damm, David Dung, Frank Vewinger und Martin Weitz: “Bose-Einstein-Kondensation von Photonen in einem optischen Mikroresonator”. In “Raum und Materie”, Proceedings zum Symposium des Promotionsschwerpunkts “Wechselwirkungen” des Evangelischen Studienwerks (15.-18. Oktober 2012), Hg. Eberhard Müller, LIT Verlag, Berlin, 2015.

- [17] Peter T. Landsberg hat 1961 in seinem Buch „Thermodynamics“ vorgeschlagen, Materie könnte als Photonenkondensat aufgefasst werden (Interscience, New York, S. 211). Einen Beweis für die Hypothese hat er nicht vorgelegt und sie als „spekulativ“ bezeichnet. In seinem Buch „Thermodynamics and Statistical Mechanics“ (Oxford University Press, 1978) hat er sie nicht aufgenommen. Im Oktober 2000 zeigte er sich während seiner Teilnahme am Symposium „100 Years of Quantum Theory“ in Haus Villigst, Schwerte im Gespräch mit mir von der Photonenkondensation überzeugt und hält an seiner Hypothese fest.
- [18] Eberhard E. Müller: „Bose-Einstein-Kondensation von Photonen: Spielt sie eine vitale Rolle für das Verständnis von Leben?“ In „Elemente des Lebens. Naturwissenschaftliche Zugänge - Philosophische Positionen“, H.-P. Dürr et al. Herausgeber, Die Graue Edition, Zug/Schweiz, 2000, S. 355–370.
- [19] Nachricht zum Nachweis der Gravitationswellen: Deutschlandfunk, 11.02.2016, 16:45 h. Süddeutsche Zeitung, 12.02.2016, S. 2: Patrick Illinger: „Wenn Zeit und Raum zittern“.

Jan C. Schmidt

Materie ist nicht primitiv ...

Zur Naturphilosophie der Selbstorganisation: Systematische und historische Bemerkungen

Die große und grundlegende Frage nach dem, *was Natur denn sei*, stellt sich heute mehr denn je. Schließlich hat die Wissenschaftsentwicklung im 20. Jahrhundert zur Atomisierung des Naturwissens geführt – gewissermaßen als Schattenseite ihres eigenen Erfolgs. Wie die disziplinär-detaillierten Wissensfragmente zusammenhängen, wird immer unklarer. So erfährt Naturphilosophie seit einigen Jahrzehnten eine bemerkenswerte Revitalisierung. Sie tritt an, vorsichtige Synthesen zu ermöglichen und ein Ganzes der Natur wiederzugewinnen. Derartige Synthesen können freilich keine umfassenden Systeme mehr sein; sie sind vorläufiger als die großsystemaren Antworten der klassischen Metaphysik, auch wenn sie durchaus Metaphysisches im Sinn haben. Kurzum, Naturphilosophie schließt, recht verstanden, fragend auf, nicht final ab.

Auf der Suche nach einem zeitgemäßen Angebot der exakten Naturwissenschaften für eine aktuelle, gesprächsfähige Naturphilosophie, die synthetisch auf eine derartige revidierbare Metaphysik der Natur zielt, bietet sich das disziplinübergreifende Konzept der *Selbstorganisation* an. Natur gilt hier als Natur, insofern sie zur Selbstorganisation fähig ist; Selbstorganisation bildet einen Schlüsselbegriff für ein naturphilosophisch reflektiertes Naturverständnis (Krohn/Küpper 1992; Schmidt 2015). Ein solches Naturverständnis bezieht sich, über das Biologische hinaus, auf allgemeine Evolutions- und Entwicklungsprozesse, also: auf die Entstehung von *Neuem*, von neuen Produkten und Prozessen, von neuen Strukturen und Ordnungen. Der Gießener Philosoph und Physiker Bernulf Kanitscheider (1993) spricht von einem Übergang „von der mechanistischen Welt zum kreativen Universum“. So deutet sich ein *nachmodernes* Natur- und Wissenschaftsverständnis an, welches das moderne ergänzt und erweitert (Schmidt 2008).

Von *Selbstorganisation* wird nun allenthalben gesprochen, vielfach zu Recht. Was indes unter diesem disziplinübergreifenden Brücken- und

Schlüsselbegriff verstanden werden kann, ist zunächst unklar. Eine naturphilosophische Klärung, wie sie im Folgenden versucht werden soll, wird neben einer analytischen Durchdringung der Selbstorganisationskonzepte und einer Begriffserklärung auch zu zeigen haben, dass Selbstorganisation zwar in den exakten Naturwissenschaften ein Novum darstellen mag. Jedoch sind Begriff sowie grundlegende Ideen von Selbstorganisation älter. Kant und Schelling sprachen bereits von „sich selbst organisierenden Wesen“. Schelling zeichnete gar ein Bild von Natur, in dessen ontologischem Kern sich ein Potenzial der „Produktivität“ findet, nämlich ein solches, das Selbstorganisation ermöglicht. „Alles, was in der Natur *ist*, muß angesehen werden als ein *Gewordenes*. *Keine Materie der Natur ist primitiv*, denn es existiert eine unendliche Mannichfaltigkeit ursprünglicher Actionen, wie diese entsteht, wird eben das letzte Problem der Naturphilosophie seyn.“ (Schelling 2001, 93)

Heutige Selbstorganisationstheorien nehmen dieses „letzte Problem der Naturphilosophie“, von dem Schelling spricht, in aller Vorsicht auf. So zeigt sich, recht besehen, trotz aller Brüche, die die Naturphilosophie im 19. Jahrhundert durchlief, eine erstaunliche Kontinuität naturphilosophischen Denkens. Das macht durchaus neugierig und lässt zunächst fragen, was denn gemeint ist, wenn von *Selbstorganisation* die Rede ist. Sodann könnte ein Blick auf Kant und Schelling zeigen, dass deren komplementäre Sichtweisen angesichts der Fortschritte der exakten Naturwissenschaften eine überraschende Aktualität aufweisen.

I.

Instabilität als Quelle

Die für *Selbstorganisation* als beispielhaft angesehenen Phänomene liegen in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und Teildisziplinen: Laser, hydrodynamische Turbulenzen, Fluidphysik, thermodynamisch-dissipative Strukturbildung, enzymkinetische Reaktionen, mechanische und elektrische Schwingungen; aber auch biologische Populationsdynamiken, neuronale Musterbildung, Zebamustergenerierung, Kaufhauswarteschlangendynamik, Staumusterdynamik auf Autobahnen und vieles mehr.

So kann es kaum verwundern, dass verschiedene Selbstorganisationstheorien koexistieren. Prominent sind die Synergetik, die nichtlineare Thermodynamik fern des Gleichgewichts, die fraktale Geometrie, die Chaostheorie, die Katastrophentheorie, die Autopoiesistheorie, die Theorie des Hyperzyklus, die Kybernetik sowie diverse Komplexitätstheorien. Es gibt folglich nicht *die* eine Selbstorganisationstheorie, nicht *das* eine zentrale Phänomen und *den* einen paradigmatischen Gegenstand dieser Theorie. Und doch ist es lohnenswert nachzufragen: Was ist das Verbindende, das es rechtfertigen könnte, den Kollektivsingular *Selbstorganisation* zu verwenden?

Selbstorganisation gehört zunächst einmal in den Horizont von Natur – und in das Zentrum von Naturgesetzen. Sie basiert auf einem gesetzeshaften, also einem nomologischen Kern: Konstitutiv, so die hier vertretene These, sind Instabilitäten. Selbstorganisation wird, so die Physiker Werner Ebeling und Rainer Feistel (1994, 46), „durch eine Instabilität der ‚alten‘ Struktur gegenüber kleinen Schwankungen eingeleitet“. „Aus diesem Grunde ist das Studium der [...] Instabilitäten von hohem Interesse.“ Der Wissenschaftsphilosoph Klaus Mainzer (1988, 573) stellt heraus, dass „neue Formen der Natur [...] durch Symmetriebrechungen [entstehen]. Systemzustände erreichen aufgrund veränderter Nebenbedingungen kritische Werte und werden instabil.“ Auch die Brüsseler Schule um Ilya Prigogine versteht „Instabilitäten“ als „eine notwendige Bedingung der Selbstorganisation“ (Nicolis/Prigogine 1977, 3).

Nur dort, wo Instabilitäten präsent sind, kann sich etwas ereignen (Schmidt 2008). Hier stehen die Dinge auf des Messers Schneide: Kippunkte, Kritizitäten, Bifurkationen, Strukturbrüche, Phasenübergänge. Eine chemische Oszillation setzt ein, eine mechanische Ratterschwingung, eine Strudelbildung im Flusswasser. Eine Flüssigkeit wird viskos, ein Festkörper wird supraleitend, ein Phasenübergang zum Gasförmigen findet statt, kohärentes Laserlicht bildet sich, ein Wasserhahn beginnt zu tropfen, eine Glühbirne erlischt, eine Brücke bricht, ein Keramikgefäß reißt, ein Erdbeben tritt auf, eine Strömung reißt ab, eine Turbulenz setzt ein. Eine thermische Konduktion kommt zum Erliegen und eine Konvektion setzt ein. Muster bilden sich, Strukturen entstehen, Prozesse setzen ein. In all diesen Fällen wird eine Schwelle überschritten, eine Grenze passiert. Instabilität ist *die* not-

wendige Bedingung für die Entstehung des Neuen, von neuen Eigenschaften, Funktionalitäten, Strukturen. Entstehung und Entwicklung – von der physikalischen über die biologische bis hin zur sozialen und Bewusstseins-Evolution – bedarf der Durch- und Übergänge durch instabile Situationen. In ihnen wurzeln, wie man vielleicht anthropomorphisierend sagen könnte, Variabilität, Flexibilität und Adaptivität. Wenn dies zudem noch positiv bewertet wird, insofern *und* weil ein neuer Ordnungszustand entsteht, wird von „Kreativität“ oder „Produktivität“ gesprochen (Kanitscheider 1993, Mainzer 2007).

Neuartigkeit, Zeitlichkeit, Internalität

Die Quelle von Selbstorganisation liegt also in Instabilitäten: Diese bilden den inhaltlichen Kern des Begriffs – mit anderen, nämlich kantischen Worten: die Bedingung der Möglichkeit von Selbstorganisation. Dieses (zentrale, vor allen anderen liegende) Kennzeichen von *Selbstorganisation* ist zunächst recht allgemein gehalten. Schaut man genauer hin, so zeigt sich, dass mit *Selbstorganisation* immer Phänomene der Ordnungsentstehung und Strukturbildung angesprochen sind. Bei dem Begriff *Ordnungs-Entstehung* kann nun der Schwerpunkt mal auf *Ordnung*, mal auf *Entstehung* gelegt werden. Gleiches gilt für den verwandten Begriff der *Struktur-Bildung*. So finden sich auch, je nach Schwerpunktsetzung, in den heutigen Selbstorganisationstheorien zwei verwandte Zugänge. Der eine zielt auf die Charakterisierung des Neuen, von neuer Ordnung, neuen Mustern und neuen Strukturen. Es handelt sich um Ordnungs- und Strukturtheorien des Neuen und Neuartigen. Der andere Zugang versteht Selbstorganisation primär prozess- und zeittheoretisch und zielt auf die Untersuchung von Entwicklungen. Die Gegenstände dieser Prozess- und Zeittheorien sind Phänomene *in der Zeit*, Vorgänge des Werdens.

Diese beiden komplementären Zugänge – einerseits Ordnungs-, andererseits Prozessfokus – finden sich in der *Synergetik* des Physikers Hermann Haken einerseits und der *nichtlinearen Thermodynamik fern vom Gleichgewicht mit der dissipativen Strukturbildung* des Chemienobelpreisträgers Ilya Prigogine andererseits. Beide wurden in den späten 1960er und frü-

hen 1970er Jahren entwickelt;¹ das war eine ereignisreiche Zeit, in der einige weitere Selbstorganisationstheorien vorgelegt wurden.² Während für Prigogine offene energiegepumpte, also dissipative Systeme, etwa chemische Reaktionen, für Selbstorganisationsprozesse beispielhaft sind, bezieht sich Haken auf die Physik des Lasers und die dortigen Phasenübergänge mit der spontan-neuartigen Ausbildung von kohärentem Laserlicht. Prigogines dissipative Strukturbildung zielt auf eine Objektivierung von Zeitlichkeit, kurz: auf eine „Physik des Werdens“ (Prigogine 1992, 91 f./117). Haken konzipiert seine Synergetik als „Lehre vom Zusammenwirken“ (Haken 1995) und verfolgt das Ziel einer Erklärung neuartiger makroskopischer Ordnungsbildung durch mikroskopische Fluktuationen instabiler Systeme. Prigogine akzentuiert den Übergang vom „Sein zum Werden“, Haken den von „Unordnung zu Ordnung“.

So kann man zunächst sagen, dass das *erste* unumstrittene *Kennzeichen* von *Selbstorganisation* in der Entstehung von Neuem oder Anderem liegt, etwa von neuartigen Qualitäten, Ordnungen oder Strukturen, wie aus ordnungs- und strukturtheoretische Perspektive gezeigt. Damit mag der Begriff der Selbstorganisation zunächst dem der Emergenz nahe stehen. Doch Emergenz hebt einschränkend die plötzliche, spontane Entstehung von Neuem hervor:³ Emergenztheorien sind instantane Ordnungstheorien. Die Entwicklung und der Prozess der Hervorbringung und Erzeugung von Neuem liegt weniger in ihrem Fokus. Selbstorganisation hingegen ist

-
- 1 Doch schon einige Jahrzehnte zuvor hatten der Biologe von Bertalanffy (1928; 1940) im Rahmen seiner *Theorie der Formbildung* sowie der Mathematiker Wiener (1948/1968) in seiner *Kybernetik* Selbstorganisationstheorien der Sache nach entworfen, zunächst ohne den Begriff zu verwenden. Eine erste umfassende Grundlegung der Selbstorganisationstheorien findet sich dann bei dem Biophysiker von Foerster (1960) in *Self-Organizing Systems*.
 - 2 Neben Prigogine und Haken haben andere, etwa Eigen und Schuster, Maturana und Varela oder auch Holling, zeitgleich Selbstorganisationstheorien entwickelt. Ende der 1960er Jahre begann etwa der Nobelpreisträger Eigen Prozesse der molekularen Selbstorganisation zu untersuchen. Er beschrieb den präbiotischen Ausleseprozess durch physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten und entwickelte gemeinsam mit Schuster das Modell des autokatalytischen Hyperzyklus. – In den 1970er Jahren untersuchten Maturana und Varela die Organisationsprinzipien von Lebewesen und beschrieben diese als autopoietische Systeme durch natürliches Driften. Für die Ökologie hat Holling den Begriff der Stabilität sowie, weiterführend, den von Selbstorganisation präzisiert.
 - 3 Zu Emergenztheorien siehe Beckermann et al. (1992), Stephan (2007) und Schmidt (2010).

in einem über Emergenz hinaus gehenden, erweiterten Rahmen zu verstehen. Emergenz stellt somit eine allzu eingeschränkte Perspektive dar. Besonders deutlich wird dies bei Konrad Lorenz, dem Verhaltensbiologen, der eine Zuspitzung des Emergenzbegriffs vornimmt. Anstatt von Emergenz wollte Lorenz (1973, 46) sogar lieber von *Fulguration* sprechen, dem blitzartigen Auftauchen und plötzlichen Hervortreten des Neuen. Hiermit war für Lorenz der Kern des Emergenzbegriffs gekennzeichnet. Doch das Dynamische – sowohl der Prozess zum Neuen als auch die mögliche Prozessualität des Neuen – gerät bei dieser Verständnisweise schnell aus dem Blick. Aber gerade die Prozessdynamik zur und in der Strukturentstehung stellt, wie dargelegt, ein *zweites* zentrale *Kennzeichen* von *Selbstorganisation* dar, das als prozess- und zeittheoretisch zu charakterisieren ist. – Gegen den Emergenz- oder Fulgurationsbegriff spricht ferner, dass nicht spezifiziert ist, ob es sich um *Fremdemergen* oder *Selbstemergen* handelt. Eine Pointe des Selbstorganisationsbegriffs liegt ja gerade in der Systeminternalität, nämlich darin, wie sich Strukturen und Ordnung *im System* von *selbst, ohne äußere Vorgaben und äußere Ordner bilden* (Haken 1995, 19). Wo von *Selbstorganisation* die Rede ist, findet sich also eine Eigendynamik, ein Entzug externer Vorgaben. Dieses *dritte Kennzeichen* von *Selbstorganisation* bezieht sich auf die Immanenz und Autonomie der Phänomene. Es kann als internalitätstheoretisch bezeichnet werden kann.

Emergenz ist somit eine allzu eingeschränkte Variante von Selbstorganisation, die lediglich das Neue in den Mittelpunkt stellt. Um von *Neuartigkeit* zu einem gehaltvollen Selbstorganisationsbegriff zu gelangen, sind *Prozessualität* (*Zeitlichkeit*) sowie *Internalität* zu berücksichtigen. Diese drei Kennzeichen zusammen zeigen sich insbesondere im Wechselspiel zwischen Mikro- und Makroebene. Wer von *Selbstorganisation* spricht, ist angehalten, sowohl die grundlegenden Mikroelemente als auch die neuartigen Makroqualitäten zu benennen: Das *Neue* entsteht als Makroeigenschaft im *Prozess* aus den Mikroelementen *von selbst* heraus. Damit umfasst der Selbstorganisationsbegriff sowohl den produzierend-produktiven Prozess als auch das produzierte Produkt. Eine Nähe zur berühmten Formulierung der schaffenden sowie der geschaffenen Natur ist offensichtlich.⁴

4 Man könnte nun geneigt sein, diese drei Kennzeichen von *Selbstorganisation*, insbesondere die des Neuen, nicht basal, sondern lediglich begrifflich verstehen zu wollen. So könnte

Typen des Neuen

Zuzugestehen ist, dass das, was als das *Neue* im Rahmen des ordnungstheoretischen Fokus auf Selbstorganisation bezeichnet werden kann, vielfältig und vielgestaltig ist. Das Neue kann gefasst werden als (I) eine Eigenschaft oder eine Funktionalität, (II) eine Dynamik oder eine Struktur, (III) eine Entität oder Einheit oder sogar (IV) eine vollständig neue Qualität, wie z. B. Geistiges, Subjektivität oder Bewusstsein.

