Ralf Busse

Fundamentale Größen in einer Lewis'schen Eigenschaftstheorie[1]

Zusammenfassung

D. Lewis zufolge sind physikalische Grundgrößen wie die Masse Familien von perfekt natürlichen Eigenschaften. Die beste Theorie der Natürlichkeit ist jedoch die nominalistische. Der nominalistische Lewisianer muss aber den Familienzusammenhalt der einzelnen Massequalitäten durch fundamentale Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen zwischen den Masseträgern erklären. Eine solche erststufig-relationale Theorie kann auf perfekt natürliche Massequalitäten verzichten, ohne das Haben einer Masse zu einer extrinsischen Eigenschaft zu machen. Diese strikt relationale Theorie ist auch auf fundamentale Vektorgrößen wie die Feldstärken anwendbar. Derart konzipierte Vektorfelder sind mit Lewis' Hypothese der Hume'schen Supervenienz vereinbar. Die Vorteile dieser erststufigen, strikt relationalen Theorie sollte auch der Gegner des modalen Realismus zu erhalten suchen.

Abstract

According to D. Lewis, fundamental physical quantities such as mass are families of perfectly natural properties. The best theory of naturalness, however, is nominalistic. But the nominalistic Lewisian has to account for the unity of the particular masses in terms of fundamental ordering and congruence relations among individuals. Such a first-order relational theory can do without perfectly natural mass qualities, without making the having of a particular mass extrinsic. This strictly relational account can be applied to fundamental vectorial quantities such as the field strengths, too. So conceived, vector fields are compatible with Lewis' hypothesis of Humean Supervenience. Even the denier of real possible worlds should seek to retain the advantages of this first-order, strictly relational theory.

Fundamentale Größen bilden die Typologie einer Theorie

Zu einer eindeutig realistischen Wissenschaftsauffassung gehört die Ansicht, dass es unbeobachtbare konkrete Gegenstände gibt, etwa von

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

der Sorte, wie sie in unseren besten Theorien angenommen werden. Der wissenschaftliche Realist vertraut jedoch nicht nur auf die *Ontologie* der besten Theorien, den Bereich von Dingen, die es geben muss, damit die Theorien wahr sind. Er verlässt sich auch auf etwas, das ich die *Typologie* von Theorien nennen werde. Wissenschaftliche Theorien nehmen nicht nur Gegenstände an, sondern auch Typen, Eigenschaften und Zustände dieser Gegenstände. Zur Theorie der Elektrizität gehört nicht nur die Annahme von Elektronen, sondern auch die der elektrischen Ladungen, die sie besitzen können, und der Feldstärken, unter deren Einfluss sie geraten können. Quine hat die Ontologie einer Theorie von ihrer *Ideologie* unterschieden, dem Umfang von prädikativ ausgedrückten Begriffen („ideas"), die in einer Theorieformulierung in Anspruch genommen werden (Quine 1951). Die Massen, Ladungen und Feldstärken sind jedoch keine in einer Theoriesprache ausgedrückten Begriffe. Vielmehr sind sie theoretisch angenommene objektive Typen von Dingen und gehören so zur Typologie der Physik.[2]

Die Typologie wird in einer Theorieformulierung in Symbolen wie „*m*" für die Masse oder „*q*" für die Ladung repräsentiert. Für den wissenschaftlichen Realisten ist die Einfachheit der Ontologie und Typologie ein Hauptkriterium, um die Glaubwürdigkeit mehrerer alternativer Theoriedeutungen einzuschätzen. Wir schreiben etwa „*m*" für die Masse und „ρ" für die (Massen-)Dichte. Damit nehmen wir jedoch nicht wirklich zwei verschiedene Bestimmungen von physikalischen Gegenständen an. Wir nehmen vielmehr an, eine der beiden Größen, entweder Masse oder Dichte, sei die Grundgröße, mittels derer sich die andere reduktiv definieren lässt. Nur das Symbol für die Grundgröße steht für ein Stück der Typologie. Zwar ist den Theorieformulierungen nicht in jedem Fall ohne weiteres anzusehen, welche Größen die Grundgrößen sein sollen. Doch zu einem realistischen Theorieverständnis gehört, dass nicht alle notierten Größen denselben Status haben, sondern einige, möglichst wenige als Grundgrößen auszuzeichnen sind. Ich spreche auch von *fundamentalen* Größen und suggeriere damit, dass es eine Ebene der Realität gibt, deren Gegenstände durch gewisse Größen charakterisiert sind, aus denen sich alle anderen Bestimmungen von Dingen ergeben.[3]