In einer schwachen Lesart wird unter Selbstorganisation zunächst die Entstehung einer neuen Eigenschaft oder Funktionalität verstanden (ad I). Es kann von *systemischer Eigenschaftsselbstorganisation* gesprochen werden. Die systemische Eigenschaft auf der Makroebene liegt in keiner Entität der Mikroebene vor; sie ist dennoch vollständig durch die Mikroebene bestimmt. In der Neurophilosophie ist diese These unter dem Stichwort der synchronen Determiniertheit bekannt. Demnach kann es keine Differenzen in der systemischen Eigenschaft geben, ohne dass es gleichzeitig Differenzen in den Eigenschaften der Mikroentitäten oder in deren Zusammenstellung gibt; die Umkehrung gilt freilich nicht (Stephan 2007, 16; Schmidt 2010). Wasser weist die systemischen Eigenschaften der Lösbarkeit auf, die weder Sauerstoff noch Wasserstoff allein zukommt. Ein elektrischer Schwingkreis besitzt die Schwingungseigenschaft, welche weder in einer elektrischen Induktivität noch in einem Kondensator allein vorhanden war. Man wird hier von einem schwachen Selbstorganisationsbegriff sprechen müssen. Dass systemische Eigenschaften notwendig für ein gehaltvolles Verständnis von *Selbstorganisation* sind, scheint plausibel zu sein; ob sie hinreichend sind, bleibt eine offene Frage.

man sich bescheiden geben und Selbstorganisation nicht in der Natur verorten, sondern lediglich im Wissen und Handeln des Menschen. Sodann wäre das Neue eine Zuweisung, gefasst als Konvention, Konstitution oder Konstruktion. Derartige philosophische Positionen sind gängig und durchaus plausibel. Doch im Extrem erschiene das Neue nur noch als das derzeit Neue: Wird das Neue erkannt, wäre es verbannt. Selbstorganisationstheoretiker wie Prigogine und Haken halten das für unangemessen. Für sie steht im Sinne eines *minimalen Realismus* fest: Es gibt Neues unter der Sonne, wie man in Anlehnung an den Prediger Salomo im Alten Testament herausstellen kann – unabhängig davon, ob und wie wir dieses als *Neues* erkennen und anerkennen. Prigogine und Haken beziehen sich nicht nur auf unser Wissen und unser Erkenntnishandeln, sondern auf grundlegendere Ebenen der Natur: Prigogine auf eine Prozessontologie, Haken auf eine Einheitsontologie: Mit dem ontologisch *Neuen* erscheint Natur in einem kreativen, produktiven und konstruktiven Licht.

Entsteht eine neue Dynamik oder Struktur (ad II), so liegt ein anspruchsvollerer Selbstorganisationsbegriff vor, nämlich der der *Strukturselbstorganisation*. Die Strukturselbstorganisation ist ein guter Kandidat für einen ersten gehaltvollen Begriff von Selbstorganisation. Leitend ist hier ein physikalisches Paradigma unterschiedlicher Selbstorganisationstheorien: die Bénard-Konvektion. Sowohl Prigogines dissipative Strukturbildung als auch Hakens Synergetik haben die Konvektionszelle vor Augen. Wird ein Parameterwert, etwa eine bestimmte Plattentemperatur, überschritten, geht die Konduktion in eine Konvektion über. Eine qualitativ andere Dynamik, verbunden mit einer anderen Struktur, setzt ein. Es entsteht ein Prozess der Rollenbildung des konvektiven Wärmeaustausches. Gleichzeitig liegt aber auch ein *Prozess zur Prozessentstehung* vor, nämlich die Entwicklung und Herausbildung des Rollenprozesses, der sich in makroskopischen Formen und Mustern zeigt. Die Richtung der Rollenbewegung jeder Konvektionszelle entwickelt sich *im* Prozess selbst und ist abhängig von der globalen Ordnung. Die drei Bedingungen – Neuartigkeit, Prozessualität, Internalität – sind erfüllt.

Noch spezifischer ist die *Entitätenselbstorganisation* (ad III). Beispielhaft mag die Kosmologie sein mit der Herausbildung von Planeten, Sonnen, Sonnensystemen, Galaxien, Milchstraßen oder Schwarzen Löchern. Die neuen Entitäten sind selbst das dynamische Produkt eines Prozesses. Abermals wird hier deutlich, dass der Begriff der Emergenz irreführend wäre, weil mit ihm eine allzu abrupte, plötzliche, singuläre Konnotation einhergeht. Planetenbildung ist ein Prozess, durch den in der Zeit allmählich Neues entsteht: Entstehung und Endprodukt sind nicht abtrennbar. Sie sind komplementäre, sich ergänzende Aspekte. Das, was in der Kosmologie vonstatten geht, findet sich auch auf der Ebene der lebensweltlich zugänglichen Natur vielfach wieder. Beispielhaft sind biologische Wachstumsprozesse.

Weitergehend mag die *Bewusstseinselbstorganisation* sein (ad IV). Aus neuronaler Mikroebene heraus tritt eine kategorial neue Makroqualität hervor: Geistiges, Subjektivität, Bewusstsein. Die Bewusstseinselbstorganisation steht im Horizont der Gehirn-Geist- oder Leib-Seele-Problematik. Sie weist über die Entitätenselbstorganisation hinaus und hat offenbar einen anderen kategorialen Status. Allerdings ist umstritten, ob damit ein

grundsätzlich anderer Typ von Selbstorganisation gemeint sein kann. Denn auch der Bewusstseinselbstorganisation liegt im Kern eine Struktur- oder eine Entitätenselbstorganisation zugrunde. Im neurophysiologischen System Gehirn findet eine Strukturbildung im offenen Informations- und Energie-Austausch mit der Umwelt statt. Es entstehen zwar keine materiellen Planeten, aber ganz spezifische dynamische Strukturen, die durchaus als Entitäten bezeichnet werden können: die neurophysiologischen Korrelate von Bewusstsein, wie es die Neurowissenschaften nennen.⁵

Irreduzibilität, Nichtprognostizierbarkeit, Nichtkontrollierbarkeit

Wurde bisher dargelegt, dass im Rahmen von Selbstorganisationstheorien die exakten Naturwissenschaften ihren Fokus und Horizont erweitern, so ist das nur *eine* Seite der Medaille. Eine *andere* Seite markiert Grenzen und Begrenzungen des naturwissenschaftlichen Naturzugangs. Sie betreffen unser Erklären, Berechnen und Handeln. Neben die bislang diskutierten Kennzeichen von Selbstorganisation – *Instabilität* sowie *Neuartigkeit*, *Prozessualität* und *Internalität* – treten drei weitere Charakteristika.

Von Selbstorganisationstheoretikern wird nicht selten auf eine *Irreduzibilität* der Phänomene verwiesen. Damit ist ein *viertes Kennzeichen* benannt. Selbstorganisationsphänomene können, so heißt es, nicht so leicht in den Rahmen des erklärungsstheoretisch-reduktiven Programms der etablierten mathematischen Naturwissenschaften eingefügt werden. Selbst wenn man einen weniger anspruchsvollen Erklärungs-begriff verwendet, etwa den der Eliminierung von Redundanzen in Beschreibungen, treten in einer dynamisch und strukturell instabilen Natur Grenzen der Erklärbarkeit auf. Dass etwa eine kompaktere Darstellung für gegebene Ereignisse, die durch instabile Prozesse generiert werden, nicht gefunden werden kann, zeigt die

5 Hier ist die verwandte Diskussion um Supervenienz beheimatet (Beckermann et al. 1992). Zentrale These der Supervenienztheorien ist, dass emergente Eigenschaften als Makroqualitäten über die Mikroebene hinausgehen und auf der Makroebene etwas Eigenes darstellen. Spezieller wurde die Supervenienzthese zugespitzt dahingehend, dass „es keine zwei Ereignisse geben kann, die in allen physikalischen Hinsichten [auf der Mikroebene] gleich, aber in einer geistigen Hinsicht [auf der Makroebene] verschieden sind, oder dass sich kein Gegenstand in einer geistigen Hinsicht verändern kann, ohne sich auch in einer physikalischen Hinsicht zu ändern.“ (Davidson 1990, 301)

algorithmische Informations- und Komplexitätstheorie. Wenn hingegen Regelmäßigkeiten in einer Zahlenfolge vorliegen, wie in stabilen Systemen, sind Informationen redundant. Eine abkürzende Darstellung ist möglich. Unter dem Stichwort *erklärungstheoretische Irreduzibilität* ist angedeutet, dass sich für Selbstorganisationsprozesse vielfach keine abkürzende Darstellung finden lässt.

Als weiteres, *fünftes Kennzeichen* wird mitunter eine *Nichtprognostizierbarkeit* von Selbstorganisationsphänomenen genannt. Selbst wenn die Gesetzmäßigkeit bekannt wäre, könnte – da sie nichtlinear ist und instabile Lösungen zur Folge haben kann – keine analytische Berechnung der Lösung vorgenommen werden. Vielfach ist auch eine numerische Lösungsberechnung effektiv unmöglich. Damit ist die Prognostizierbarkeit erschwert. Hieran anschließend wird in der Diskussion um Selbstorganisation von Eigen-dynamik oder gar von Autonomie gesprochen.

In vielen Fällen ist die Nichtprognostizierbarkeit verbunden mit einer technischen *Nichtkontrollierbarkeit und Nichtherstellbarkeit*, was als *sechstes Kennzeichen* angesprochen werden könnte. Erzeugt man ein technisches Artefakt, das selbstorganisationsfähig ist, so zielt man auf Nutzung der Selbstorganisationspotenziale zur Produktion gewünschter Substanzen. Positiv gesagt: Selbstorganisationsprozesse werden dort technisch (zur *Selbsterstellung*) implementiert, wo eine Nichtherstellbarkeit vorliegt. Doch Selbsterstellung und Nichtkontrollierbarkeit sind zwei Seiten einer Medaille. Werden Selbstorganisationsprozesse im gesetzeshaften Kern von Artefakten *als* Technik eingebaut, werden diese im Kern unbestimmt und unkontrollierbar. Ob das dann noch als *Technik* aufgefasst werden kann und wie sich das Technikverständnis verändert, wäre klärungsbedürftig. Die technologische Entwicklung zielt offenbar in diese Richtung. Im Umfeld von Nanobiotechnologie und Synthetischer Biologie deutet sich an, dass Selbstorganisationsprozesse – obwohl und weil sie dem handelnden Menschen im Detail entzogen sind – zu einer eigenaktiven Produktion angeregt werden können. Eine möglicherweise ambivalent zu bewertende *untechnische Technik* mit herausfordernden Kontrollproblemen könnte entstehen. Diese technischen wie gesellschaftlichen Herausforderungen sind bislang kaum wissenschafts- und technikphilosophisch rezipiert und reflektiert.

II.

So kann man sagen, dass *Selbstorganisation* heutzutage zunächst durch vier Kennzeichen charakterisierbar ist, die die Natur in ihrem Seinskern betreffen, also *ontologisch* sind: Instabilität als notwendige Bedingung und sodann Neuartigkeit, Prozessualität/Zeitlichkeit und Internalität. Doch mit der Erweiterung des Naturzugangs der exakten Naturwissenschaften zeigen sich gleichzeitig drei weitere Kennzeichen, womit Begrenzungen verbunden sind: Irreduzibilität, Nichtprognostizierbarkeit sowie Nichtreproduzierbarkeit. Diese betreffen die Möglichkeit des wissenschaftlichen Wissens, die Methoden und das Handeln, sind also nicht ontologisch, sondern *epistemologisch* und *methodologisch*.

Offenbar sind Selbstorganisationsphänomene zweischneidig. Einerseits zeigt sich an ihnen, dass sich exakte Naturwissenschaften entwickeln und erweitern, indem sie das Neue explizit in den Blick nehmen, andererseits werden Grenzen von Naturwissenschaften deutlich. Die Zweischneidigkeit hat ihre Geschichte, die sich schon im Spannungsverhältnis zwischen Kant und Schelling findet. Kant weist eher die Begrenzungen aus, während Schelling durchaus eine perspektivenreiche, ja spekulative Erweiterung im Blick hatte. Sie prägten darüber hinaus den Begriff des „sich selbst organisierenden Wesens“. Sie können als begriffliche Ahnen unseres heutigen Selbstorganisationsbegriffs angesehen werden.

Begrenzung: Kant und das sich selbst organisierende Wesen

Die Reichweite der Newton'schen klassischen Physik im Bereich der Selbststrukturierung des Planetensystems auszuloten, war Ziel des vorkritischen Immanuel Kant in der Mitte des 18. Jahrhunderts. Er ging im Jahre 1755 als einer der Ersten im physikalischen Rahmen von einer Geschichte des Kosmos aus, argumentierte für eine *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* und sah Ordnungsentstehung und Stabilität als erklärungsbedürftig an (Kant 2005). Newtons Theorie stand vor einem Gravitationsproblem: Wenn es einen Mittelpunkt im Universum geben sollte, dann müsste dorthin alle Materie durch die Gravitationskraft angezogen werden. Der Kosmos würde in sich zusammenstürzen. Über Newton hinausgehend stat-

tete Kant die Materie nicht nur mit der gravitativen Attraktionskraft aus, sondern auch mit einer von ihm spekulativ postulierten Repulsionskraft. Kant sprach von „Zurückstoßung“ (ebd., 9). Er vertrat hierauf aufbauend die so genannte *Nebularhypothese*, die einen Selbstorganisationsprozess zwingend macht: Aus einem rotierenden, weitgehend homogenen Urnebel – bestehend aus Gas- und Staubteilchen – seien durch Stoß, Gravitation und Repulsion lokale Materiehaufen entstanden, aus denen sich Sterne und Planeten bildeten. Die Selbstordnung des Universums stellte einen Prozess des Sich-Selbst-Organisierens dar.⁶ Sie bedürfe keiner übernatürlichen Erklärung. Diese weit in die Zukunft greifenden Ansätze Kants sind in der modernen Kosmologie zu einer Standardposition geworden. Jenseits der Kosmologie, in anderen Feldern der Natur und über 30 Jahre später, war Kant jedoch skeptischer. Er bezweifelte, ob eine Erklärung der Entstehung des Lebens aus mechanischen, d. h. wirkkausalen Prinzipien möglich sei.⁷ Was Kant hinsichtlich des Himmels anerkannte, verweigerte er damit der organischen Natur.

Nun schreibt Kant den Erscheinungen der organischen Natur Zweckmäßigkeit zu – heuristisch ergänzend zur eigentlichen, wirkkausalen Konstitution von *Natur*. In der *Kritik der Urteilskraft* legt Kant dies in der berühmten Passage nieder: „[E]in Ding existiert als Naturzweck, wenn es von sich selbst [...] Ursache und Wirkung ist.“ (Kant 1996, § 64, B 287) Das hier zum Ausdruck kommende teleologische Kausalitätsverständnis ist verbunden mit Hinweisen auf das Verhältnis des Ganzen zu den Teilen des lebendigen Organismus.

„In einem solchen Produkte der Natur wird ein jeder Teil, so, wie er nur *durch* alle übrige[n...Teile] da ist, auch als *um der andern* und des Ganzen willen existierend, d. i. als Werkzeug (Organ) gedacht: welches aber nicht genug ist (denn er könnte auch Werkzeug der Kunst sein

6 Dies gilt der Sache nach. Den Begriff der „Selbstorganisation“ bzw. des „Sicht-selbstorganisierens“ verwendet Kant in seiner *Allgemeinen Naturgeschichte* noch nicht.

7 Das hatte Kant schon in seiner *Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (1755) fragend angedeutet: „Ist man im Stande zu sagen: Gebt mir Materie, ich will euch zeigen wie eine Raupe erzeugt werden könne? [...] [E]her [werde] die Bildung aller Himmelskörper, die Ursach[e] ihrer Bewegung, kurz, der Ursprung der ganzen gegenwärtigen Verfassung des Weltbaues [...] eingesehen werden, ehe die Erzeugung eines einzigen Krautes oder einer Raupe, aus mechanischen Gründen, deutlich und vollständig kund werden wird.“ (Kant 2005, 13)

[...]); sondern als ein die andern Teile [...] *hervorbringendes* Organ, dergleichen kein Werkzeug der Kunst, sondern nur der allen Stoff zu Werkzeugen (selbst denen der Kunst) liefernden Natur sein kann: und nur dann und darum wird ein solches Produkt, als *organisiertes* und *sich selbst organisierendes Wesen*, ein Naturzweck genannt werden können.“ (§ 65, B 291/292)

Auch wenn der Begriff der *Selbstorganisation* nicht als solcher auftritt, so ist doch der verwandte Begriff des *sich selbst organisierenden Wesens* zu finden, was wirkungsgeschichtlich prägend werden sollte.

Ein „organisiertes Wesen“ ist für Kant nicht

„[...] bloß Maschine: denn die hat lediglich *bewegende* Kraft; sondern [das organisierte Wesen ...] besitzt in sich *bildende* Kraft, und zwar eine solche, die es den Materien mitteilt, welche sie nicht haben (sie organisiert): also eine sich fortpflanzende bildende Kraft, welche durch das Bewegungsvermögen allein (den Mechanism) nicht erklärt werden kann“ (§ 65, B 293).

Das wirkkausale Maschinenbild der klassischen Mechanik, wie es sich in Descartes' Automaten und in Newtons Physik zeigt, ist für Kant unzureichend zur Beschreibung oder gar zur Erklärung der organischen Natur. Ebenso unzureichend ist allerdings auch ein äußeres Beweger-Bewegtes-Verständnis. In Anlehnung an die aristotelische *techné* heißt es bei Kant:

„Man sagt von der Natur und ihrem Vermögen [...] bei weitem zu wenig, wenn man dieses ein *Analogon der Kunst* nennt; denn da denkt man sich den Künstler (ein vernünftiges Wesen) außer ihr. Sie organisiert sich vielmehr selbst [...].“ (§ 65, B 293)

Das *Sich-selbst-Organisierende*, von dem Kant spricht, bezieht sich zunächst auf organisierte Wesen – also auf das, was man heute Selbsterhaltung und Selbstreproduktion nennt, was aber durchaus im Horizont eines gegenwärtigen Verständnisses von Selbstorganisation zu sehen ist. Kant wendet sich sodann von mechanistischen Präformationstheorien ab und verteidigt Zugänge, die man heute als epigenetisch bezeichnen kann. Natur, die sich selbst organisiert, sei zu denken als sich „selbst hervorbringend, nicht bloß als entwickelnd“ (§ 81, B 378).

Die hervorbringende Natur ist für Kant mithin nur im Rahmen von Zweckmäßigkeit vorstellbar (§ 65, B 293). Doch hinterfragt er, ob dieser Zweck einen objektiven Status beanspruchen könne. Dieser sei nur eine Idee, ein regulatives *Als-ob*, kein konstruktives Gesetz. Aus der

„[...] eigentümlichen Beschaffenheit meiner Erkenntnisvermögen über die Möglichkeit jener Dinge“ werde die jeweilige Erscheinungsweise der Dinge vorgeschrieben (§ 75, B 333).

Es ist uns, *als ob* Zwecke in der Natur liegen, eben *als ob* die Natur kreative Potenziale besitze. Wir sind es, die die organische Natur im Erkenntnisvorgang so und nicht anders in ihrer Erscheinungsweise sehen. Der Begriff der Zweckmäßigkeit wird für Kant zu einem erkenntnisconstitutiven Reflexionsbegriff. Dieser legt „gar nichts dem Objekte (der Natur)“ bei, sondern ist

„(...) die einzige Art, wie wir in der Reflexion über die Gegenstände der Natur in Absicht auf eine durchgängig zusammenhängende Erfahrung verfahren müssen, [...] folglich ein subjektives Prinzip (Maxime) der Urteilskraft“ (B XXXIV).

Als heuristisches Prinzip der Erkenntnis ist der Zweckbezug unumgänglich. Durch diesen werden Organismen zu Gegenständen der Erfahrung, zu Erscheinungen vor den Sinnen. Nur so kann ihre Einheit hergestellt werden. Doch die Erkenntnis, die hier möglich wird, kann eben nicht jene wirkkausale sein, die durch die klassische Mechanik Newtons gegeben ist. Die bildende Kraft der sich selbst organisierenden Wesen bleibe im Rahmen von „Naturmechanismus“, d. h. der damaligen Physik, ein „unerforschliche[s] Prinzip“ (§ 81, B 379).⁸ Den Höhepunkt liefert hier der berühmte erkenntniskeptische Hinweis zur Unmöglichkeit eines *Newton des Grashalms*.

„Es ist nämlich ganz gewiß, daß wir die organisierten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloß mechanischen [Newton'schen] Prinzipien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können; und zwar so gewiß, daß man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, daß noch dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen

8 Kant spezifiziert dies: „Genau zu reden, hat also die Organisation der [organischen] Natur nichts Analogisches mit irgendeiner Kausalität, die wir kennen.“ (§ 65, B 294)

[...] begreiflich machen werde [...]. [M]an muß diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen.“ (§ 75, B 337 f.)

Kants Ausführungen sind plausibel, insofern Naturwissenschaft zu seiner Zeit identisch war mit der klassischen Mechanik Newtons – mit ihren Stabilitätsannahmen und einem mechanistischen Naturverständnis. Die Grenzen der Naturwissenschaften waren durch die Grenzen der klassischen Mechanik gegeben. Bis heute bleiben Kants erkenntniskritische Reflexionen unüberholt, zumindest was die klassisch-moderne exakte Naturwissenschaft angeht.

Erweiterung: Die spekulative Physik Schellings

Die Kant'schen Ideen zu einer sich selbst hervorbringenden Natur hat Friedrich Wilhelm Joseph Schelling in seiner *Spekulativen Physik*, wie er sie nannte, aufgenommen und modifiziert. Die Schelling'sche *Physik* – wenn dieser Begriff überhaupt adäquat sein sollte – setzt dem Anspruch nach bei einem erweiterten Physikverständnis an, nämlich einem solchen, das Entwicklung und Geschichtlichkeit in den Mittelpunkt stellt.⁹ Hier, im Umfeld der Romantik und eines naturphilosophisch-spekulativen Denkens, ist die Schelling'sche Frage nach dem Verhältnis von Teil und Ganzem, von Mechanismus und Organismus zu verorten. Natur wird von Schelling als Entwicklung, Entfaltung und Produktivität verstanden, als organisierte und sich selbst organisierende Materie. Sein Ausgangs- wie Zielpunkt ist eine ontologische Einheit der Natur in dynamischer Hinsicht, verbunden mit einer Identitätsphilosophie von Geist und Natur.

Früh schon prägte Schelling einen philosophischen Begriff der organischen Evolution.¹⁰ In seiner Schrift *Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie* stellt er im Jahre 1799 ein umfangreiches Prinzip der Evolution vor, nach dem die „Produktivität der Natur“ „absolute Continuität“ aufweise.

9 Ein Vergleich von Schellings Naturphilosophie mit den aktuellen Theorien der Selbstorganisation findet sich (zustimmenden) bei Heuser-Keßler (1986) und (kritisch) bei Küppers (1992).

10 Damit war Lamarcks Werk *Philosophie Zoologique* (1809) später als Schelling. Darwins *Origin of Species* erschien 1859. Der Begriff „Evolution“ findet sich bereits bei Schelling (2001, 80 f./153 f./249 f.).

„Deßwegen werden wir auch jene Stufenfolge der Organisationen nicht mechanisch, sondern dynamisch, d. h. nicht als eine Stufenfolge der Produkte, sondern als eine Stufenfolge der Produktivität aufstellen. [...] Der Sprung vom Polypen zum Menschen scheint freilich ungeheuer, und der Uebergang von jenem zu diesem wäre unerklärlich, wenn nicht zwischen beide Zwischenglieder träten.“ (Schelling 2001, 290)

Schelling stellt Zusammenhänge zwischen verschiedenen Formen des Lebendigen her und exemplifiziert dies in zeitlicher Hinsicht. Entwicklung wird als Höherentwicklung, Natur als lebendige Ganzheit verstanden.

Von *Natur* spricht Schelling (2004, 41) in zweifacher Hinsicht:¹¹

„Die *Natur* als bloßes *Product* (*natura naturata*) nennen wir *Natur als Object* [...]. Die *Natur* als *Productivität* (*natura naturans*) nennen wir *Natur als Subject* [...].“

Das scheinbar Fortwährende, Beständige und Stabile ist nur eine Seite von *Natur*, nämlich *Natur als Object*. Die andere Seite

„muß angesehen werden als ein *Gewordenes*. *Keine Materie der Natur ist primitiv*, denn es existirt eine unendliche Mannichfaltigkeit ursprünglicher Actionen, (wie diese entstehe, wird eben das letzte Problem der Naturphilosophie seyn).“ (Schelling 2001, 93)¹²

Nicht die statisch-starre Ordnung, sondern die dieser zugrundeliegenden mannigfaltigen Prozesse zur Ordnungsentstehung und zum Ordnungserhalt weisen den Kern von *Natur* aus und zeigen: *Materie* ist „nicht primitiv“ (ebd.).

Vor diesem Hintergrund plädiert Schelling für die Anerkennung einer begrenzten Reichweite der Newton'schen Mechanik. Durch einen „wundervollen Zusammenstoß von Atomen“ sei die Entstehung der „organischen Produkte“ nicht erklärbar (Schelling 1994, 95). Schelling verfolgt aller-

11 Dabei nimmt Schelling die mittelalterlich-scholastische Traditionslinie der beiden Begriffe auf, die sich auch bei Spinoza findet.

12 Zentral ist auch der Hinweis Schellings (2004, 45), wie die beiden Typen von *Natur* zusammen zu denken sind: „Es ist schlechterdings kein Bestehen eines *Products* denkbar, ohne ein beständiges Reproducirtwerden. Das *Product* muss gedacht werden als in jedem Moment vernichtet, und in jedem Moment neu reproducirt.“

dings eine andere Argumentationslinie als Kant. Während Kant eine transzendente Rekonstruktion und damit radikale Grenzausweisung der Newton'schen Physik und des mechanistischen Naturverständnisses vornimmt, geht es Schelling in seinem *objektiven Idealismus* darüber hinaus um Modifikation und Erweiterung des Naturzugangs – um eine veränderte Naturwissenschaft. In diesem Sinne fragt er: Was soll und kann Wissenschaft sein? Der Hinweis Kants auf die physikalische Unerklärbarkeit der organischen Natur ist für Schelling (2000, 68) allzu resignativ und damit unannehmbar: Es sei

„[...] ein alter Wahn [anzunehmen], daß Organisation und Leben aus Naturprinzipien unerklärbar seyen. – Soll damit so viel gesagt werden: der *erste* Ursprung der organischen Natur *seye physikalisch* unerforschlich, so dient diese *unerwiesne* Behauptung zu nichts, als den Muth des Untersuchers niederzuschlagen.“

Diese Kritik gilt auch dem Vitalismus; *Lebenskraft* sei ein widersprüchlicher Begriff. Diese setze zunächst einen mechanistischen Materiebegriff voraus, zu dem sie dann prägend dazukomme. Insofern orientiere sich der Vitalismus allzu stark, als Folie der Abgrenzung, an der Newton'schen Mechanik. Schelling zielt stattdessen auf eine andere, eine nichtmechanistische Physik. Der „Mechanismus [ist] allein bey weitem nicht das“, so Schelling (1994, 93 f.),

„[...] was die Natur ausmacht. Denn sobald wir ins Gebiet der *organischen Natur* übertreten, hört für uns alle mechanische Verknüpfung von Ursache und Wirkung auf. Jedes organische Produkt besteht *für sich selbst*. [...] Jedes organische Produkt trägt den Grund seines Daseyns *in sich selbst*.“

Hier klingt der Kant'sche *Zweck an sich selbst* des Organismus an. Kein Äußeres habe die organische Natur und das organische Produkt geschaffen. Im organisierten Wesen liege, so Schelling (1994, 94),

„ohne mein Zuthun [...] zwischen ihnen [= den Teilen] und dem Ganzen ein *objektives* Verhältniß [...]. Also liegt jeder Organisation ein *Begriff* zu Grunde, denn wo notwendige Beziehung des Ganzen auf Theile und der Theile auf ein Ganzes ist, ist *Begriff*.“

Schelling (1994, 94) knüpft dabei in vielen Formulierungen an Kant an: Die Natur „*organisirt sich selbst*, ist nicht etwa nur ein Kunstwerk. [...] Nicht ihre Form allein, sondern ihr *Daseyn* ist zweckmäßig.“ Organische Natur sei Subjekt (*natura naturans*) und Objekt (*natura naturata*) zugleich, sie zeige sich als solche durch Selbstorganisation und stehe in einem zyklischen Selbstverhältnis.¹³

Schelling argumentiert gegen die Kant'sche Abwertung der Zwecke in die Erscheinungshaftigkeit, in das *Als-ob* und in ein regulatives Prinzip. Eine derart äußere kontingente Zuschreibung ist für ihn unzureichend. Gegenüber Kant sagt Schelling (1994, 97 f.):

„[I]hr zerstört aber alle Idee von *Natur* von Grund auf, sobald ihr die Zweckmäßigkeit von außen durch einen Uebergang aus dem Verstande irgend eines Wesens in sie kommen laßt.“¹⁴

Stattdessen zielt Schelling (1994, 106) darauf ab, „*Mechanismus*“ und „*Zweckmäßigkeit*, d. h. die Unabhängigkeit vom Mechanismus [...] und die] Gleichzeitigkeit von Ursachen und Wirkungen“ zu „vereinigen“. Gegenüber dem Kant'schen regulativen sieht Schelling ein konstruktives Prinzip. In unserer heutigen Sprache ausgedrückt könnte mit Schelling gesagt werden, dass sich physikalische und biologische Gegenstandsbereiche in einer Art Selbstorganisationsprinzip treffen. Ob man eine derartige Verbindung von Schelling zu den aktuellen Selbstorganisationstheorien allerdings ziehen mag, hängt entscheidend davon ab, ob man Schellings Vorstellung einer selbstständigen und selbsttätigen Natur und sein dynamisch-prozessuales Naturverständnis von dem spekulativen Identitätsdenken der idealistischen Naturphilosophie ausreichend zu lösen vermag.

13 Schelling (1994, 94) schreibt weiter: „Im organischen Produkt ist eben deswegen Form und Materie unzertrennlich; diese bestimmte Materie konnte nur zugleich mit dieser bestimmten Form, und umgekehrt, werden und entstehen. Jede Organisation ist also ein *Ganzes*; ihre *Einheit* liegt *in ihr selbst*, es hängt nicht von unserer Willkür ab.“

14 Diese Kritik gilt nicht allein Kant bzw. einer bestimmten Interpretationslinie von Kant, sondern neuzeitlichen Dualismen allgemein. Der vermeintlich große Erklärungsbedarf von materiell-lebendiger Organisation ist nach Schelling eine Folge von kulturgeschichtlich etablierten Trennungen, etwa von Notwendigkeit und Zufälligkeit, von Materie und Form. Schelling (1994, 99) sagt: „Der ganze Zauber, der das Problem vom Ursprung organisierter Körper umgibt, rührt daher, daß in diesen Dingen Notwendigkeit und Zufälligkeit innigst vereinigt sind.“

Mit Verweis auf Kant und Schelling¹⁵ sollte gezeigt werden, dass die aktuellen Selbstorganisationstheorien eine beachtliche Traditionslinie naturphilosophischen Denkens aufweisen. Zwar sind Kant und Schelling nicht als Vorläufer der heutigen naturwissenschaftlichen Theorien anzusehen. Doch haben sie Diskussionslinien jener Phänomene mitgeprägt, welche heute im Rahmen der Selbstorganisationstheorien thematisiert werden. Dass sich bei ihnen nicht der Begriff der Selbstorganisation, sondern nur der der „sich selbst organisierenden Wesen“ findet, wird man konstatieren müssen. Dabei akzentuiert Kant primär die Selbsthervorbringung, Schelling eher die Selbstproduktion. Beide kritisieren die Einseitigkeit des klassisch-mechanistischen Denkens. Während bei Kant eine frühe erkenntnistheoretische Begrenzung der klassischen Physik Newtons zu sehen ist, finden sich bei Schelling darüber hinaus Aspekte zu einer Erweiterung. Wenn Schelling davon spricht, dass *Materie nicht primitiv* sei, so kann darin aus heutiger Sicht etwas unverkennbar Visionäres gesehen werden.

III.

Zusammenfassend kann man sagen: Je erfolgreicher die mathematisch-exakten Naturwissenschaften in den letzten 300 Jahren wurden, desto fragwürdiger wurde die *andere* Seite der Natur – nämlich die Entstehung von *Neuem*, von neuen Produkten und Prozessen, von neuen Strukturen und Ordnungen. Doch die Naturwissenschaften wandeln sich, wie dargelegt wurde. Seit den 1960er Jahren rücken die Phänomene der Selbstorganisation in den Fokus der Aufmerksamkeit. Selbstorganisation bildet einen Schlüsselbegriff der aktuellen Naturwissenschaften. Dabei hat der Selbstorganisationsbegriff eine lange Geschichte. Der Begriff findet sich, wie gezeigt, erstmals bei Kant und Schelling. Genauer ist bei ihnen von *sich selbst organisierenden Wesen* die Rede. Beide haben jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven eine systematische Analyse vorgenommen.

Während Kant durchaus kritisch und skeptisch blieb, hatte Schelling eine weiterführende, spekulative Perspektive eröffnet. Vor diesem Hintergrund

15 Vielleicht wäre diesen noch Gustav Theodor Fechner zur Seite zu stellen - was hier aber nicht vertieft werden kann.

kann man sagen, die kritische Frage Kants nach einem *Newton des Grashalms* wird heute – fast in Schellingscher Perspektive – wieder aufgenommen, präzisiert und positiv gewendet. Kant hatte offenbar einerseits Recht: Im Rahmen der klassisch-modernen mathematischen Naturwissenschaften ist ein *Newton des Grashalms* unmöglich. Doch andererseits wandeln sich die mathematischen Naturwissenschaften, was Kant so nicht ahnen konnte. Hier hat Schellings Spekulative Naturphilosophie einiges vorweggenommen. Ein modifizierter *Newton des Grashalms* scheint in Reichweite. Selbstorganisationstheorien, wie sie sich seit den 1960er Jahren etabliert haben, etwa durch Prigogine und Haken, weisen diesen Wandel der Wissenschaften aus.

Für ein gehaltvolles aktuelles Verständnis von *Selbstorganisation* sowie für eine Begriffsexplikation ist ein gesetzeshafter Kern zentral, nämlich insofern er die Bedingung der Möglichkeit von Selbstorganisation bereitstellt. Dieser liegt in Instabilitäten. So zentral dieser Kern ist, so ist er doch nicht hinreichend. Darüber hinaus sind weitere ontologische Kennzeichen zu berücksichtigen: Neuartigkeit (Ordnungstheorien), Prozesshaftigkeit (Prozess- und Zeittheorien) und Internalität. Im Zentrum für eine weitere Begriffsexplikation des Selbstorganisationsbegriffs stand eine Klärung dessen, was als *Neues* objektseitig gelten kann. Hier gibt es unterschiedliche Grade. Ob der schwache Selbstorganisationsbegriff der *systemischen Eigenschaftselbstorganisation* diese Kriterien erfüllt, ist zweifelhaft. Adäquatere Verständnisweisen sind die der *Strukturselforganisation*, der *Entitätselforganisation* sowie, als derzeit stärkste wie problematischste Verständnisweise, die der *Bewusstseinsselforganisation*. Jenseits dieser grundlegenden, ontologischen Bestimmung wurden weitere Kennzeichen herangezogen, um den Selbstorganisationsbegriff zu fassen. Sie betreffen unser Erkennen, Berechnen und Handeln, womit erkenntnistheoretische, methodologische sowie technisch-handlungstheoretische Fragen angesprochen sind: Irreduzibilität, Nichtprognostizierbarkeit sowie Nichtkontrollierbarkeit und Nichtherstellbarkeit. Kants Skepsis scheint hier durch.

Die anspruchsvollste Verständnisweise von *Selbstorganisation* umfasst *alle* diese Kennzeichen. Dagegen stellen schwächere Verständnisweisen jeweils einzelne Kennzeichen heraus und vernachlässigen andere. Zusammengekommen bleibt eine beachtliche begriffliche Pluralität des Selbstorganisa-

tionsbegriffs. Sowohl der einheitliche gesetzeshafte Instabilitätskern als auch ontologischen Kennzeichen wie Neuartigkeit, Prozesshaftigkeit und Internalität lassen es jedoch gerechtfertigt erscheinen, semantisch gehaltvoll von *Selbstorganisation* zu sprechen. Wo von *Selbstorganisation* die Rede ist, liegt somit ein minimaler Realismus vor, der in ontologischer Hinsicht betont: Natur ist Natur, insofern sie auch und insbesondere instabil ist. Es gibt Neues unter der Sonne; Natur ist Werden und Wachsen; sie verändert sich von selbst, von innen heraus. Aktuelle Naturwissenschaften rücken das Instabile und mit ihr das Neue, das Prozesshafte und die Internalität in den Mittelpunkt eines aktuellen Naturverständnisses (Schmidt 2015). So kann man mit gewissem Recht sagen: *Selbstorganisation* avanciert zum Schlüsselbegriff einer aktuellen Naturphilosophie.