Das Ideal der Naturphilosophie sehe ich in einem Gesamtverständnis der physischen Realität, das sich aus dem besten Verständnis der besten naturwissenschaftlichen und darunter besonders der besten physikalischen Theorien ergibt, über die wir verfügen. Es ist die Aufgabe der

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Philosophie der Physik, unsere physikalischen Theorien so zu rekonstruieren, dass sich alternative Deutungen gegeneinander abwägen lassen.[4] Zu einem überzeugenden Gesamtverständnis der Realität können solche Rekonstruktionen aber nur zusammen mit weitaus abstrakteren Forschungen führen, die dem Grenzgebiet zwischen Wissenschaftsphilosophie und Metaphysik zuzurechnen ist. Wir müssen ein allgemeines, abstraktes Angebot von Kategorien erarbeiten, mit denen sich die einzelnen Konzepte und Theorien der Physik verstehen lassen. Nahe liegende Kandidaten für solche Kategorien sind die der Einzeldinge, der Eigenschaften und Zustände, der Relationen sowie des Besitzes von Eigenschaften durch Dinge und des Bestehens von Relationen zwischen Dingen.[5]

Insbesondere sollte sich die naturphilosophisch orientierte Metaphysik um ein Konzept fundamentaler physikalischer Größen bemühen, das sie den Interpretationen einzelner physikalischer Theorien zur Verfügung stellen kann. Die klassische Mechanik des Massepunkts unterstellt, dass materielle Partikel jede aus einer kontinuierlichen Vielzahl von trägen Massen besitzen können. Die klassische Elektrodynamik unterstellt Ähnliches für die elektrische Ladung und nimmt außerdem kontinuierliche Größen der elektrischen und magnetischen Feldstärken an. So unbefangen die klassische Physik mit derartigen kontinuierlichen Grundgrößen umgeht, so rätselhaft erscheinen sie doch bei näherem Hinsehen. Einerseits sollen sie physikalische Einzelobjekte der fundamentalen Beschaffenheit nach charakterisieren. Andererseits müssen sich die verschiedenen Massen und Ladungen durch reelle Zahlenwerte und die Feldstärken durch mathematische Vektoren darstellen lassen, damit die Formeln der Physik Sinn ergeben. Fundamentale kontinuierliche Größen scheinen geheimnisvolle Bürger zweier Welten zu sein, sowohl der konkreten raumzeitlichen wie der mathematischen.

Ich möchte im Folgenden einerseits zeigen, dass sich dieses Geheimnis am besten in einer nominalistischen Eigenschaftstheorie aufklären lässt. Gemeint ist eine Theorie, die auf Universalien verzichtet, wie sie besonders D. M. Armstrong angenommen hat (1997). Die Existenz von Mengen und Zahlen wird nicht bestritten. Andererseits wird sich allerdings ergeben, dass die Annahme fundamentaler kontinuierlicher Größen keineswegs metaphysisch harmlos, sondern in typologischer Hinsicht anspruchsvoll ist.