Literatur:

- Beckermann, A., Flohr, H., Kim, J. (Hg.), 1992: Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism; Berlin
- Bertalanffy, L. v., 1928: Kritische Theorie der Formbildung; Berlin
- Bertalanffy, L. v., 1940: Vom Molekül zur Organismenwelt. Grundfragen der modernen Biologie; Potsdam
- Darwin, C., 1902: On the Origin of Species (1859); London
- Davidson, D., 1990: Handlung und Ereignisse; Frankfurt
- Ebeling, W., Feistel, R., 1994: Chaos und Kosmos. Prinzipien der Evolution; Heidelberg
- Foerster, H. v., 1960: On Self-Organizing Systems and their Environment; in: Yocits, M. C., Cameron, S. (Hg.), 1960: Self-Organizing Systems; London, 31–50
- Haken, H., 1995: Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken; Reinbek
- Heuser-Keßler, M.-L., 1986: Die Produktivität der Natur; Berlin
- Kanitscheider, B., 1993: Von der mechanistischen Welt zum kreativen Universum; Darmstadt
- Kant, I., 1996: Kritik der Urteilskraft (1790); Frankfurt
- Kant, I., 2005: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprunge des ganzen Weltgebäudes, nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt (1755); Frankfurt
- Krohn, W., Küppers, G. (Hg.), 1992: Selbstorganisation. Aspekte einer wissenschaftlichen Revolution; Wiesbaden

- Küppers, B.-O., 1992: *Natur als Organismus. Schellings frühe Naturphilosophie und ihre Bedeutung für die moderne Biologie*; Frankfurt
- Lorenz, K., 1973: *Die Rückseite des Spiegels*; München
- Mainzer, K., 1988: *Symmetrien der Natur*; Berlin
- Mainzer, K., 1996: *Thinking in complexity. The complex dynamics of matter, mind, and mankind*; Heidelberg
- Mainzer, K., 2005: *Symmetry and Complexity. The Spirit and Beauty of Nonlinear Science*; Singapore
- Mainzer, K., 2007: *Der kreative Zufall. Wie das Neue in die Welt kommt*; München
- Nicolis, G., Prigogine, I., 1977: *Self-Organization in Nonequilibrium Systems. From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*; New York/London
- Prigogine, I., 1992: *Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften (1979)*; München
- Prigogine, I., Stengers, I., 1990: *Dialog mit der Natur (1980)*; München
- Schelling, F. W. J., 1994: *Ideen zu einer Philosophie der Natur (1797)* (hg. v. M. Durner); Historisch-kritische Ausgabe, Reihe 1: Werke 5; Stuttgart
- Schelling, F. W. J., 2000: *Von der Weltseele – eine Hypothese der höhern Physik zur Erklärung des allgemeinen Organismus (1798)* (hg. v. J. Jantzen); Historisch-kritische Ausgabe, Reihe 1: Werke 6; Stuttgart
- Schelling, F. W. J., 2001: *Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie (1799)* (hg. v. W. G. Jacobs und P. Ziche); Historisch-kritische Ausgabe, Reihe 1: Werke 7; Stuttgart
- Schelling, F. W. J., 2004: *Schriften (1799–1800)* (hg. v. M. Durner und W. G. Jacobs); Historisch-kritische Ausgabe, Reihe 1: Werke 8; Stuttgart
- Schmidt, J. C., 2008a: *Instabilität in Natur und Wissenschaft. Eine Wissenschaftsphilosophie der nachmodernen Physik*; Berlin
- Schmidt, J. C., 2010b: *Emergence and emergent properties in nanotechnology*; in: Guston, D. (Hg.), 2010: *Encyclopedia of Nanoscience and Society*; New York, 180–184
- Schmidt, J.C., 2015: *Das Andere der Natur. Neue Wege zur Naturphilosophie*; Stuttgart
- Stephan, A., 2007: *Emergenz. Von der Unvorhersagbarkeit zur Selbstorganisation (1999)*; Paderborn
- Wiener, N., 1968: *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und Maschine (1948)*; Hamburg

Lorns-Olaf Stahlberg

Higgsfeld und Schöpfergeist

Über religiöse Schöpfungsberichte und naturwissenschaftliche Welt-Erzählungen

Abstract

Religiöse Schöpfungsberichte – wie z. B. diejenigen aus Genesis 1-2 – werden von der zeitgenössischen Theologie im Allgemeinen nicht als Chronologien der Naturordnung gelesen, sondern als Narrationen, die ihre entscheidenden Botschaften erst im Subtext bzw. auf einer metaphorischen Ebene offenbaren. Im Gegensatz dazu findet die zeitgenössische physikalische Kosmologie ihr Selbstverständnis durchaus in der Ermittlung und Darstellung der welthistorischen Faktenlage. Bei genauerem Hinsehen stellt sich allerdings die Frage, inwieweit sie diesem Anspruch tatsächlich gerecht wird. Am Beispiel aktueller Diskussionen um die Deutung des Higgsmechanismus und den Ursprung der Materie wird eine Analyse darüber versucht, welche Aussagen der Physik grundsätzlich den Charakter zwingender Fakten haben und welche nicht. In gewissen Darstellungen des physikalisch-kosmologischen Erkenntnisstandes lassen sich auf dieser Grundlage mitunter Motive ausmachen, die eher eine narrative Funktion zu besitzen als auf eindeutig beschreibbare Verhältnisse in der Natur zurückzugreifen scheinen. Welchen Zweck erfüllen diese narrativen Elemente und in welcher Beziehung stehen sie zu Erzählmotiven und metaphorischen Bedeutungsträgern in mythischen Kontexten? Anhand dieser Fragestellung will der Beitrag untersuchen, auf welche Arten von Erzählungen und Berichten sich der Mensch stützen kann, um sich in der Geschichte der Welt zu behelfen.

1. Die Urgeschichte aus biblischer und aus naturwissenschaftlicher Sicht

Die Frage danach, „was die Welt im Innersten zusammenhält“, ist zugleich eine Frage nach der Geschichte und dem Ursprung der Welt. An verschiedenen Erzählungen der Urgeschichte mangelt es dabei nicht. Die bedeu-

tendsten unter ihnen dürften heute im europäischen Kulturraum die Schöpfungsberichte der biblischen Genesis und die Entwicklungsgeschichte des Kosmos im Sinne der modernen wissenschaftliche Kosmologie sein.

Erheben diese verschiedenen Erzählungen oder Berichte nun gleichermaßen den Anspruch, Auskunft über die Entwicklung der physischen Welt von ihren Anfängen her zu erteilen? Bei den biblischen Schöpfungsberichten muss zunächst zwischen der jahwistischen und der priesterlichen Überlieferungstradition unterschieden werden. Die jahwistische Urgeschichte (Gen 2,4b-25) schöpft aus dem mythologischen Fundus des alten Orients, löst sich aber in einigen Punkten auch ganz entscheidend von ihm. Aussagen über die physische Verfasstheit der Welt sind in ihr allerdings marginal und eher sekundär. Jan Christian Gertz schreibt dazu:

„Urgeschichtliche Darstellungen innerhalb des Alten Testaments wie in der altorientalischen Umwelt wollen nicht als historisch getreue Überlieferung aus der Früh- und Vorgeschichte der Menschheit verstanden sein, sondern als Wesensaussage über für den Menschen und seine Welt grundlegende Ordnungen.“¹

Bei dem priesterlichen Schöpfungsmythos (Gen 1,1-2,4a) sieht dies etwas anders aus. Er bringt theologische Überzeugungen in einen Zusammenhang mit den Naturkenntnissen der damaligen Zeit. Nach Gerhard von Rad sollte dies bei der Interpretation der Priesterschrift nicht übersehen werden:

„Diese Schöpfungsgeschichte ist natürlich durchaus gebunden an die kosmologischen Erkenntnisse ihrer Zeit. Es ist aber nicht gut, wenn der christliche Ausleger von diesen letzteren als überholten ganz absieht, als habe es der Theologe nur mit den Glaubensaussagen und nicht mit der Naturerkenntnis von Gen. 1 zu tun. Denn es kann ja keinem Zweifel unterliegen, daß der priesterschriftliche Schöpfungsbericht nicht ausschließlich theologische, sondern auch Naturerkenntnisse vermitteln will.“²

1 Gertz, Grundinformation Altes Testament, 265.

2 v. Rad, Theologie des Alten Testaments, 161.

Ob die Verfasser der Priesterschrift selbst aber die *Chronologie* der Schöpfungsereignisse tatsächlich wörtlich verstanden wissen wollten, darf in gewisser Weise bezweifelt werden, denn der Absicht, eine naturgetreue Zeitabfolge der Schöpfungsfortschritte angeben zu wollen, steht die Schöpfungserzählung selbst entgegen. Die Zeiten werden dort ja in Tagen angegeben, die astronomische Uhr – Sterne, Sonne und Mond – allerdings wird erst am vierten Schöpfungstag ins Werk gesetzt, so dass sich die Frage stellt, nach welchem Zeitmaß eigentlich Tag eins bis drei der Schöpfung bemessen sein konnten. Darauf werde ich am Schluss des Beitrags noch einmal zurückkommen und darlegen, dass es sich hierbei nicht um eine Unachtsamkeit der Erzähler handeln dürfte, sondern um den konkreten Hinweis darauf, dass die Tageseinteilung des Schöpfungsgeschehens eben gerade nicht als ihr physisch-zeitlicher Ablauf (miss-) verstanden werden sollte.

Demgegenüber hat die moderne physikalische Kosmologie den Anspruch, die Entwicklung des Universums von seinem Ursprung vor 13,8 Milliarden Jahren bis heute präzise darzulegen. Markante Eckpunkte der kosmologischen Entwicklung sind der Urknall, die inflationäre Expansion des Kosmos bis ungefähr 10^{-32} Sekunden nach dem Urknall, die Baryogenese nach einer Zehntelsekunde, die Nukleosynthese nach etwa einer Sekunde, Formation der Atome und damit verbundene Transparenz des Alls nach ungefähr 380.000 Jahren – dieser Zeit entstammt der kosmische Mikrowellenhintergrund –, Bildung der ersten Sterne und Galaxien nach 300 bis 550 Millionen Jahren.

Bemerkenswert ist, dass die Geschichte des Kosmos, so wie sie die zeitgenössische Physik beschreibt, keine geschlossene physikalische Theorie abbildet, sondern dass die Grob-Strukturen des Universums – gestaffelt nach dem jeweiligen Alter des Universums – von je unterschiedlichen physikalischen Theorien maßgeblich beschrieben werden, die sich nicht ohne Weiteres ineinander überführen lassen. Während die großräumigen Strukturen des Universums in der Phase später als 380.000 Jahre nach dem Urknall im Wesentlichen durch die Allgemeine Relativitätstheorie und die Lösungen der Einsteingleichungen (unter gewissen Randbedingungen) bestimmt werden, ist die Beschreibung der Zeit davor geprägt von kern- und elemen-

tarteilchentheoretischem Kalkül. Für die ganz frühe Urzeit bis zum Ende der Inflationsphase müssen zusätzlich theoretische Überlegungen herangezogen werden, die über die gewöhnliche Elementarteilchenphysik hinausgehen und dementsprechend bisher (außerhalb von kosmologischen Modellbildungen und darauf abgestimmte astronomische Beobachtungen) experimentell nicht zugänglich sind.

Die moderne Kosmologie erzählt also eine aus verschiedenen physikalischen Theorien zusammengesetzte Geschichte des Universums, die als das sogenannte kosmologische Standardmodell bezeichnet wird. Dieses Zusammensetzen der kosmologischen Geschichte als Sukzession verschiedener Phasen hat allerdings Folgen für das Verständnis der beteiligten physikalischen Theorien. Das soll im Folgenden am Beispiel der heute etablierten Elementarteilchentheorie, dem sogenannten *Standardmodell (SM) der Elementarteilchenphysik* (nicht zu verwechseln mit dem kosmologischen Standardmodell) untersucht werden, speziell am *Higgsmechanismus*, der einen sehr entscheidenden Teil dieser Theorie darstellt. Durch diesen Mechanismus wird erklärt, woher die Elementarteilchen Masse erhalten haben.

Doch aus welchem Grunde fragt die Physik überhaupt, wie Elementarteilchen zu ihrer jeweiligen Masse gekommen sind? Können Elementarteilchen nicht von sich aus eine Masse besitzen – als ein ihnen intrinsisches Attribut –, ohne dass sie diese quasi irgendwie „von außen“ vermittelt bekommen müssen?³

2. Eichsymmetrie und Higgsmechanismus⁴

Die Antwort darauf ergibt sich aus der Struktur moderner Elementarteilchentheorien. Diese leitet sich letztlich aus der Konstruktion der *Quanten-*

3 Die nachfolgenden Überlegungen folgen in Auszügen einer ausführlicheren Darstellung durch den Autor in: Stahlberg, *The Higgs Boson, the God Particle, and the Correlation Between Scientific and Religious Narratives*.

4 Dieser Abschnitt dient einer vertiefenden Betrachtung des Zusammenhangs zwischen theoretisch-physikalischen Begriffen und der Existenz der „Dinge“ bzw. Objekte am Beispiel des Higgsmechanismus. Die Darlegung ist nützlich für das Verständnis der nachfolgenden Abschnitte, allerdings nicht unbedingt notwendig, so dass die Leserin/der Leser diesen Teil ggf. auch überspringen kann.

elektrodynamik her, die ihrerseits aus der Feldquantisierung der *klassischen* Elektrodynamik hervorgeht. Quantenelektrodynamik ist die Quantentheorie elektromagnetischer Felder und elektrisch geladener Teilchen. Von allen bis heute entwickelten physikalischen Theorien gilt sie als die empirisch am präzisesten belegte.

Der Quantenelektrodynamik inhärent ist ein Leitprinzip, das man „Eichsymmetrie“ oder „Eichprinzip“ nennt. Es besagt, dass die Grundgleichungen der Theorie gewissen mathematischen Transformationen – „Eichtransformationen“ – unterzogen werden können, unter denen die physikalisch messbaren Größen – die *Observablen* – der Theorie invariant bleiben.

Gemäß dem Noethertheorem⁵ ist jede kontinuierliche Symmetrie innerhalb einer mathematisch-physikalischen Theorie mit einem Erhaltungssatz assoziiert. So ist z. B. die Drehimpulserhaltung der klassischen Mechanik durch die Invarianz ihrer Grundgleichungen gegenüber Drehungen des Raumes repräsentiert und die Eichsymmetrie der Quantenelektrodynamik steht in Zusammenhang mit der Erhaltung der elektrischen Ladung.

Neben der Ladungserhaltung sorgt die Eichsymmetrie zugleich für eine adäquate Beschreibung der Wechselwirkung zwischen den elektromagnetischen Feldkräften und den elektrisch geladenen Materieteilchen⁶ (das sind Teilchen mit halbzahligem Spin, sog. „Fermionen“, wie z. B. das Elektron, die im Rahmen der Quantenelektrodynamik ihrerseits in spezifischer Weise der Eichsymmetrie unterliegen).

Man muss allerdings über die Quantenelektrodynamik hinausgehen, um alle bekannten Elementarteilchenprozesse umfassend theoretisch abzubilden wie z. B. die schwache Wechselwirkung, die für den radioaktiven β -Zerfall und überhaupt die gesamte Neutrinophysik verantwortlich ist. Die Theorie der schwachen Wechselwirkung ist nach ganz ähnlichen Prinzipien konstruiert wie die Quantenelektrodynamik, sodass beide zu einer Theorie der *elektroschwachen* Wechselwirkung vereint werden können. Unter Hinzufügung der mathematischen Beschreibung der starken Kernkräfte gelangt man schlussendlich zum sogenannten *Standardmodell der*

5 Noether, Invariante Variationsprobleme, 235 ff.

6 Diese Eigenschaft wird häufig mit dem Ausdruck „minimale Kopplung“ belegt.

Elementarteilchen (Abk. „SM“). Auch für die schwache Wechselwirkung gilt ein Eichprinzip. Die zugehörige Erhaltungsgröße ist dabei jedoch nicht die elektrische Ladung, sondern der sog. *schwache Isospin*.⁷

Grundsätzlich lässt sich eine Eichtheorie nur für Feldkräfte formulieren, deren Überträgerteilchen *masselos* sind.⁸ Aus experimentellen Untersuchungen weiß man allerdings, dass die Feldkraft vermittelnden Teilchen der schwachen Wechselwirkung durchaus eine Masse besitzen müssen, denn ihre Reichweite ist sehr kurz. Es lässt sich zeigen, dass Feldkräfte, die durch massive Austauschteilchen vermittelt werden, gerade die Eigenschaft besitzen, eine sehr geringe Reichweite zu haben. Eine Eichtheorie der schwachen Wechselwirkung müsste damit aber zwei Forderungen gleichzeitig erfüllen:

1. Die Kraft vermittelnden Felder – oder Austauschteilchen⁹ – der schwachen Wechselwirkung müssen eine nicht-verschwindende Ruhemasse aufweisen, da diese Kraft eine nur sehr kurze Reichweite besitzt.
2. Die Kraftfelder der schwachen Wechselwirkung müssen zugleich aber auch masselos sein, da sonst die Eichsymmetrie verletzt würde.

Die Antwort der theoretischen Physik auf dieses Dilemma heißt *spontane Symmetriebrechung* (in der Elementarteilchenphysik auch *Higgsmechanismus*), die ohne eine grundsätzliche Verletzung der Eichsymmetrie massive Kraftfelder in einer Eichtheorie ermöglicht.

7 Präziser ausgedrückt genügen elektroschwache Wechselwirkungen der Erhaltung von zwei Quantenzahlen, nämlich zum einen (einer Komponente) des schwachen Isospins und zum anderen der sogenannten *schwachen Hyperladung*, statt der Erhaltung der (einen) elektrischen Ladung.

8 Ein Elementarteilchen als „masselos“ zu bezeichnen meint, dass es keine Ruhemasse besitzt. Die Ruhemasse ist diejenige Masse, die ein sich gleichsam zusammen mit dem Teilchen fortbewegender Beobachter an ebendiesem Teilchen feststellen würde, oder anders ausgedrückt: die Masse, die das Teilchen hätte, wenn es sich in Ruhe befände. (Masselose Teilchen können sich allerdings de facto nicht in Ruhe befinden, sondern bewegen sich stets mit Lichtgeschwindigkeit. Für sie kann es auch keinen „mitfliegenden Beobachter“ geben.)

9 In einer Quantenfeldtheorie kann der Begriff des „Teilchens“ weitgehend synonym mit dem des „Feldes“ verwendet werden. Allerdings gebraucht man häufig für die Überträger der Grundkräfte (mit ganzzahligem Spin) bevorzugt den „Feld“-Begriff, während man bei der Materie (mit halbzahligem Spin) tendenziell lieber von „Teilchen“ spricht.

Die grundlegende Idee zum Higgsmechanismus lässt sich relativ anschaulich anhand der unterschiedlichen Eigenschaften masseloser und massiver Kraftfelder bzw. der ihnen entsprechenden Elementarteilchen verstehen. Bei diesen Teilchen handelt es sich um sogenannte *Eichbosonen*, von denen das Photon, also das Trägerteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung, eines ist. Das Photon ist das quantenphysikalische Äquivalent der elektromagnetischen Welle. Jede (monochromatische) elektromagnetische Welle ist *polarisiert*. Als Polarisation bezeichnet man das Verhältnis, in dem die Richtungen der elektrischen und magnetischen Kräfte solch einer Welle zueinander und zu der Ausbreitungsrichtung der Welle eingestellt sind. Beim masselosen Photon stehen die elektrischen und magnetischen Feldrichtungen, bzw. seine Feldvektoren, stets senkrecht zu seiner Bewegungsrichtung, anders gesagt: Es ist rein *transversal* polarisiert und besitzt nur zwei Polarisationsdimensionen oder -freiheitsgrade. Massive Eichbosonen, wie die Trägerteilchen der schwachen Wechselwirkung, können hingegen auch eine *longitudinale* Komponente *parallel* zur Bewegungsrichtung haben. Demnach besitzen sie drei Polarisationsfreiheitsgrade, nämlich zwei transversale und einen longitudinalen.

Man kann dies auch umgekehrt formulieren: Eichbosonen mit maximal zwei Polarisationsfreiheitsgraden sind masselos, während solche mit drei Polarisationsfreiheitsgraden massiv sein müssen. Mathematisch betrachtet verhält sich ein longitudinaler Polarisationsfreiheitsgrad gegenüber bestimmten Operationen wie ein Elementarteilchen besonderer Art, nämlich wie ein Teilchen, das keinen Spin aufweist (Spin-0-Boson). Dies könnte zu der Idee Anlass geben, ein *massives* Eichboson könnte ggf. irgendwie „zusammengesetzt“ sein aus einem *masselosen* Eichboson und einem geeigneten Spin-0-Boson als „Partner“. So direkt lässt sich das Problem der Verletzung der Eichsymmetrie durch massive Eichbosonen zwar nicht lösen, aber schlussendlich und auf etwas kompliziertere Weise fußt der Higgsmechanismus auf einem ganz ähnlichen Ansatz.

Im Kontext des Higgsmechanismus besitzen die Trägerteilchen der schwachen Wechselwirkung ursprünglich keine Masse. Sie wechselwirken allerdings mit einem zweikomponentigen, komplexen Hintergrundfeld, dem *Higgsfeld*. Dieses hat (weil es komplexwertig ist) vier Feldkomponenten.

Der Aufbau des Standardmodells der Elementarteilchen erlaubt den drei Eichbosonen der schwachen Wechselwirkung, derart an die Feldkomponenten des Higgsfeldes zu koppeln, dass diese als Ausdruck der longitudinalen Polarisationsfreiheitsgrade der Eichbosonen interpretierbar werden. Jedes Eichboson gewinnt durch den Mechanismus also einen zusätzlichen Polarisationsfreiheitsgrad, der die notwendige Voraussetzung dafür ist, dass das jeweilige Teilchen eine Masse tragen kann. Ein Freiheitsgrad von vieren bleibt dabei übrig, weil das (masselose) Photon nicht an das Higgsfeld koppelt. Dieser übrigbleibende Freiheitsgrad manifestiert sich nicht als longitudinaler Polarisationsfreiheitsgrad des Photons, sondern als ein physikalisches Teilchen ohne Spin, ein Spin-0-Boson. Es handelt sich dabei um das *Higgsboson*, welches im Sommer 2012 am Large Hadron Collider (LHC) experimentell nachgewiesen werden konnte.¹⁰

Damit in der Theorie die Kraft übertragenden Teilchen der schwachen Wechselwirkung nicht allein longitudinale Polarisationsrichtungen aufweisen, sondern tatsächlich als Masse behaftete Teilchen in die Grundgleichungen des Standardmodells der Elementarteilchen eingehen, muss das Higgsfeld sozusagen immer und überall verfügbar sein, sodass jedes Teilchen, das irgendwo im Kosmos in Erscheinung tritt, unmittelbar mit dem Higgsfeld in Wechselwirkung treten kann. Dieses wird dadurch erreicht, dass die Eichsymmetrie zwar nicht für die grundlegenden Gesetze der Teilchendynamik, wohl aber für den Grundzustand des Higgsfeldes gebrochen wird.¹¹ Dieser Umstand wird mit dem Ausdruck „*spontane Symmetriebrechung*“ belegt. Ohne an dieser Stelle näher ins Detail gehen zu können, sorgt die spontane Symmetriebrechung dafür, dass das Higgsfeld im niedrigsten Energiezustand, also im Vakuumzustand, nicht – wie alle anderen Teilchen und Felder – verschwindet, sondern einen konstanten Wert annimmt, d. h. immer gleichmäßig mit einer gewissen Basisstärke, seinem sog. *Vakuumerwartungswert* (VEV), präsent ist. Der Vakuumerwartungswert geht als

10 S. z. B. CMS Collaboration, Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. ATLAS Collaboration, Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs Boson with the ATLAS Detector at the LHC.

11 Die spontane Brechung der Eichsymmetrie durch den Grundzustand verletzt nicht die Erhaltungsgrößen in der Theorie. Denn der Grundzustand betrifft gar nicht die Dynamik des Systems, wohingegen die Erhaltungssätze ein Ausdruck dessen dynamischer Gesetzmäßigkeiten sind.

eine Konstante in die mathematischen Terme ein, die die Wechselwirkung zwischen dem Higgsfeld und den anderen Elementarteilchen beschreiben. Und überall dort, wo diese Konstante in den Grundgleichungen des Standardmodells auftaucht, transformieren sich die mathematischen Ausdrücke für die Wechselwirkung zwischen Higgsfeld und Teilchen in solche Terme, die die Bewegung von Teilchen mit Masse beschreiben. Das heißt, dass es auf der untersten Ebene der mathematischen Beschreibung von Elementarteilchen gar keine mathematischen Ausdrücke gibt, die eine Wechselwirkung von Elementarteilchen mit derjenigen Komponente des Higgsfelds beschreiben, die grundsätzlich im ganzen Raum vorhanden ist, ohne dass diese Ausdrücke nicht zugleich ganz gewöhnliche kinetische Terme von massiven Teilchen wären.¹²

Vom ganzen Higgsfeld bleibt sozusagen von Anfang an nichts Eigenständiges übrig, weil sein VEV ganz in die kinetischen Terme der massiven Elementarteilchen eingegangen ist und die weiteren Komponenten ausschließlich als longitudinale Polarisationsfreiheitsgrade der schwachen Eichbosonen in Erscheinung treten – mit der einen Ausnahme des physikalischen Higgsbosons bzw. Higgsteilchens. Folgerichtig lässt sich das Higgsfeld auch nicht experimentell ausmessen außer über seine folgenden drei observablen Erscheinungsformen:

1. Die Massen der Eichbosonen sowie der übrigen massiven Elementarteilchen
2. Die longitudinale Polarisation der schwachen Kraft-Felder
3. Die Existenz und Masse des (eigentlichen) Higgsbosons

Es fällt auf, dass das Higgsfeld gemäß der ersten beiden Erscheinungsformen sich nicht mit gleichsam „eigenen“ Messgrößen bemerkbar macht,

12 Man mag sich fragen, wieso auf der einen Seite eine Eichtheorie mit schweren Eichbosonen nicht möglich sein soll, aber andererseits letztendlich über den Umweg des Higgsmechanismus dennoch eine solche vorgelegt werden kann. Das liegt daran, dass die Kopplungen zwischen dem Higgsfeld und den Vektorbosonen bereits eichinvariant angelegt sind. Nur deshalb können die Vektorbosonen die zusätzlichen Polarisationsfreiheitsgrade überhaupt „aufnehmen“. Die longitudinalen Polarisationsfreiheitsgrade der schweren Vektorbosonen sind in diesem Kontext im Prinzip gerade ein Ausdruck der Eichsymmetrie des Standardmodells. Eine Eichtheorie mit schweren Eichbosonen auf eine völlig andere Art konstruieren zu wollen, erscheint damit auch als recht aussichtslos.

sondern über Attribute, die man intuitiv eher anderen Entitäten zusprechen würde, nämlich den betreffenden Elementarteilchen wie den Eichbosonen, die durch das Higgsfeld Masse „erhalten“. Die messbaren Parameter der Theorie geben also gar keinen Aufschluss darüber, ob es eine physikalische Entität gibt, die dem Higgsfeld entspricht. Statt ein allgegenwärtiges universales Feld anzunehmen, das mit masselosen Elementarteilchen reagiert und ihnen damit den Anstrich der Massivität verpasst, könnte man das Feld gänzlich aus dem Spektrum der physikalischen Entitäten entfernen und stattdessen den Elementarteilchen selbst die Masse als ein eigenständiges, intrinsisches Attribut zusprechen. Das einzige physikalische Teilchen, das zwingend in die Theorie Eingang finden muss, um sie konsistent hinsichtlich ihrer Erhaltungssätze und ihrer Teilchendynamik zu machen, ist das *Higgsboson*.¹³

3. Zur Interpretation physikalischer Theorien

Tatsächlich streiten sich die Wissenschaftstheoretiker gegenwärtig über die ontologische Bedeutung des Higgsmechanismus, was an einem Disput zwischen Holger Lyre und Andreas Wüthrich gut nachvollzogen werden kann. So behauptet Lyre, der Higgsmechanismus enthalte gar kein Erklärungspotenzial für die Teilchenmassen:

„[T]he Higgs mechanism had its heuristic value only within the context of discovery, whereas within the context of justification this very „mechanism“ should rather be considered a kind of *Wittgensteinian ladder*: once [...] [it] is introduced we may without further ado forget about its heuristic derivation.“¹⁴

Wüthrich hält dem entgegen, Lyre verstehe den Begriff „Higgsmechanismus“ falsch oder zumindest anders als der Großteil der „Community“ ihn begreife. Es gehe um einen physikalischen Phasenübergang und nicht einfach um ein „Umsortieren von Freiheitsgraden“.¹⁵

13 Der Vollständigkeit halber muss hier ergänzt werden, dass diese Überlegung für das Standardmodell der Elementarteilchen gilt, in ihren Einzelheiten aber nicht notwendig für Elementarteilchentheorien valid sein muss, die über das Standardmodell hinausgehen.

14 Lyre, *Does the Higgs Mechanism Exist?*, 11.

15 „reshuffling degrees of freedom“, ebd., 1 und: Wüthrich, *Eating Goldstone bosons in a phase transition*, 1.

„The proper understanding of the term is that of a transition from a symmetric phase of a physical system to an asymmetric (or broken) phase. [...] Such a process might or might not have happened in the cooling of the early universe, but in any case, whether it happened or not is a meaningful empirical question and is not answered to the negative by Lyre’s conceptual argument.“¹⁶

Lyre wiederum kontert dieses Argument mit dem Hinweis, dass der Higgsmechanismus in Wüthrichs Sinne gar nicht Teil des Standardmodells der Elementarteilchen sei:

„[T]he demand of such a transition remains a mere just-so story. Also Wüthrich has only speculations about cosmic coolings to offer.“¹⁷

Aus diesem Streit kann man lernen, dass die Zusammensetzung dessen, was wir als physikalische Objekte betrachten, durch eine physikalische Theorie nicht eindeutig bestimmt sein muss, wie hier am Beispiel des Higgsmechanismus zu sehen ist. Dieser Umstand spiegelt das grundsätzliche Verhältnis einer modernen quantenphysikalischen Theorie zur empirisch erfahrbaren Welt wider, das sich in eine mehrschichtige Struktur von Aspekten gliedert:

1. Die eigentliche physikalische *Theorie* selbst, d. h. ihr Formelapparat, ihre Axiome und Theoreme, gibt Auskunft über die verschiedenen Messgrößen bzw. Observable und die zwischen ihnen bestehenden naturgesetzlichen Zusammenhänge.
2. Den *Observablen* werden im Zuge einer konkreten Messung – z. B. im Rahmen eines Experimentes – oder einer Modellrechnung o. Ä. explizite Messwerte beigelegt.
3. Wird ein Satz spezifischer *Messwerte* auf ein oder mehrere physikalische Objekte oder auf ein physikalisches System bezogen, spricht man auch von einem *Zustand*. Ein Zustand ist also eine auf Objekte oder auf ein System bezogene Zusammenstellung von Messwerten.
4. Dieser Bezug auf physikalische Objekte ist im Rahmen quantenphysikalischer Theorien allerdings problematisch, denn eine Theorie legt von sich

¹⁶ Wüthrich, Eating Goldstone bosons in a phase transition, 10.

¹⁷ Lyre, The just-so Higgs story, 3.

aus ggf. gar nicht eindeutig fest, was für physikalische Objekte sie eigentlich beschreibt. Dazu bedarf es einer *Interpretation* der Theorie, welche die theoretischen Ausdrücke der Theorie und deren Messgrößen auf physikalische Entitäten abbildet und damit das Spektrum der durch die Theorie beschriebenen Objekte, oder genauer: die Klassen von Objekten bzw. die Objekt-Typen, erst konkret festlegt.

5. Zur Durchführung eines Experiments müssen handfeste materielle Objekte (Tokens) als Untersuchungsgegenstände bereitgestellt werden. Diese *Präparation* der Objekte beruht nun u. a. auf den durch die Theorie und ihre Interpretation zugrunde gelegten Objekt-Typen sowie ihren jeweiligen Relationen zu den Messgrößen.

Was in einem Experiment gemessen werden kann und gemessen wird, hängt also zu einem gewissen Teil von der Theorie und ihrer Interpretation ab, die dem jeweiligen Experiment zugrunde liegt. Dies kann durchaus als Ausdruck des allgemeineren Umstands betrachtet werden, dass die Erfahrung der gegenständlichen Welt nicht unabhängig von den Zeichen- bzw. Begriffssystemen ist, die wir zu ihrer Beschreibung verwenden. Gerade die übliche Interpretation des Higgsmechanismus mit ihrem allgegenwärtigen Kraftfeld, das allem Flüchtigen der Welt Masse und der Welt also Materialität, Struktur und Ordnung verleiht, ist keine zwingende Folgerung aus der Theorie der Elementarteilchen, sondern eher eine darüber hinausgehende Erzählung, wenngleich sie sich gründet auf physikalische Einsichten und bezogen ist auf die gegenständliche Außenwelt.

4. Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion zur Objektivität

Wenn es nun das Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion zu ergünden gilt, ist zu fragen, wovon genau einerseits die Naturwissenschaft und wovon andererseits die Religion spricht. Im Zentrum naturwissenschaftlicher Begriffsbildungen stehen, wie gesehen, Gesetzmäßigkeiten, Observable und Objekte. Selbst wenn die Spezifika der physikalischen Objekte ambivalent bleiben müssen, brauchen die empirischen Wissenschaften doch die gegenständliche Objektbezogenheit als Grundlage der Bereitstellung von Experimenten. Was aber ist demgegenüber Gegenstand *religiöser*

Rede? Bezieht sie sich ebenso wie das Naturwissenschaftliche auf Objekte – Objekte religiösen Glaubens sozusagen?

Um das beantworten zu können, muss zunächst definiert werden, was überhaupt unter einem Objekt zu verstehen ist. Ich will dies mit drei verschiedenen Ansätzen umreißen, nämlich einem idealistischen, einem physikalischen und einem semiotischen:

1. *Idealistisch*: Nach Immanuel Kant ist ein Objekt „das, in dessen Begriff das Mannigfaltige einer gegebenen Anschauung *vereinigt* ist“.¹⁸
2. *Physikalisch*: Objekte sind die Instanzen der *Objektclassen*, die durch die Interpretation einer Theorie vorgegeben werden, bzw. Tokens, deren zugehörige Types – als Gruppierung von Observablen – durch eine Theorie und deren Interpretation definiert sind.
3. *Semiotisch*: Ein Objekt ist etwas, das durch Zeichen vom Typ eines Index bezeichnet werden kann. Das, worauf ein *Index* zeigen kann, ist wiederum definiert durch das dem Index zugrunde liegende Zeichensystem.

In der Zeichenlehre von Charles Sanders Peirce ist der *Index* eine Art von Zeichen, das entweder auf etwas Konkretes zeigt – wie ein Pfeil, der auf etwas zielt – (ausgearteter Index) oder das durch die direkte Einwirkung einer Sache (bzw. einer ihrer Eigenschaften) auf den Zeichenträger ebendiese Sache selbst explizieren kann – so wie ein Windsack auf den Wind hinweist – (genuiner Index).¹⁹ Der indexikalische Zeichentyp ist wesentlicher Träger der unmittelbaren Konfrontation des Subjekts mit der gegenständlichen, objektiven Außenwelt.²⁰

Was wären nun die „Gegenstände“ der Glaubenswelt, die die obigen Präzisionen 1 bis 3 befriedigen? Etwa *Gott*? Er gehört schon nach Kantscher Auffassung nicht dazu. Kant zufolge ist „Gott“ eine regulative Idee und nicht der Begriff zu einem Gegenstand.²¹ Der Gottesbegriff verweist nicht auf ein Objekt im *idealistischen* Sinne.

18 Kant, Kritik der reinen Vernunft, B 137.

19 Peirce, Elements of Logic, CP 2.283 ff.

20 Nagl, Charles Sanders Peirce, 94.

21 Vgl. zum Begriff der Idee Kant, Kritik der Urteilskraft, B192-B199. Zur Konzeption der regulativen Idee des Gottesbegriffes s. P. Jonkers, Living as if God exists.

Es ist zu bezweifeln, dass das Subjekt je in einer Weise mit Gott konfrontiert ist, die einer gegenständlichen Konfrontation mit der Außenwelt gleichkommt. In monotheistischen Religionstraditionen wird man kaum sagen können, Gott sei „hier“ oder „dort“, bzw. direkt seine Anwesenheit anzeigen können. Die *semiotische* Typisierung des Objektbegriffes lässt es daher ebenso wenig zu, Gott als eine Art von Objekt zu begreifen.

Mit der *physikalischen* Typisierung des Objektbegriffes ist dies schon gar nicht möglich, denn dazu bräuchte es eine physikalische Theorie, die den Gottesbegriff beinhaltet. Eine solche gibt es allerdings nicht. Mit ganz analogen Überlegungen lässt sich auch ausschließen, dass über sonstige himmlische Mächte oder dgl. als objektive Gegebenheiten gesprochen werden kann.

Nun gibt es dennoch auch in religiösen Kontexten Zeichen mit objekt-orientierten Denotaten. Beispielsweise zu bemerken, dass der Messwein beim Abendmahl lauwarm ist, beinhaltet einen Zeichengebrauch von indexikalischem Typ. Allein ist dies vom religiösen Standpunkt her recht uninteressant, ja man mag bezweifeln, dass hierbei überhaupt Zeichen verwendet werden, die zu einem spezifisch religiösen Zeichensystem oder Sprachspiel gehören. Denn nicht die konkreten materiellen Eigenschaften des Messweins sind das Entscheidende im religiösen Sprachspiel, sondern vielmehr seine Rolle als religiöses Symbol.²²

Allgemeiner gefasst lässt sich feststellen, dass naturwissenschaftliche Symbolsysteme aufgrund des Anspruches empirischer Überprüfbarkeit darauf abzielen, Untersuchungsgegenstände, also Objekte, zu definieren und zu präparieren, religiöse Zeichenkontexte hingegen auf Objektbezüge weitgehend verzichten können (sofern sie nicht ins Magische hineingreifen wollen). Naturwissenschaft deutet die Welt demnach gegenständlich um der Empirie willen, Religion deutet die Welt hingegen nicht (notwendig) als Kollektion von Gegenständen, sondern symbolisch oder narrativ.