Meine Diskussion unterliegt in ihren wesentlichen Teilen zwei Ein-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

schränkungen. Erstens konzentriere ich mich auf klassische skalare Größen wie die Masse oder die elektrische Ladung. Schon dieser einfachste Fall kontinuierlicher Größen ist schwer zu durchschauen. Die vorgeschlagene Lösung verstehe ich als Modell, anhand dessen sich entsprechende Theorien komplexerer Größen entwickeln lassen. Beispielhaft werde ich skizzieren, wie sich das Modell auf fundamentale vektorielle Größen wie die klassischen Feldstärken übertragen lässt. Auf speziell-relativistische Größen weise ich kurz hin, die Bedeutung des Modells für spätere Entwicklungen der Physik deute ich im Schlussabschnitt nur an. Zweitens werde ich die Konzeption im Rahmen von David Lewis' Metaphysik entwickeln. Mit einigem Recht hat Lewis seine Metaphysik der realen möglichen Welten als ein philosophisches Paradies bezeichnet (1986a: 4). Kaum jemand glaubt an dieses Paradies. Dennoch lohnt sich der Versuch, die paradiesischen Problemlösungen als Modell für eine diesweltliche Metaphysik zu verwenden. Dass der Versuch aussichtsreich ist, werde ich im Schlussabschnitt ebenfalls nur andeuten.

Ich werde die folgenden Thesen vertreten: (2) Lewis' allgemeine Konzeption, derzufolge Eigenschaften Klassen möglicher Individuen sind, (3) sollte nicht durch eine Universalientheorie, sondern durch eine nominalistische Konzeption primitiv-natürlicher Eigenschaften ergänzt werden. (4) Maßfunktionen, die beispielsweise den verschiedenen Massen reelle Zahlen zuordnen, können nicht als unanalysierbar hingenommen werden. (5) Ein Theoretiker primitiv-natürlicher Eigenschaften kann auch keine unanalysierbaren Verhältnisse zweiter Stufe zwischen den verschiedenen Massen annehmen. (6) Er muss vielmehr und kann grundsätzlich physikalische Größen auf der ersten Stufe, also durch Verhältnisse zwischen Einzeldingen erklären. (7) Die einzelnen determinierten physikalischen Qualitäten, etwa die verschiedenen Massequalitäten, sind dann keine fundamentalen Eigenschaften mehr, sondern sind relational konstruierte und dennoch intrinsische Eigenschaften. (8) Die Gerichtetheit vektorieller Grundgrößen lässt sich nach diesem Modell als nichträumlich verstehen, und damit sind vektorielle Größen mit Lewis' Hypothese der Hume'schen Supervenienz vereinbar. Abschließend (9) formuliere ich zwei Desiderata hinsichtlich späterer Entwicklungen der Physik und erwäge kurz, inwieweit sich die erststufig-relationale Theorie der Größen ohne Lewis' modalen Realismus aufrechterhalten lässt.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Eigenschaften sind für Lewis Klassen möglicher Individuen

Man muss physikalische *Eigenschaften* von physikalischen *Größen* (Quantitäten) unterscheiden. *Masse* ist eine Größe und möglicherweise eine fundamentale. (Gemeint ist die träge Masse der klassischen Dynamik. Die entsprechende Grundgröße der speziellen Relativitätstheorie sehe ich in der lorentz-invarianten Ruhemasse.) Doch als fundamentale *Eigenschaft* kann nur eine spezifische Masse gelten. Als Ausgangspunkt wird im Folgenden die Hypothese dienen, eine fundamentale Größe sei eine Familie von fundamentalen Eigenschaften. Die Größe *Masse* wäre beispielsweise das System aus all den spezifischen fundamentalen Masseeigenschaften. Die entscheidende Frage lautet dann, wodurch diese Eigenschaften in eine Familie integriert werden. Ich werde diese Frage anhand einstelliger Größen wie Masse, Ladung usw. diskutieren. Relationale Größen, also insbesondere raumzeitliche Abstände (d. h. die klassischen räumlichen und zeitlichen ebenso wie die genuin raumzeitlichen Intervalle der Minkowski-Raumzeit) werde ich weitgehend außer Acht lassen, da die Theorie der Relationen mit eigenen Problemen behaftet ist. Ich betrachte die Masse als fundamentale kontinuierliche Größe. Damit ist gemeint, dass Partikel irgendeine aus einem kontinuierlichen Spektrum von Masseeigenschaften haben können, ohne dass darin impliziert ist, dass sie aus Teilen bestehen, die kleinere Massen und letztlich eine „Elementarmasse" besitzen. Um neben der Masse ein weiteres Beispiel zur Hand zu haben, betrachte ich auch die Ladung als kontinuierliche Größe. Die Elementarladung ist dann bloß eine bestimmte Ladungsqualität aus dieser Größe.