Während es bei dem religiösen Zeichengebrauch also am konkreten Objektbezug hapert, mangelt der rein naturwissenschaftlichen Tätigkeit – im

22 Die objektiv-materiellen Eigenschaften der eucharistischen Gestalten sind deshalb allerdings nicht bedeutungslos, da ihre Symbolfunktion im religiösen Sprachspiel wesentlich durch sie geprägt ist. Der Grund dafür wird – in verallgemeinerter Weise – im folgenden Abschnitt erläutert.

engeren Sinne – der narrative und in gewisser Weise auch der performative Aspekt. Narration ohne Objektbezug aber ist so wenig konkret und vorstellbar wie Objektivität ohne Narrativität kalt und tot ist. Daher muss sich eins beim anderen bedienen – entsprechend der gegenseitigen Angewiesenheit von Objekt und Subjekt aufeinander. Wie aber sollte dies möglich sein, dass sich eins beim anderen bedient, wenn doch die religiöse und die naturwissenschaftliche Sprachwelt derart verschieden voneinander sind, dass sie nicht nur nicht von denselben Dingen reden, sondern sich sogar in der Art des in den beiden Kontexten je zur Sprache Gebrachten fundamental und kategorial voneinander unterscheiden?

Es sind nun gerade gewisse religiöse Rituale und Erzählfiguren, die es erlauben, sakrale Glaubensinhalte mit Überzeugungen und Erkenntnissen aus ganz anderen Erfahrungsbereichen als der Religion – etwa aus der Wissenschaft oder der Alltagswelt – in eine Beziehung zu setzen, die allerdings nicht konzeptueller, sondern eher metaphorischer Natur ist.

Dieses möchte ich am Beispiel des priesterlichen Schöpfungsberichts näher erläutern. Eingangs hatte ich bereits angedeutet, dass die Genesiserzählung selbst den Hinweis darauf gibt, dass der Tagesrhythmus des Schöpfungsgeschehens nicht als astronomisch-physikalisches Zeitmaß missverstanden werden sollte.

5. Insignien und ihre Funktion

Von Beginn an wird das Schöpfungswerk Gottes und jedes seiner Abschnitte besiegelt und signiert mit dem Tag (*jôm*, יוֹם), was im Hebräischen grundsätzlich auch als Ausdruck für die *Zeit* verstanden werden kann:

„Da ward aus Abend und Morgen der erste Tag.“²³

Doch wie bereits oben bemerkt, wird die „astronomische Uhr“ – bestehend aus dem Licht (*ma'ôr*, מֵאוֹר) der Himmelskörper –, die die „(Fest-) Zeiten, Tage und Jahre“ bestimmt, erst am vierten Tag ins Werk gesetzt.²⁴ Der priesterliche Schöpfungstext verbietet so aus sich selbst heraus die Interpretation der sieben Schöpfungstage als chronologisches Maß – und das ver-

²³ Gen 1,5.

²⁴ Gen 1,14–19.

mutlich, um Raum zu schaffen für ein Verständnis des Tages, *jôm*, das hier etwas anderes vermitteln kann als eine bloß astronomisch-physikalische Zeitmessung.

Der Tag, so habe ich eben gesagt, *signiert* den Schöpfungsvorgang, und er ist darüber zugleich ein *Insigne* des Schöpfers. Ein Insigne ist etwas, das einerseits als Objekt erfahren werden kann, andererseits aber zugleich als Symbol (für eine übertragene Bedeutung) verwendet wird. Es ist nicht notwendig, dass der Objekt- und der Symbolcharakter eines Insignes demselben Zeichenkontext bzw. demselben Kategoriensystem zuzuordnen ist. Im Gegenteil gewinnt ein Insigne seine Bedeutung gerade durch seine Brückenfunktion zwischen verschiedenen kategorialen Kontexten. Dafür ist es prädestiniert, denn weil es zum einen als materieller Gegenstand und zum anderen als Zeichen mit metaphorischem Charakter fungiert, kann es auch eine Doppelfunktion wahrnehmen in sowohl objektorientierten Sprachkontexten wie beispielsweise der Naturwissenschaft als auch narrativen Zusammenhängen wie z. B. der religiösen Erzählung. Das Insigne ist also als eine Sonderform der Metapher zu betrachten, die eine Kategorien übergreifende Funktion haben kann. Nelson Goodman zufolge dienen Metaphern quasi als „kalkulierte Kategorienfehler“.²⁵

Das Wort *jôm* verweist in der Genesis-Erzählung nun auf den Tag als ein Insigne, das seinen konkreten astronomisch-physikalischen Objektbezug in der periodischen Bewegung der Himmelskörper hat, zugleich aber in übertragenem Sinne auf Gott, den Schöpfer verweist. Wie oben dargelegt, kann von Gott nicht unmittelbar in einem objektivierten Sinne gesprochen werden. Er ist nicht etwas oder jemand, dem gleichwie einem Objekt Dasein und Eigenschaften beigemessen werden könnten. Es lässt sich daher nur mehr symbolisch, narrativ und/oder metaphorisch von Gott sprechen. Das Insigne *jôm*, Tag, verbindet dies aber mit einem mittelbaren Objektbezug. Es strukturiert und bereichert die Erzählung über die Schöpfung und überträgt zugleich Bedeutungsinhalte des Tages-Begriffes aus einem objektiviertem Kontext – nämlich dem des astronomischen Tages – auf den Inhalt des Begriffes „Gott“, des Schöpfers.

25 Goodman, Languages of Art, 73.

Mit dem astronomischen Tag und seiner all-täglichen Erfahrung verbunden sind Eigenschaften wie Gesetzmäßigkeit, Zuverlässigkeit (des Tageszyklus), der Biorhythmus, das wiederkehrende Tageslicht als Lebensimpuls, aber auch der Tageswechsel als Eröffnung immer neuer Möglichkeiten („morgen ist auch noch ein Tag“, wie der Volksmund sagt). Dieses auf Gott, den Schöpfer, zu übertragen heißt, ihn als Garant der Lebensgrundlagen zu sehen, seine Schöpfung wahrzunehmen als das tägliche frische Erwachen, als Inbegriff und „Rhythmus“ neuer kreatürlicher Möglichkeiten, kurz: Es bedeutet, in der Erzählung über die Ersterschaffung der Welt bereits auch die *Creatio Continua* zu erblicken, die die Welt zugleich erhält und täglich neu erschafft, ihre Zukunft offenhält und derhalben die Hoffnung auf ihre Vollendung wachhält.

Das Lob Gottes durch seine Schöpfungswerke wird in der religiösen Erzählung vergegenwärtigt. Die Schöpfungswerke lassen den Schöpfer selbst konkret und fassbar werden, und zwar dergestalt, dass das *Insigne* des Schöpfers, das der objektiven Naturkenntnis entstammt, nun den Objektbezug der religiösen Erzählung herstellt. Der Schöpfer wird aber nicht dadurch konkret, dass er selbst etwa wie ein Objekt oder ein materielles Wesen aufzufassen wäre, sondern die Konkretion wird durch Übertragung (Metaphorik) der Attribute von Dingen der Objektwelt in die Erzählwelt des Mythos hinein geleistet, dort verfremdet und den zentralen Erzählinhalten quasi „angeheftet“.

Dieses „Entleihen“ von Attributen aus einem fremden Kontext geschieht allerdings nicht einfach von selbst oder dadurch, dass man die Konvention des *Insignes* formal zur Kenntnis nimmt. Vielmehr bedarf es dazu eines konkreten Sprech- oder Handlungsaktes, durch den das Subjekt das *Insigne vergegenwärtigen* kann. Für ästhetische, sinnliche Vergegenwärtigungen von religiösen Texten bieten Religionen eine Fülle von tradierten Möglichkeiten wie liturgische Abläufe und Rituale, Musik und Gesang und nicht zuletzt den eigentlichen *Akt* des Erzählens und Hörens religiöser Geschichten selbst.

Um also mittelbar objektiviert über Gott sprechen zu können, bedarf es – auf den ersten Blick paradoxerweise – zunächst eines narrativen bzw.

rituellen Ansatzpunktes, um damit eine Assoziation zu einem objektivierbaren Denotat zu eröffnen, das seinerseits einem (religions-) fremden Kontext entstammt. Dessen Attribute lassen sich dann im Vollzug des Erzählens, des Hörens oder des rituellen Aktes auf die Erzählfigur projizieren bzw. an die Erzähl- oder Ritualstruktur adaptieren.

Jedes objektivierende, faktenorientierte Reden über Gott geht letztlich fehl, wenn es nicht seine Objektivierung metaphorisch aus fremdem Kontext schöpft und sich dazu auf originär religiös-rituelle Ausdruckweisen gründet, wie wir sie aus der religiösen Erzählung, dem Gebet, der Liturgie, der Feier der Sakramente etc. kennen. Es wird andernfalls in einer Sackgasse aus nicht aufhebbareren Kategorienfehlern enden.²⁶ Einen sachlichen Zugang zu Gott gibt es nicht unabhängig vom gelebten religiösen Ausdruck auf narrativer und liturgisch-ritueller Ebene.

Wenn also Gen 1 gleich zu Beginn die Schöpfung mit *jôm*, dem Tag oder der Zeit, signiert und in den Versen 14 ff. deutlich macht, dass es sich hierbei nicht um eine chronologische Zeitangabe handelt, dann bildet dies fassbare Attribute auf den unfassbaren Schöpfer ab und dient damit gerade in dieser Entfremdung von der „Faktensprache“ dem Zweck einer Objektivierung des Gesagten, so paradox das im ersten Moment erscheinen mag. Doch gerade in dieser Weise werden die Autoren der Priesterschrift dem Anspruch gerecht, den von Rad ihnen unterstellt, nämlich neben theologischen Betrachtungen auch Naturerkenntnisse vermitteln zu wollen.²⁷ Die Vermittlung von Naturerkenntnissen ist hier kein Selbstzweck, sondern eigentlich der einzige Weg, den Schöpfer und das Schöpfungsgeschehen fassbar zu machen, wohl wissend, dass die Naturverhältnisse dem Schöpfer nicht direkt konzeptionell zugeschrieben werden können, sondern nur narrativ im Modus des Sprechens und Hörens, d. h. durch das Vergegenwärtigen des Gesagten im konkreten Akt des Erzählens oder Rezitierens.

Die Erfahrungen aus der Naturerkenntnis reichern auf diese Weise die religiöse Erzählung mit objektivem Wissen an, allerdings so, dass sie dadurch trotzdem nicht widersprüchlich wird oder in ernste Kategorienfehler hi-

26 Vgl. dazu auch: Stahlberg, Gebetsfehler. Sowie: Stahlberg, The Higgs Boson, the God Particle, and the Correlation Between Scientific and Religious Narratives.

27 S. Fußnote 2.

neinläuft. Dieses „Anreichern“ des Narrativen mit dem Objektiven vollzieht sich auf einer individuellen und aktuellen Ebene, nicht auf einer allgemeingültigen und zeitübergreifenden. Gleichwohl vermag diese Art von Vergegenwärtigung vermittels der metaphorischen Funktion von Insignien auf lange Sicht auch Rückwirkungen auf die grundlegenden religiösen Überzeugungen einer ganzen Sozietät auszuüben.

Umgekehrt können die objektiven Bestimmungen der Naturwissenschaft ganz entscheidend auch von narrativen Elementen geprägt sein. Wie oben dargelegt, gibt es Ambiguitäten bei der Zuschreibung von physikalischen Objekten zu theoretischen Begriffen und Konzepten in der Physik. Der Higgsmechanismus lässt im Rahmen des Standardmodells der Elementarteilchen zumindest zwei verschiedene Interpretationen zu, die teils unterschiedliche physikalische Entitäten beschreiben.

Dies ändert sich, sobald das Standardmodell der *Elementarteilchen* in das *kosmologische* Standardmodell, also in die „Urknalltheorie“ eingebettet wird. Dort wird der Higgsmechanismus zur Beschreibung der Entwicklung des frühen Universums als ein real ablaufender physikalischer Phasenübergang betrachtet, dem das Higgsfeld als ein wirkliches physikalisches Objekt zugrunde liegt. Das schließt diejenige Interpretation des Higgsmechanismus aus, die das Higgsfeld – mit Ausnahme des Higgsbosons – lediglich als mathematische Hilfsgröße ansieht, um eine adäquate Elementarteilchentheorie zu konstruieren. Dieser Ausschluss einer spezifischen Interpretation basiert allerdings nicht auf einer in sich konsistenten und geschlossenen physikalischen Theorie, sondern, wie bereits eingangs erwähnt, auf einer Darstellung der kosmischen Historie, die auf einer Verkettung sehr unterschiedlicher physikalischer Theorien beruht, welche untereinander nicht restlos kompatibel sind. Dies ist nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft auch gar nicht anders möglich und völlig legitim, doch hat es durchaus in gewissem Sinne den Charakter einer Narration, einer Art „Genesis-Erzählung“ der modernen Naturwissenschaft. Daher rührt der Vorwurf Lyres an Wüthrich, er gründe seine Interpretation des Higgsmechanismus letztlich auf „a mere just-so story“,²⁸ da er seine Argumentation aus dem Prozess der Abkühlung des frühen Universums im Rahmen des kosmolo-

28 Siehe Anmerkung 17.

gischen Modells ableite. Denn dieses bietet eine „Story“, eine Erzählung, die über den Bereich fundierter physikalischer Theoriebildung hinausgeht, da sie verschiedene nicht umfassend ineinandergreifende Theorien zu einer Gesamtgeschichte zusammensetzt.

So gesehen liegt hier also ein Beispiel dafür vor, dass der Bedarf nach einer spezifischen Erzählung – nämlich der Erzählung der Kosmosgeschichte – in die Interpretation einer physikalischen Theorie eingreift. In diesem Fall erzwingt die Erzählung die Entscheidung für eine bestimmte ontische Interpretation, die gemäß der zugrunde liegenden Theorie – dem Standardmodell der Elementarteilchen – *nicht* zwingend ist.

6. Fazit

Wie oben bereits erwähnt, ist Narration ohne Objektbezug so wenig konkret und vorstellbar wie Objektivität ohne Narrativität kalt und tot ist. Daher muss sich eins beim anderen bedienen. Religiöse Sprachspiele – wie das Erzählen, das Gebet, (Psalm-) Singen, gewisse Rituale – stellen dazu Zeichen bereit, die einen „schonenden“ und nicht in Widersprüche verwickelnden Eintrag gewisser Objektivität (i. S. v. Objekt-Bezogenheit) aus der Alltags- oder Wissenschaftswelt – also aus kategorial fremden Bereichen – in die Religion erlauben.

Naturwissenschaften enthalten von sich aus derartige Sprachkomponenten nicht, jedoch kann das Einbringen narrativer Elemente in den Kontext der Naturwissenschaften diese nicht nur beleben, sondern es gewinnt dabei ggf. Einfluss auf deren objektive Bestimmungen.

Literatur:

- ATLAS Collaboration: Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs Boson with the ATLAS Detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716 (2012), 1–29. Außerdem: arXiv: 1207.7214 [hep-ex], 2012.
- CMS Collaboration: Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. *Physics Letters B*, 716 (2012), 30 ff. Außerdem: arXiv: 1207.7235 [hep-ex], 2012.
- Gertz, Jan Christian (Hg.): *Grundinformation Altes Testament*. 4. Aufl., Göttingen 2010.
- Goodman, Nelson: *Languages of Art*. 2. Aufl., Indianapolis (Indiana) 1976.
- Jonkers, Peter: Living as if God exists: Looking for a Common Ground in Times of Radical Pluralism. *European Journal for Philosophy of Religion*, 6 (2014), 111–132.
- Kant, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft* (Königsberg 1781/1787). In: Heide- mann, Ingeborg et al. (Hg.): *Studienausgabe von Kants drei erkenntniskritischen Hauptwerken*, Stuttgart 1966.
- Kant, Immanuel. *Kritik der Urteilskraft* (Königsberg 1790). In: Klemme, Heiner F. (Hg.): *Immanuel Kant. Kritik der Urteilskraft*, Hamburg, 2001.
- Lyre, Holger: Does the Higgs Mechanism Exist? *International Studies in the Philosophy of Science*, 22 (2008), 119–133. Außerdem: arXiv:0806.1359v1 [physics.gen-ph], philSci-archive:4073, 2008. (Zitat und Seitenzahl im Text folgt arXiv:0806.1359v1.)
- Lyre, Holger: The just-so Higgs story: a response to Adrian Wüthrich. *philSci-archive*:5513, 2010.
- Nagl, Ludwig: *Charles Sanders Peirce*. Frankfurt (Main)/New York, 1992.
- Noether, Emmy: *Invariante Variationsprobleme*. *Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse* (1918), 235–257.
- Peirce, Charles Sanders: *Elements of Logic*. In: Hartshorne, Charles; Weiss, Paul (Hg.): *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Band I/II, Cambridge (Mass.), 1965, 2.274–2.308.
- Stahlberg, Lorns-Olaf: The Higgs Boson, the God Particle, and the Correlation Between Scientific and Religious Narratives. *Open Theology*, 1 (2015), 366–78.
- Stahlberg, Lorns-Olaf: Gebetsfehler. Das Gebet als Quelle produktiver Kategorienfehler im Spannungsfeld komplementärer Weltauffassungen. *Evangelische Theologie*, 70 (2010), 369–389.
- von Rad, Gerhard: *Theologie des Alten Testaments*, Bd. I, 5. Aufl., München 1962.
- Wüthrich, Adrian: Eating Goldstone bosons in a phase transition: A critical review of Lyre's analysis of the Higgs mechanism. *Journal for General Philosophy of Science*, 43 (2012), 281–287. Außerdem: *philSci-archive*: 9384, 2010. (Zitat und Seitenzahl im Text folgt *philSci-archive*: 9384.)

Frank Vogelsang

Bewusstsein und Materie – tertium non datur?

Dieser Text ist mit einer Frage überschrieben. Fragen, die in dem Titel eines Textes auftauchen, sind oft Suggestivfragen, so dass sich leicht sagen lässt, wie die intendierte Antwort lautet. Das ist auch hier so: Ich plädiere im Folgenden für die Existenz eines tertium zwischen Bewusstsein und Materie. Doch so leicht es ist, die Antwort der Frage zu errahnen, so schwierig ist es, sie dann auch überzeugend zu begründen. Dies hat meiner Ansicht nach mit tief verankerten Wahrnehmungsmustern zu tun, die unsere durch Wissenschaft und Technik geprägte Kultur bereitstellt. Sie lässt es einfach erscheinen, auf der einen Seite von Materie und auf der anderen Seite vom Bewusstsein zu reden, zugleich erschwert sie die Möglichkeit erheblich, etwas Drittes jenseits dieser scheinbar allgemeingültigen Fundamentalunterscheidung zu denken.