Für Lewis sind Eigenschaften Klassen von möglichen Individuen. Dieser Konzeption liegt Lewis' modaler Realismus zugrunde. Danach gibt es außer den konkreten Dingen, die zu der Welt um uns herum gehören, eine gewaltige Vielzahl ebenso konkreter Dinge, die jedoch nicht in die wirkliche Welt integriert sind, sondern eine Pluralität möglicher Welten bilden. Die wirkliche Welt ist ein Ganzes aus wirklichen Dingen, die untereinander in raumzeitlichen Beziehungen stehen. Ganz entsprechend ist eine jede bloß mögliche Welt ein Ganzes aus möglichen Dingen, die untereinander in raumzeitlichen Beziehungen stehen. (Manche Welten werden wohl nicht durch raumzeitliche Beziehungen zusammengehalten, sondern durch Beziehungen, die den raumzeitlichen nur analog sind (1986a: 75–76).)

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Eigenschaften sind Klassen möglicher Dinge. Ich werde von Klassen statt von Mengen sprechen, um grundsätzlich offen zu halten, dass zumindest einige Eigenschaften nicht mengenartig sind. Ich werde jedoch unterstellen, dass uns für eine Eigenschaftstheorie die Hierarchie der Mengenlehre zur Verfügung steht, wie auch immer diese zu verstehen ist.[6]

Lewis ist ein Theoretiker *reichlicher* Eigenschaften. Jede beliebige Klasse von möglichen Dingen ist eine Eigenschaft, wie willkürlich sie auch zusammengewürfelt sein mag. Seit Anfang der achtziger Jahre ist Lewis jedoch zugleich auch ein Theoretiker *spärlicher* Eigenschaften. (Zu „abundant" und „sparse properties" siehe (1986a: 59–60).) Einige Klassen möglicher Dinge sind objektiv ausgezeichnet. Sie sind *perfekt natürliche* oder *fundamentale* Eigenschaften. Als plausibelste Kandidaten für solche fundamentalen Eigenschaften, soweit sie in der wirklichen Welt exemplifiziert sind, nennt Lewis physikalische Grundbestimmungen wie Masse und Ladung (1986a: 60). Die Bezeichnung als „natürlich" bringt allein die objektive Auszeichnung einer Eigenschaft zum Ausdruck, sie mag physikalischer oder anderer Art sein. Selbst wenn die wirklich vorkommenden fundamentalen Eigenschaften alle physikalisch sind, mögen in anderen Welten nicht-physikalische perfekt natürliche Eigenschaften exemplifiziert sein.[7]

Die beiden wichtigsten Erläuterungen des Konzeptes der perfekt natürlichen Eigenschaft sind folgende (1986a: 60): Nach der ersten Erläuterung sind die perfekt natürlichen Eigenschaften diejenigen, die erforderlich sind, um eine vollständige Charakterisierung der möglichen Dinge zu gewährleisten. Ließe man eine der physikalischen Grundbestimmungen außer Acht, so wären die Dinge nicht mehr vollständig beschreibbar. Beschreibt man hingegen die Verteilung der fundamentalen Eigenschaften über die Dinge, so liegt mit strikter Notwendigkeit alles fest, was über diese Dinge wahrheitsgemäß zu sagen ist.[8]

Die zweite Erläuterung besagt, dass sich zwei oder mehrere Dinge, die in einer fundamentalen Eigenschaft übereinstimmen, dadurch in einer Hinsicht vollkommen intrinsisch ähneln. Zwei Partikel, die beide die negative elektrische Elementarladung tragen, sind einander in einer Hinsicht vollkommen ähnlich. Anders steht es beispielsweise mit der Eigenschaft, größer als 1,80 m zu sein. Man kann sie haben, indem man 1,81 m groß ist; man kann sie aber auch haben, indem man 1,99 m groß ist. Zwei Personen mit 1,81 m und 1,99 m Größe ähneln einander

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

nicht vollkommen in einer Hinsicht. Die Ähnlichkeit zwischen den beiden gleich geladenen Teilchen ist hingegen *vollkommen*, da das eine Teilchen die Elementarladung nicht auf andere Weise haben kann als das andere. Die Ähnlichkeit der Teilchen ist außerdem *intrinsisch*, weil sie nur die betrachteten Dinge selbst betrifft. In den Ladungszustand eines Teilchens selbst ist kein anderes Ding involviert, obwohl der Ladungszustand sicherlich naturgesetzlich mit den Zuständen anderer Teilchen zusammenhängt.