Es soll im Folgenden darum gehen, diese kulturellen Wahrnehmungsmuster genauer zu charakterisieren. Sie existieren *einerseits* als diffuse und wenig artikulierte Hintergrundannahmen. So prägen sie unseren Alltag: Entweder ordnen wir etwas, das wir um uns herum beobachten können, als materiellen Prozess ein oder wir führen sprachliche Äußerungen unserer Mitmenschen auf jene Bewusstseinsvorgänge zurück, die wir auch bei uns selbst erleben. *Andererseits* ist diese Unterscheidung in einer reflektierten Form Ausdruck einer bestimmten naturphilosophischen Konzeption, die die Zweiteilung zwischen Bewusstsein und Materie ermöglicht. Dabei kommt der Konzeption selbst eine tragende Rolle zu: Nur unter Berücksichtigung dieser spezifischen Rahmenbedingungen macht der Gebrauch der Begriffe wie Materie oder Bewusstsein Sinn. So gibt es nicht einfach einen aus sich selbst verständlichen Begriff von Materie, ebenso wenig wie einen aus sich selbst verständlichen Begriff des Bewusstseins. Beide Begriffe sind nur deutlich, wenn man sie voneinander abgrenzt, Bewusstsein ist eben Nicht-Materie und Materie ist Nicht-Bewusstsein. Das unterstreicht die Bedeutung der die beiden Seiten verbindenden Konzeption. Letztendlich wirkt die Abgrenzung sogar auch noch bei bestimmten monistischen Kon-

zeptionen nach, eben solchen, die alles auf materielle Prozesse oder alles auf ein Bewusstsein reduzieren wollen. Auch da gilt: Die jeweilige Position wird deutlicher, wenn man darauf sieht, was sie ausschließt.

Die Gebundenheit der Begriffe an eine naturphilosophische Rahmentheorie soll in einem ersten Schritt in einem kurzen Vergleich von antiker und neuzeitlicher Vorstellung von „Materie“ erläutert werden. In einem zweiten Schritt werde ich dann der Frage nachgehen, welche alternativen Theorien heute zu der neuzeitlichen Unterscheidung von Materie und Bewusstsein bestehen. Hier werde ich mich auf Ergebnisse der phänomenologischen Philosophie, insbesondere auf die Arbeiten von Maurice Merleau-Ponty beziehen. Schließlich möchte ich in einem dritten Schritt danach fragen, welche Bedeutung der Begriff „Materie“ in dem neuen Interpretationsrahmen haben kann.

1. Unterschiedliche Konzepte von „Materie“

Der Gebrauch der beiden Begriffe, der des Bewusstseins wie auch der der Materie, ist in der Konstellation einer Gegenüberstellung und gegenseitigen Ausschließung noch nicht alt. Tatsächlich kennzeichnet diese Gegenüberstellung eine bestimmte naturphilosophische Rahmentheorie, die ein Produkt der Neuzeit ist, entstanden zu Beginn des 17. Jahrhunderts. Sie bedeutete eine deutliche Zäsur zu vorangegangenen Vorstellungen, die bis ins Mittelalter durch die antike Philosophie geprägt waren. In der Antike war dagegen das *hyle*-Konzept des Aristoteles sehr einflussreich.

a. Zum *hyle*-Konzept bei Aristoteles

Ein antiker Vorläufer des modernen Materie-Begriffs war der Begriff der *hyle* (ὑλη) (Phys. I 9, 192a22) oder auch *hypokeimene* (ὑποκειμένη) (Phys. I 8, 191a8) bei Aristoteles. Diese Begriffe haben durchaus Ähnlichkeiten mit dem modernen Begriff der Materie, auch hier spielte die Ausdehnung eine Rolle in der Weise, dass die *hyle* stets eine bestimmte Form hat - *eidōs* (εἶδος) (Phys. I 9, 192a34) oder *morphe* (μορφή) (Phys. I 7, 190b20). Aristoteles führt diese Begriffe ein, weil er besonders an der Beschreibung von Veränderung

interessiert ist. Veränderung existiert durch Verformung (Phys. I 7, 190b5) oder auch durch Veränderung des Ortes in der Bewegung (Phys. III 1, 201a15).

Der Begriff der *hyle* hat in der naturphilosophischen Rahmentheorie aber eine ganz andere Stellung als der heutige Begriff der Materie. Durch einen Vergleich kann man gut die Abhängigkeit der Begriffe von ihrer naturphilosophischen Rahmentheorie zeigen. Auf einen besonders wichtigen Akzent in der Unterscheidung möchte ich hier hinweisen: Aristoteles hat die *hyle* mit Hilfe der *dynamis* ($\delta\upsilon\nu\acute{\alpha}\mu\iota\varsigma$), der Möglichkeit bzw. der Potentialität (Phys. III 1, 201a10) charakterisiert. Dann ist die *hyle* das, was Einzeldinge mit einer bestimmten Form oder in einem bestimmten Bewegungszustand möglich macht. Die *hyle* einer Statue ist jene Bronze, die potentiell eine Statue sein kann, die zu einer Statue gegossen werden kann. In natürlichen Veränderungen wird die *hyle* als etwas Strebendes bestimmt (Phys. I 9, 192a22), sie strebt zu einer Form oder zu einem bestimmten Ort. Ganz anders verstehen wir die Materie heute: Die Materie ist hier weniger das, was etwas ermöglicht, vielmehr ist sie etwas, das Widerstand bietet, das bestimmte Möglichkeiten gerade ausschließt. Ein Realist ist ein Mensch, der damit rechnet, dass nicht alles möglich ist, der Berechnungen anstellt, damit er die Begrenzungen, die die materiellen Bedingungen bieten, berücksichtigen kann.

Es gibt einen weiteren gravierenden Unterschied zwischen der antiken *hyle* und der neuzeitlichen Materie. Auch in der aristotelischen Theorie gibt es eine analoge Zweiteilung zu der von Bewusstsein und Materie, das ist die Zweiteilung zwischen *hyle*, dem Zugrundeliegenden, und *morphe*, der Form. Auch diese Zweiteilung ist durchaus fundamental, weshalb die Theorie des Aristoteles auch in der Kurzform als Hylemorphismus bezeichnet werden kann. Erst mit und durch die *hyle* kann eine Form sich als solche ausprägen. Bei Aristoteles ist allerdings die Materie als *hyle* eng verbunden mit der Form, der *morphe*, beide können nicht als kategorial voneinander getrennte Substanzen verstanden werden. Eher verhalten sie sich zueinander wie zwei Dimensionen, die erst zusammen das ausmachen, was wir als die Welt der gestaltbehafteten Dinge erleben. Ein Ding wird zu einem Ding, weil es sowohl von *hyle* wie auch aus *morphe* bestimmt ist. Die *hyle* ist nicht einfach da und in sich ruhend, wie dies in neuzeitlichen Konzepten der Materie der Fall ist.

b. Die Begriffe von Bewusstsein und Materie in der Neuzeit

Im 17. Jahrhundert findet in gewisser Weise eine Radikalisierung statt. Bewusstsein und Materie werden nun als klar getrennte, eigenständige Bereiche verstanden. Das gilt sowohl für die philosophische Tradition des Rationalismus wie auch für die des Empirismus. Descartes unterscheidet als Vertreter des Rationalismus kategorial zwischen der *res extensa* und der *res cogitans* (Descartes 1641: 80). Auch für Locke, ein Vertreter des Empirismus, gibt es zwei klar getrennte Bereiche, einerseits die Reflexion der Ideen, und zum anderen die Ursache für Wahrnehmungen durch äußere Objekte (Locke 1690: 144). Diese kategorialen naturphilosophischen und erkenntnistheoretischen Unterscheidungen haben ganz erheblich dazu beigetragen, dass die Welt auf neuen Grundlagen erforscht werden konnte. Die äußeren Objekte, die *res extensa*, konnten nun als eine einfache und in sich passive Gegebenheit untersucht werden. Messungen und mathematische Beschreibungsformen gewannen an Bedeutung.

Dem Bewusstsein kommt in der Unterscheidung von Bewusstsein und Materie der aktive Teil zu. Das rationale Bewusstsein ist Kennzeichen des sich aktiv in der Welt orientierenden Menschen. Durch gezieltes Handeln formt der Mensch die Materie so, dass sie sich seinen Zielen fügt. Ziele aber setzt allein der Mensch durch seine Bewusstseinsakte. Nicht nur der Begriff der Materie als ein passiv Ausgedehntes, das man vermessen und berechnen kann, sondern auch der Begriff des Bewusstseins gewinnen im Rahmen dieser kategorialen Zweiteilung eine Eigenständigkeit, die vorher nicht so gedacht worden ist. Nicht von ungefähr ist der deutsche Begriff „Bewusstsein“ ein Neologismus dieser Zeit, er taucht das erste Mal bei dem Philosophen Christian Wolf im 18. Jahrhundert auf. Es ist für uns heute kaum vorstellbar, dass Menschen über Jahrtausende nicht das Bedürfnis hatten, das Bewusstsein als solches zu bezeichnen, denn für uns ist seine Eigenständigkeit zu einer Selbstverständlichkeit geworden! Schon allein das sollte den Zweifel wecken, ob die uns so geläufige Unterscheidung von Bewusstsein und Materie wirklich so unumgänglich ist, wie es heute scheint.

So wie die Materie bestimmt ist durch räumliche Ausdehnung, so ist das Bewusstsein bestimmt durch Ausdehnungslosigkeit. So wie die Materie

sich mit Hilfe der physikalischen Gesetze beschreiben lässt, so werden die schlüssigen Gedanken des Bewusstseins bestimmt durch die Regeln der Logik und der Syntax. Durch die Zweiteilung entstanden recht einfache Konzepte, die die Grundlage für eine erste wissenschaftliche Beschreibung der Wirklichkeit bildeten. „Bewusstsein“ und „Materie“ wurden zu zwei Bereichen, in denen man nach der erkenntnistheoretischen Vorgabe von Descartes „*clare et distincte*“ (Descartes 1641: 60.) erkennen kann. In diesem Kontext ist der Begriff der Materie Teil eines austarierten Systems, das gegensätzliche Substanzen oder Vermögen zueinander in ein Verhältnis setzt. Bei allem Erfolg dieser strikten Trennung von Bewusstsein und Materie bleiben aber grundlegende Fragen ungeklärt. Die vornehmste ist die, wie es bei einer solch radikalen und kategorialen Trennung eine Verbindung zwischen beiden geben kann. Wie ist es möglich, dass die materiellen Dinge im Bewusstsein repräsentiert werden können? Wie lässt sich in diesem Konzept die Wahrnehmung verstehen? Gefühle wiederum sind ja nicht nur Gedankenprodukte, sondern nach dem eigenen Erleben auch körperliche Zustände. Dennoch sind sie auch durch Gedanken beeinflusst. Wie soll man sich in einem Konzept strikter Trennung von Bewusstsein und Materie die Gefühle vorstellen? Ist erst einmal die Trennung hergestellt, so sind Konstrukte einer nachträglichen Verbindung wenig überzeugend. Das gilt für die Theorie der Wahrnehmung ebenso wie für die Theorie der Gefühle.

Die Zweiteilung war darüber hinaus nie stabil, immer versuchte eine der beiden Bereiche die Vorherrschaft zu erlangen, im Materialismus die ausgedehnte materiellen Dinge, im Idealismus die erkennende Vernunft als Kennzeichen menschlichen Bewusstseins. Zur Zeit gibt es durch die Erfolge der Naturwissenschaften eine gewisse Tendenz dahin, die Materie zu der grundlegenden Substanz zu machen. Innerhalb einer solchen Naturphilosophie ist die Materie gerade dadurch gekennzeichnet, dass sie immer schon da war. Die Welt ist materiell bedingt, das rationale Bewusstsein ist ein Spezifikum der Spezies *homo sapiens*. Das Bewusstsein wird so dasjenige, das hinzukommt und erklärungsbedürftig erscheint. Wie kann das materielle Substrat des Gehirns, wie kann die Tätigkeit der Neuronen so etwas wie Bewusstsein erzeugen? Das Verhalten der Materie wird durch die Gesetze der Physik und der Chemie oder auch der Biologie beschrieben. In

der materiell bestimmten Welt existieren Regelmäßigkeiten, die aus Materie bestehenden Objekte werden nun als rein passiv vorgestellt. Sie haben keinen intrinsischen Bezug mehr zur Veränderung, sie sind nicht Ausdruck von Möglichkeit, es bedarf der menschlichen Intervention, dass ihre Gegebenheit zu einer Möglichkeit für anderes wird. Im Gegenteil, die Materie als passiv Gegebenes verhindert und reduziert eher Möglichkeiten. Auf diese moderne Interpretation der Materie weisen auch Bilder, die wir uns von ihr machen, ebenso Redensarten wie diese: Fantasieren kann man viel, aber letztendlich kommt es doch darauf an, wieder auf den „Boden der Tatsachen“ zurückzufinden. Die Materie ist im modernen Verständnis eine Bezugsgröße, die zu Realismus zwingt: Materialisten sind Realisten. Es lässt sich viel über die materielle Wirklichkeit denken, entscheidend aber ist, wie sie sich als Materie konstituiert. Eben deshalb kann es in der naturwissenschaftlichen Forschung zu einem *experimentum crucis* kommen. Man kann viele Theorien über die Wirklichkeit entwerfen, jedoch kann man die materiellen Prozesse nicht zwingen. Wenn sich zeigt, dass die Beobachtungen und Messergebnisse eines Versuches der Prognose widersprechen, ist die Theorie, der die Prognose entstammt, zu revidieren. Das klingt einfach und plausibel, doch haben auch solche Ansätze mit schwerwiegenden Problemen zu kämpfen. So bleibt vollkommen undeutlich, wie kausale Prozesse in komplexen Vorgängen eines menschlichen Gehirns die immer gleiche Welt der Mathematik mit ihren universalen Regeln oder die Logik erzeugen kann. Sind nicht alle menschlichen Gehirne als materielle Substrate durch unendlich viele Zufälle bestimmt? Wie kann es dann sein, dass die logischen Schlussfolgerungen für all diese unterschiedlichen Gehirne in leicher Weise zwingend sind?

2. Eine phänomenologische Beschreibung der Wirklichkeit

Die phänomenologische Philosophie sucht Antworten auf die angedeuteten, offenen Fragen, indem sie die konstitutive Bezogenheit der beiden kategorial unterschiedenen Bereiche von Beginn an voraussetzt. Dies zeigt sich in dem Husserlschen Ansatz der Intentionalität: Ein Bewusstsein besteht nicht aus sich heraus, es ist nur so Bewusstsein, dass es ist immer

schon auf etwas anderes als es selbst aus, es intendiert etwas, ein Bewusstsein ist immer „Bewusstsein von etwas“ (Husserl 1913: 179). Der frühe Husserl versucht durchaus noch die Vorstellung eines reinen Bewusstseins zu etablieren. Jedoch geschieht auch das nicht, indem er einfach ein solches Bewusstsein als gegeben annimmt, sondern indem er die Methode der phänomenologischen Reduktion anwendet. Und diese setzt bei dem Bewusstsein an, das immer schon auf das Andere seiner selbst bezogen ist. Eine radikale Weiterentwicklung findet die phänomenologische Methode dann in dem philosophischen Ansatz von Maurice Merleau-Ponty. Er erkennt, dass man zunächst gar nicht davon sprechen kann, dass sich das Bewusstsein als Bewusstsein auf etwas bezieht. Setzt man so beim Bewusstsein an, so ist ja trotz aller Bezogenheit auch das Getrenntsein mitgedacht. Merleau-Ponty fordert, dass man die Bedingungen der leiblichen Existenz berücksichtigt. Die leibliche Existenz ist aber immer schon durch die Verbundenheit der unterschiedenen Bereiche bestimmt. Merleau-Ponty hat das in die Formel gefasst, dass eine vollständige Durchführung der phänomenologischen Methode der Reduktion, also die Freilegung von so etwas wie dem reinen Bewusstsein unmöglich ist:

„Die wichtigste Lehre der Reduktion ist so die der Unmöglichkeit der *vollständigen* Reduktion. (...) Der Philosoph, sagt Husserl in seinen Manuskripten, ist immer neuer Beginner.“ (Merleau-Ponty 1945: 11)

Das bedeutet, dass es keine Möglichkeit gibt, das Bewusstsein aus seiner Bindung an das, was es nicht ist, vollständig zu lösen. Der Zustand der Verbundenheit ist primär, nicht der des Getrenntseins, die Wahrnehmung hat das Primat nicht aber das abstrahierende Denken (Merleau-Ponty 1946). Der schwer zu fassenden Verbundenheit oder Bezogenheit nähert sich Merleau-Ponty mit Hilfe einer vielschichtigen Analyse der leiblichen Existenz. „Der Leib ist zur Welt“, so fasst Merleau-Ponty seine Grundeinsicht zusammen. Der Leib ist nur deshalb der Leib, weil er immer schon auf die Welt ausgerichtet ist (vgl. Merleau-Ponty 1945: 103). In dem dynamischen Bezug des Leibes auf die Welt zeigt sich ein fundamentales Geschehen, das jeder Reflexion, jeder Versicherung der eigenen Denkfähigkeit vorausgeht. Jedes Denken setzt dieses Geschehen voraus, es kommt in gewisser Weise

zu spät, es kann keinen reinen Anfangspunkt definieren. Dann aber gilt: Das, was Descartes als getrennte Substanzen von *res cogitans* und *res extensa* beschreibt, sind späte Produkte eines ursprünglicheren dynamischen Verbundenseins. Es gibt also einen grundlegenden Bezug des Leibes zur Welt, aus dem heraus erst in nachträglicher Abstraktion, sich Bewusstsein und materielle Welt unterscheiden lassen. Die leibliche Existenz in der Welt, ihre Ausgerichtetheit auf die Welt, ist Grundbedingung für das Erkennen.

Was bedeutet diese Erkenntnis für das Konzept der Materie? Merleau-Ponty kehrt in gewisser Weise zurück zu den Entwürfen der vorklassischen antiken Naturphilosophie. Anders als in der Neuzeit, aber auch anders als etwa bei Aristoteles, weist seine Theorie auf ein Geschehen, das noch keine Trennung kennt, das nicht analytischen Methoden zugänglich ist. Diese sind gegenüber dem primären Geschehen immer sekundär. Diese Methoden können nicht zureichend analysieren, was sie stets voraussetzen müssen, um überhaupt angewendet werden zu können. Dies ist natürlich eine konzeptionelle Schwierigkeit, die auch die Phänomenologie nicht beseitigen kann. Merleau-Ponty ringt in seiner späten Philosophie mit neu geformten Ausdrücken wie dem „wildes Sein“ oder dem „Fleisch“, die sich nicht mehr den bisher dargestellten geläufigen Unterscheidungen fügen.

„Das Fleisch ist nicht Materie im Sinne von Seinsteilchen, die sich zusammenfügen oder stetig aneinander fügen, um Seiendes zu bilden. Und ebenso wenig ist es Vorstellung für den Geist.“ (Merleau-Ponty 1964: 183)

Das „Fleisch“ geht in gewisser Weise allen besprochenen Konzepten, sowohl der Unterscheidung von *hyle* und *morphe* wie auch der Unterscheidung von *res cogitans* oder *res extensa* oder aber auch der uns heute geläufigen Unterscheidung von Materie und Bewusstsein voraus.

„Das Fleisch ist nicht Materie, es ist nicht Geist, nicht Substanz. Um es zu bezeichnen, bedürfte es des alten Begriffes „Element“ in dem Sinne, wie man ihn früher benutzt hat, um vom Wasser, von der Luft, von der Erde oder vom Feuer zu sprechen (...).“ (ebenda)

So greift Merleau-Ponty auf die Begriffsbildungen der Vorsokratiker zurück, um auf etwas aufmerksam zu machen, was neuzeitlichen Konzepten der Unterscheidung von Materie und Bewusstsein entgeht.