Diejenigen Eigenschaften, die nicht perfekt natürlich sind, sind keineswegs alle gleich schlecht dran. Manche von ihnen sind immerhin mehr oder weniger natürlich.[9] Da die bloß mehr oder weniger natürlichen Eigenschaften im Folgenden keine besondere Rolle spielen, sage ich gelegentlich „natürlich" für „perfekt natürlich".

Zur Eigenschaftstheorie im weiteren Sinn gehört auch eine Theorie der Beziehungen (1986a: 52–53; 61). Eigenschaften und Relationen nenne ich zusammenfassend *Bestimmungen*. Eine zweistellige Beziehung ist für Lewis eine beliebige Klasse von Paaren von möglichen Einzeldingen. Mehrstellige Beziehungen sind allgemein Klassen von *n*-Tupeln. Auch unter den Beziehungen sind einige objektiv als perfekt natürlich ausgezeichnet. Die plausibelsten Kandidaten sind die räumlichen und zeitlichen Abstandsbeziehungen (speziell-relativistisch: die raumzeitlichen Intervalle). Tatsächlich reichen die fundamentalen Eigenschaften allein zur vollständigen Charakterisierung der Dinge nicht aus, sondern man muss auch die fundamentalen Beziehungen zwischen Dingen angeben. Ich werde mich zwar auf nicht-relationale physikalische Größen konzentrieren, zu ihrer Erklärung jedoch letztlich fundamentale Relationen ins Spiel bringen.

Lewis erwägt drei verschiedene Theorien darüber, wodurch die perfekt natürlichen Eigenschaften ausgezeichnet sind: die Universalientheorie, die Theorie der Tropen und den „adäquaten Nominalismus" (1986a: 63–67).[10] Ich lasse die Tropentheorie außer Acht. Der Universalientheorie zufolge sind Einzeldinge für sich betrachtet qualitätslos. Es gibt jedoch außerdem einen Bereich von qualitativ bestimmten Universalien, die vollständig, als Ganze von vielen verschiedenen Einzeldingen exemplifiziert werden können. Durch die Exemplifizierung wird den Dingen selbst nicht eigentlich Qualität verliehen. Die Dinge werden vielmehr extern mit einem qualitativ bestimmten Universal besetzt. Das qualitativ bestimmte konkrete Einzelding im gewöhnlichen Verständnis

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

erweist sich so als ein Ganzes aus einem *per se* qualitätslosen „dünnen" Einzelding und all den Universalien, die das dünne Ding exemplifiziert. Ein solches Ganzes oder „dickes" Einzelding exemplifiziert in einem abgeleiteten Sinn die in ihm vorkommenden Universalien.[11] Genau solche dicken Dinge, die ein und dasselbe Universal exemplifizieren, bilden für den Lewisianischen Universalientheoretiker eine perfekt natürliche Klasse (1986a: 66).

Man kann treffend sagen, die Dinge in einer perfekt natürlichen Klasse seien jeweils allesamt objektiv vom selben basalen Typ. Der Universalientheoretiker analysiert diese objektive Typgleichheit von Dingen durch den Umstand, dass sie alle wenigstens ein Universal teilen. Dem adäquaten Nominalismus zufolge ist hingegen objektive Typgleichheit unanalysierbar. Der Nominalist akzeptiert das Verhältnis der Typgleichheit zwischen Einzeldingen als Grundbegriff. Perfekt natürliche Eigenschaften lassen sich dann als maximale Klassen von Einzeldingen definieren, die allesamt objektiv vom selben basalen Typ sind. (Lewis' Vorgehen ist etwas anders, doch ich schlage diese Version der nominalistischen Theorie vor.[12])