3. Neue Bedeutung des Begriffes „Materie“

Der Ansatz von Merleau-Ponty ist radikal und zugleich von Spannungen durchzogen. Er zielt mit seinen Untersuchungen nicht auf einen Monismus, etwa ausgedrückt in der Formel: Alles ist Fleisch. Für Merleau-Ponty haben die analytischen Methoden einen wichtigen Stellenwert. Immer wieder hat er sich zum Beispiel intensiv mit naturwissenschaftlichen Forschungen beschäftigt und ihre Ergebnisse in seine Überlegungen einbezogen.

„Wenn die Natur ein Umgreifendes ist, kann man sie nicht mit Begriffen, nicht von Deduktionen aus denken, sondern man muss sie von der Erfahrung aus denken, und insbesondere von der Erfahrung in ihrer geordneten Form, das heißt von der Wissenschaft aus.“ (Merleau-Ponty 1995: 126)

Merleau-Ponty verabschiedet nicht einfach die Wissenschaften und kehrt zu archaischen Vorstellungen zurück. Einheitskonzepte lehnt er mit Nachdruck ab. Er anerkennt die kritische Kraft der Naturwissenschaften, was das Falsifikationsprinzip anklingen lässt:

„Man darf von der Wissenschaft zwar keine fertige neue Konzeption der Natur verlangen, aber wir finden in ihr etwas, das uns ermöglicht, falsche Konzeptionen der Natur zu beseitigen.“ (Merleau-Ponty 1995: 125)

Der Ansatz von Merleau-Ponty hat gerade darin seine Stärke, dass er einen Weg jenseits der dargestellten Unterscheidungen von Bewusstsein und Materie sucht und sich doch nicht auf ein romantisches Naturkonzept einlässt, dass Gegensätze einebnet, sondern die wissenschaftlichen Errungenschaften zu bewahren versucht. Es geht ihm also nicht um radikale Revisionen, sondern um eine Weise der Weiterführung, die auf das aufmerksam macht, was trotz aller Erfolge bisher durch die dargestellten Rahmentheorien übersehen wurde.

So wendet er sich auch nicht kategorial gegen den Inaugurator der neuzeitlichen Philosophie, René Descartes. Eher ist sein Ansatz eine eindringliche Erinnerung an die Voraussetzungen, die Descartes vernachlässigt, wenn er sich auf das Cogito konzentriert. Die neuere Descartes-Forschung ist aber

auch nicht mehr so eindeutig in ihrem Urteil, ob Descartes nicht auch einen Ansatz verfolgt, der über den genannten Dualismus hinausgeht. Der Descartes-Forscher John Cottingham redet deshalb von einem Trialismus bei Descartes, der immer dann auftaucht, wenn Descartes Gefühle und Wahrnehmungen beschreiben will. In einem Brief an Elisabeth von Böhmen wie auch in der Diskussion um seine Meditationen unterscheidet Descartes Körper, Gedanken und die Vereinigung von Körper und Gedanken, welche aus Wahrnehmungen und Leidenschaften bestehen. Cottingham urteilt:

„A grasp of this trialistic distinction, which Descartes articulates – or comes close to articulating – on several occasions, seems to be an essential step towards achieving a true understanding of our nature.”
(Cottingham 1986: 130).

Merleau-Ponty knüpft so durch Weiterentwicklung des phänomenologischen Ansatzes wieder an eine Möglichkeit an, die schon bei Descartes angelegt ist. Es gibt eine weitere Metapher, die Merleau-Ponty aufgreift, um auf das vorgängig Bezogene, Verbundene aufmerksam zu machen, das ist der Chiasmus. Das Wort leitet sich von dem griechischen Buchstaben X her, der eine Überkreuzung zweier Linien darstellt. Dies kann das Sinnbild sein dafür, wie Bewusstsein und Materie immer schon miteinander verschränkt sind. Das Schema bietet eine Unterscheidungsleistung, die sowohl die ursprüngliche Verbundenheit als auch das später analytisch Trennbare aufzuzeigen hilft. Das Schema des Chiasmus ist eine Hilfe, unterschiedliche Phänomene der Wirklichkeit in ihrer Unterschiedenheit zu deuten. Mit Hilfe des Schemas kann man grundlegende metaphysische Fragen bearbeiten, ohne allzu starke Annahmen machen zu müssen: Die Welt zeigt sich als offene Wirklichkeit (Frage nach der Welt), die eigene Identität lässt sich in unterschiedlichen, nicht aufeinander reduzierbaren Spuren nachvollziehen (Frage nach der Identität), die Rede von Gott weist auf die Grundproblematik, dass wir über manche Phänomene keine angemessenen Worte haben (Frage nach Gott) (vgl. Vogelsang 2014a; Vogelsang 2014b; Vogelsang 2016).

So bleibt festzustellen, dass der moderne Begriff der Materie hoch voraussetzungsreich ist und eine spezifische Rahmentheorie moderner Phi-

losophie darstellt. Das Konzept von Materie ist nicht durch präzise Eigenschaften bestimmt. Es gibt auch keine physikalische Größe, die die Materie darstellt. Wer den Begriff der Materie nutzt, setzt immer schon eine Unterscheidung voraus und versucht sich explizit oder implizit, gegenüber anderen Konzepten abzusetzen. Insofern weist der Begriff auch auf das von ihm Unterschiedene, sei es Bewusstsein genannt oder Theorie oder Geist oder Vernunft. Der Begriff der Materie weist implizit immer schon auf ein Zweites. Der philosophische Ansatz von Merleau-Ponty arbeitet dagegen heraus, dass jede grundlegende Zweiteilung ein Geschehen übersieht, das sich ihr entzieht. Man kann seine Metaphern, die des „Fleisches“, des „wildes Seins“ und auch die des „Chiasmus“, so verstehen, dass sie auf das Geschehen aufmerksam machen, das die getrennten Bereiche voraussetzen müssen. Dieses Geschehen ist das tertium zwischen den zwei unterschiedenen Größen.

Literatur:

- Aristoteles, Physik. Erster Halbband. Bücher I (A) – IV (Δ) (übers. und hg. von H.G. Zekl) Hamburg 1987.
- Cottingham, John, Descartes. Malden, Oxford 18. Aufl. 2007.
- Descartes, René, Meditationes de prima philosophia (hg. von L. Gäbe) Hamburg 1992 [1641].
- Husserl, Edmund, Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie, Tübingen unver. Nachdruck der 2. Aufl. 2002 [1913].
- Locke, John, Versuch über den menschlichen Verstand. Band 1: Buch I und II (übers. von C. Winkler) Hamburg 2006 [1690].
- Merleau-Ponty, Phänomenologie der Wahrnehmung (übers. und eingef. von R. Boehm) Berlin 1966 [1945].
- Merleau-Ponty, Maurice, Das Primat der Wahrnehmung, Frankfurt am Main 2003 [1946].
- Merleau-Ponty, Maurice, Das Sichtbare und das Unsichtbare (hg. von Claude Lefort, übers. von R. Guilian, B. Waldenfels) München 3. Aufl. 2004 [1964].
- Merleau-Ponty, Maurice, Die Natur. Aufzeichnungen von Vorlesungen am Collège de France 1956 – 1960 (hg. von D. Séglard, übers. von M. Köller) München 2000 [1995].
- Vogelsang, Frank, Offene Wirklichkeit. Ansatz eines phänomenologischen Realismus nach Merleau-Ponty, Freiburg, München 3. Aufl. 2014 [2014a].

Vogelsang, Frank, Identität in einer offenen Wirklichkeit. Eine Spurensuche im Anschluss an Merleau-Ponty, Ricoeur und Waldenfels, Freiburg, München 2014 [2014b].

Vogelsang, Frank, Die Rede von Gott in einer offenen Wirklichkeit. Phänomenologisch-hermeneutische Untersuchungen nach Merleau-Ponty, Ricoeur und Waldenfels, Freiburg München 2016.

Anhang

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Ulrich Beuttler

Geb. 1967. Pfarrer an der Markuskirche in Backnang, Württemberg, und apl. Professor für Systematische Theologie an der Universität Erlangen-Nürnberg. 1993 Diplom in Physik, Stuttgart. 1998 1. kirchliches Examen evangelische Theologie, Tübingen. Vikariat, 2002–2010 Wissenschaftlicher Assistent für Systematische Theologie in Erlangen, Promotion und Habilitation, seit 2010 Pfarramt der württembergischen Landeskirche. Forschungsschwerpunkte: Schöpfungstheologie, Fundamentaltheologie, Dialog mit den Naturwissenschaften, Ethik der Biotechnologie, diverse Veröffentlichungen zu interdisziplinären Themen, u.a. „Gott und Raum. Theologie der Weltgegenwart Gottes“, 2010.

Prof. Dr. Dr. Brigitte Falkenburg

Geb. 1953. Professorin an der Technischen Universität Dortmund (seit 1997). Heisenberg-Stipendiatin der Deutschen Forschungsgemeinschaft (1993–1997). Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin im Akademischen Jahr 1995/96. Habilitation in Philosophie an der Universität Konstanz (1992), Promotion in Physik an der Universität Heidelberg (1986), Promotion in Philosophie an der Universität Bielefeld (1985). Veröffentlichungen (Auswahl): Mythos Determinismus. Wieviel erklärt uns die Hirnforschung? Heidelberg: Springer 2012; Particle Metaphysics. A Critical Account of Subatomic Reality. Heidelberg: Springer 2007; Kants Kosmologie. Die wissenschaftliche Revolution der Naturphilosophie im 18. Jahrhundert. Frankfurt am Main: Klostermann 2000.

Dr. Hans-Jürgen Fischbeck

Geb. 1938 im heutigen Tansania. Studium der Physik an der Humboldt-Universität Berlin. Danach Arbeit als theoretischer Physiker an der Akademie der Wissenschaften der DDR, dort Promotion und Habilitation. Mitarbeit in kirchlichen Gremien, u. a. Mitglied der Synode der Ev. Kirche Berlin-Brandenburg.

denburg. Als Mitbegründer von „Demokratie Jetzt“ aktive Rolle in der friedlichen Revolution 1989. 1992 – 2003 Studienleiter an der Evangelischen Akademie im Rheinland für den Bereich Naturwissenschaften. 2008 Mitgründer der Akademie Solidarische Ökonomie.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Karen Gloy

Geb. 1949. Studium der Philosophie, Germanistik, Literaturwissenschaft, Physik und Psychologie. 1974 Promotion und 1980 Habilitation in Heidelberg. 1985–2007 Ordinaria in Luzern (Schweiz). Gastprofessuren und -dozenturen in aller Welt. Gegenwärtig Lehraufträge an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Arbeitsschwerpunkte: Geschichte der Philosophie, Naturphilosophie, interkulturelle Philosophie. Veröffentlichungen: u.a. „Einheit und Mannigfaltigkeit“, Berlin 1981. „Das Verständnis der Natur“, 2 Bde., München 1995–1996. „Zeit, Eine Morphologie“, Freiburg/München 2006. „Vernunft und das Andere der Vernunft“, Freiburg/München 2001. „Wahrnehmungswelten“, Freiburg/München 2011. „Kulturüberschreitende Philosophie. Das Verständnis unterschiedlicher Denk- und Handlungsweisen“, München 2012. „Komplexität“, München 2014. „Denkformen“, Paderborn 2016.

PD Dr. Thomas Kirchhoff

Geb. 1967. Studierte Landschaftsplanung und Philosophie in Berlin. Dissertation an der Technischen Universität (TU) München über Theorien ökologischer Einheiten und ihre kulturellen Hintergründe. Seit 2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft e.V. (FEST) in Heidelberg. 2016 Habilitation an der TU München zum Konzept der sog. kulturellen Ökosystemdienstleistungen. Dort Privatdozent für Theorie der Landschaft. Arbeitsschwerpunkte: Lebensweltliche und wissenschaftliche Naturauffassungen. Ausgewählte Veröffentlichungen: Kirchhoff/Trepl (Hg.): Vieldeutige Natur. Landschaft, Wildnis und Ökosystem als kulturgeschichtliche Phänomene. transcript 2009; Kirchhoff: Natur – Landschaft – Wildnis, in: Bundeszentrale für politische Bildung (Hg.): Umwelt-Dossier. <http://www.bpb.de/> 2012; Kirchhoff/Kö-

chy (Hg.): Wünschenswerte Vielheit. Diversität als Kategorie, Befund und Norm. Alber 2016; Kirchhoff/Karafyllis et al.: Naturphilosophie. Ein Lehr- und Studienbuch. UTB/Mohr Siebeck 2017.

Elisabeth Loos

Geb. 1986 in Bremen. Nach dem Studium der Biologie und Ev. Theologie für das Gymnasiallehramt legte sie im Jahr 2011 ihr erstes Staatsexamen ab. Seit 2012 ist sie Promotionsstipendiatin des Evangelischen Studienwerks Villigst und arbeitet zum Lebensbegriff in der Biologie und der Theologie im Kontext der Forschungen zur Synthetischen Biologie. Zu ihren weiteren Forschungsinteressen gehören der Neue Atheismus, das Verhältnis von Natur- und Geisteswissenschaften seit dem 19. Jahrhundert bis heute sowie Geschichte und aktuelle Forschungen der Astrobiologie. Veröffentlichungen: Loos, E. 2015. „Religionslosigkeit und Wissenschaft. Darstellung und Diskussion von Positionen aus dem ‚Neuen Atheismus‘“, in: Beyer, M., Kropff, M. & Liedke, U. (Hrsg.), Religionsloses Ostdeutschland? Wahrnehmungen und Diskurse; Matthias Petzoldt zum 65. Geburtstag, Leipzig: Evangelische Verlagsanstalt, 33–45. Loos, E. 2015. „Biologische Konzepte von ‚Leben‘ und die Synthetische Biologie“, in Graßmann, T. & Herresthal, S. (Hrsg.), Leben konstruieren? Deutungsmuster Synthetischer Biologie, TTN edition 1/2015, 29–47.

Dr. Andreas Losch

Geb. 1972. Studium der ev. Theologie und Judaistik in Bochum, Wuppertal, Jerusalem und Heidelberg, Promotion an der ev.-theol. Fakultät der Ruhruniversität Bochum mit der Arbeit „Jenseits der Konflikte - eine konstruktiv-kritische Auseinandersetzung von Theologie und Naturwissenschaft“ (Göttingen 2011). 2011–2014 Managing Editor der Martin Buber Werkausgabe, seit 2014 Postdoktorand und Koordinator des Projektes „Life beyond our planet?“ am Center for Space and Habitability der Universität Bern. Forschungsschwerpunkte in dem Dialog zwischen Theologie und Naturwissenschaften, insbesondere unter Einbezug der Astrobiologie, und in der jüdischen Religionsphilosophie. Chefredakteur von www.theologie-na-

turwissenschaften.de, Mitglied des Center of Theological Inquiry (Princeton) und der COST Action "Life ORIGINS" (TD 1308). Wichtige Herausgeber-schaften: What is Life? On Earth and Beyond (Cambridge 2017); zusammen mit Thomas Reichert und Johannes Waßmer „Alles in der Schrift ist echte Gesprochenheit“. Martin Buber und die Verdeutschung der Schrift (Lich 2016); zusammen mit Frank Vogelsang, Wissenschaft und die Frage nach Gott (Bonn 2015).

Prof. Dr. Eberhard Müller

Geb. 1949 in Stetten im Remstal. 1976 Physikdiplom an der Universität Tübingen; 1981 Promotion an der ETH Zürich; 1981–1984 Wissenschaftlicher Assistent an der ETH Zürich und an der Universität Zürich; 1984–1987 Forschung am Dublin Institute for Advanced Studies; 1984–1988 Gastprofessor am II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg; 1988–2014 Studienleiter im Evangelischen Studienwerk Villigst; seit 2006 Honorarprofessor der Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn; seit 2014 als selbständiger Wissenschaftler tätig.

Prof. Dr. Jan Cornelius Schmidt

Geb. 1969. Promovierter Physiker und habilitierter Philosoph. Seit 2008 ist Schmidt Professor für Wissenschafts- und Technikphilosophie an der Hochschule Darmstadt. Er hatte eine Professur für Technikphilosophie am Georgia Institute of Technology, Atlanta, inne und vertrat eine Professur für Naturphilosophie an der Universität Jena. Schmidt wurde ferner zu Gastprofessuren nach Wien und Klagenfurt eingeladen. Er ist Mitglied verschiedener Beiräte und Kuratorien, etwa des Transdisziplinaritäts-Beirats der Schweizerischen Akademien der Wissenschaften und des Großen Konvents der Evangelischen Akademie Frankfurt. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Wissenschafts-, Natur- und Technikphilosophie, der Philosophie des Geistes, der Wissenschafts- und Technikethik, der Geschichte der Wissenschaften, der Theorie und Praxis inter- und transdisziplinärer Forschung und der Nachhaltigkeitsforschung. Kürzlich erschienen ist: Das Andere der Natur. Neue Wege zur Naturphilosophie, Hirzel-Verlag, Stuttgart.

Dr. Lorns-Olaf Stahlberg

Geb. 1967. Physiker, Promotion an der Universität Kiel im Bereich der Theoretischen Elementarteilchenphysik. Arbeitsschwerpunkte: Wissenschaftstheorie, Ästhetik der Naturwissenschaften, ästhetische Sprachrezeption in Gebet und Liturgie, Glaube im Kontext zeitgenössischer Weltanschauungen, Bezüge zwischen Naturwissenschaft und Religion. Autor u. a. von: „Gebetsfehler. Das Gebet als Quelle produktiver Kategorienfehler im Spannungsfeld komplementärer Weltauffassungen“, *Evangelische Theologie* 70 (2010), 369–389, „The Higgs Boson, the God Particle, and the Correlation Between Scientific and Religious Narratives“, *Open Theology*, 1 (2015), 366–378.

Dr. Frank Vogelsang

Geb. 1963. Direktor der Evangelischen Akademie im Rheinland. 1990 Dipl.-Ing. Elektrotechnik. 1994 1. kirchliches Examen evangelische Theologie. 1998 Promotion: „Ingenieurethik. Ein Ansatz aus theologischer Perspektive“. Arbeitsschwerpunkte: Dialog zwischen Naturwissenschaft und Theologie, Bioethik, Neuroethik. Veröffentlichungen u.a.: „Offene Wirklichkeit. Ansatz eines phänomenologischen Realismus nach Merleau-Ponty“, Verlag Karl Alber Freiburg/München 2011, 3. Auflage 2014. „Identität in einer offenen Wirklichkeit. Eine Spurensuche im Anschluss an Merleau-Ponty, Ricœur und Waldenfels“, Verlag Karl Alber Freiburg/München 2014. „Die Rede von Gott in einer offenen Wirklichkeit. Phänomenologisch-hermeneutische Untersuchungen nach Merleau-Ponty, Ricœur und Waldenfels“, Verlag Karl Alber Freiburg/München 2016.