Doch was sind genauer die Individuen, welche fundamentale Eigenschaften *haben*? Lewis' bevorzugter Sichtweise zufolge sind die einzigen einfachen Individuen unserer Welt die wirklichen Raumzeitpositionen (1986a: 76 Anm. 55). Die Positionen selbst exemplifizieren Bestimmungen wie die Massen (oder Dichten), Ladungen (oder Ladungsdichten) und Feldstärken. (Der Kürze wegen rede ich von Masse und Ladung, statt explizit die Dichten als fundamental zu betrachten.[13]) Möglicherweise gibt es allerdings auch Materie- oder Feldportionen, die an Raumzeitpositionen lokalisiert sind und Masse, Ladung, Feldstärken usw. besitzen. Aus Anschaulichkeitsgründen lege ich der folgenden Modellbildung diese etwas reichere Ontologie zugrunde. Welten bestehen aus Mannigfaltigkeiten realer Raumzeitpositionen, an denen Materie auftreten kann. Ausgeschlossen soll sein, dass es gar keine einfachen Einzeldinge gibt, sondern jedes konkrete Ding immer weiter aus kleineren Teilen besteht.[14] Ich vertrete diese metaphysischen Modellannahmen keineswegs dogmatisch. Möglicherweise wird uns die physikalische Forschung dazu veranlassen, die Annahme aufzugeben, die Gesamtheit der Grundentitäten würde durch fundamentale raumzeitliche Bestimmungen strukturiert. Inwieweit sich die hier entwickelten Modellstrukturen auf ganz andersartige Grundindividuen übertragen lassen, ist offen. Prinzipiell sind

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Kategorien wie Einzelding, Typus, Eigenschaft, Relation und Quantität jedoch nicht auf raumzeitlich strukturierte Realitäten beschränkt.

Es gibt keine Universalien, sondern nur primitiv-natürliche Eigenschaften und Relationen

Lewis entscheidet sich nicht zwischen den konkurrierenden Theorien perfekter Natürlichkeit. Der Nachteil der nominalistischen Theorie besteht darin, dass sie objektive Typgleichheit von Dingen als unanalysierbares, primitives Konzept akzeptieren muss (1983: 14–15; 1986a: 64; 1986b: 79). Ich bezeichne diese Theorie daher als *Primitivitätstheorie*. Damit möchte ich irreführende Konnotationen von „Nominalismus" vermeiden: Zum einen lehnt der Primitivitätstheoretiker nicht jegliche abstrakten Gegenstände ab, sondern nur Universalien und auf ihnen beruhende Entitäten wie Sachverhalte. Insbesondere soll hier die Mengentheorie als unproblematisch gelten. Zum anderen ist objektive Typgleichheit kein metasprachliches Phänomen. Sie besteht nicht darin, dass derselbe Terminus („Nomen") auf mehrere Dinge zutrifft. Der Ballast der Primitivitätstheorie ist nicht ontologischer Art. Sondern er besteht ausschließlich in dem Grundbegriff der Typgleichheit, der allerdings etwas gänzlich Objektives erfassen soll. Ich klassifiziere die Last daher zusammenfassend als typologisch-ideologisch. Demgegenüber analysiert die Universalientheorie objektive Typgleichheit mithilfe der Annahme von Universalien, also auf ontologische Kosten.

Gelegentlich scheint es, als wäge Lewis den typologisch-ideologischen Ballast der Primitivitätstheorie und die ontologischen Kosten der Universalientheorie gegeneinander ab, um zu dem Ergebnis zu kommen, dass sich die Waage etwa ausgleicht (1986a: 64).[15] Ich selbst komme zu einer anderen Einschätzung. Zum einen halte ich den Grundbegriff, auf den sich die Primitivitätstheorie stützt, für recht unproblematisch. (i) Typgleichheit ist keine höherstufige Eigenschaft von Mengen, sondern ein erststufiges Verhältnis, das unmittelbar unter einer Vielzahl konkreter Dinge herrscht. (ii) Dieses Verhältnis ist zwar eine Beziehung unbestimmter Stelligkeit und damit kategorial problematischer als eine monadische Eigenschaft oder eine n-stellige Relation (1983: 15 Anm. 9). „Typgleich" lässt sich jedoch gut als irreduzibel plurales Prädikat verstehen, etwa in der Formulierung „Eine natürliche Eigenschaft ist eine

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

maximale Klasse von *Dingen*, *die* objektiv vom selben Typ *sind*". Lewis hat die Ausdruckskraft der pluralen Quantifikation und Prädikation anerkannt und sie sich theoretisch zu nutze gemacht (1991: 62–71; 1993: 222–224). (iii) Typgleichheit lässt sich als vollkommene intrinsische Ähnlichkeit in einer Hinsicht verstehen und daher anhand eines alltäglichen Verständnisses von Ähnlichkeit gut erläutern, wenn auch nicht definieren.[16]

Zum anderen wird die typologisch-ideologische Last der Universalientheorie unterschätzt, wenn man ihre Kosten hauptsächlich in der erweiterten Ontologie sieht. Um einem Regress zu entgehen (1983: 22), muss der Universalientheoretiker erstens eine fundamentale, unanalysierbare Exemplifizierungsbeziehung zwischen Universalien und dünnen (*per se* qualitätslosen) Einzeldingen annehmen. Diese Beziehung ist extern, da sich ihr Bestehen nicht aus der intrinsischen Natur der Relata ergibt. Das dünne Einzelding hat nämlich *per se* gar keine spezifischen intrinsischen Eigenschaften. Die Annahme einer fundamentalen externen Beziehung ist immer eine erhebliche theoretische Bürde. Außerdem liegt diese Beziehung dem gewöhnlichen Verständnis recht fern. Sie verknüpft ein qualitativ bestimmtes Universal mit einem *per se* qualitativ unbestimmten Einzelding. Selbst ein Universalientheoretiker wie Armstrong erkennt an, dass wir über kein gewöhnliches Konzept solcher dünnen Einzeldinge verfügen.[17] Dann verfügen wir aber auch schwerlich über ein gewöhnliches Konzept einer Beziehung zwischen solchen Dingen und Universalien. Verglichen damit erweist sich das plurale Verhältnis der vollkommenen intrinsischen Ähnlichkeit mehrerer Dinge in einer Hinsicht als deutlich unproblematischer: Es ist zum einen intern, also durch die Naturen der typgleichen Dinge determiniert, und liegt zum anderen dem alltäglichen Verständnis näher, da es eine Ähnlichkeitsbestimmung ist.[18]

Zweitens muss der Universalientheoretiker verständlich machen, was für Entitäten Universalien überhaupt sein sollen. Nicht jede Art von Ding, auf das eine Vielzahl von Einzeldingen einheitlich bezogen ist, macht diese Dinge zu solchen desselben Typs. Universalien können Einzeldinge nur qualitativ bestimmen, indem sie selbst *per se* qualitativ sind. Diese Qualitativität von Universalien muss irgendwie konzipiert werden, und das führt auf die eine oder andere Weise zu zusätzlichem typologisch-ideologischem Ballast der Universalientheorie.[19]

Die Universalientheorie ist demnach bereits unabhängig von der Frage

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

der Ontologie im Nachteil. Ihre typologisch-ideologische Last, also die Annahme einer externen Exemplifizierungsbeziehung und das Konzept *per se* qualitativer Universalien, wiegt insgesamt schwerer als die Last der Primitivitätstheorie, nämlich das plurale Konzept objektiver Typgleichheit. Berücksichtigt man obendrein die ontologische Verpflichtung der Universalientheorie, so geht die Abwägung eindeutig zugunsten der Theorie primitiver Natürlichkeit aus.[20] Aus diesem Grund werde ich versuchen, physikalische Quantitäten innerhalb der Theorie der primitiven Natürlichkeit von Eigenschaften und Relationen zu verstehen.

Maßfunktionen für Größen können nicht fundamental sein

Lewis' wichtigste Äußerung über physikalische Grundgrößen in (1986a: 53) beinhaltet dreierlei. Die erste, negative Botschaft lautet, dass eine Größe wie die Masse nicht eine einzige Eigenschaft ist, die in verschiedenem Grad besessen werden kann. Positiv sagt Lewis zweitens, es gebe stattdessen Familien von Eigenschaften, etwa die verschiedenen Massen. Drittens gebe es Relationen, die die Elemente dieser Eigenschaften auf Zahlen beziehen, beispielsweise die Masse-in-Gramm-Beziehung zwischen Lewis' Kater und einer Zahl um 4500.

Nach Lewis ist also die Eigenschaft, Masse zu haben, keine perfekt natürliche Bestimmung. Perfekt natürlich sind vielmehr die unendlich vielen verschiedenen determinierten Massebestimmungen, etwa die, eine Masse von genau 1 kg zu haben. Überhaupt Masse zu haben heißt, irgendeine der determinierten Massen zu haben.[21] Die zentrale Frage ist, wie diese determinierten Massen in eine Eigenschaftsfamilie integriert werden, die man mit der Größe *Masse* identifizieren kann. Lewis bietet dafür Relationen zu Zahlen an. Jede solche Relation bezieht sicherlich alle Dinge, die dieselbe Masseeigenschaft besitzen, auf dieselbe Zahl. Es ist daher bequemer, anstelle der Relationen korrelierte Funktionen zu betrachten, die die verschiedenen Masse*eigenschaften* auf Zahlen abbilden. Sie sind totale injektive Funktionen von den Massen in die reellen Zahlen: Jeder Masse wird genau eine Zahl zugeordnet, und zwei verschiedenen Massen wird nie dieselbe Zahl zugeordnet.

Sicherlich ist nicht jede beliebige injektive Funktion in Zahlen geeignet. Die fundamentalen, determinierten Masseeigenschaften sollen von sich

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

aus, objektiv eine Familie bilden. Sie sollen objektiv eine Familie bilden, indem es *objektiv zulässige* Funktionen in die reellen Zahlen gibt, die ihre Familienverhältnisse in Zahlenverhältnissen widerspiegeln. Solche Funktionen für fundamentale Größen bezeichne ich als *Maßfunktionen*. Eine Maßfunktion kann den Masseeigenschaften *1 kg* und *2 kg* die Zahlen 1 und 2 zuordnen oder auch die Zahlen 1000 oder 2000, nicht aber die Zahlen 1 und 3,5. Zwei Maßfunktionen stimmen zwar nicht immer in den zugeordneten Zahlenwerten überein, wohl aber im Verhältnis der Zahlen für zwei beliebige Massen.

Worin aber besteht die objektive Zulässigkeit der Maßfunktionen (bzw. der ihnen zugrunde liegenden Relationen zwischen Dingen und Zahlen)? Eine Möglichkeit ist, dass sie nicht weiter analysierbar ist. Es läge dann nahe, das Konzept primitiv-natürlicher Bestimmungen auf Maßfunktionen zu erweitern: Maßfunktionen sind *natürliche* Abbildungen von fundamentalen Eigenschaften (oder Relationen) auf Zahlen oder andere geeignete mathematische Objekte.

Ein erster Einwand gegen diese Option lässt sich jedenfalls für die Masse ausräumen.[22] Es gäbe für die Masse eine Unendlichkeit von Maßfunktionen, die alle gleich natürlich wären. Das scheint den Umfang natürlicher Bestimmungen in unplausibler Weise aufzublähen. Doch die eigentliche Maßfunktion könnte nicht einzelne Massen auf Zahlen abbilden, sondern Paare von Massen auf Zahlen, die das Größenverhältnis der beiden Massen widerspiegeln.[23]

Weitaus schwerer wiegt ein anderer Einwand. Das Konzept der Maßfunktionen wurde so erläutert: Die Zahlenwerte der Funktionen sollen die „Familienverhältnisse" der betreffenden fundamentalen Größe widerspiegeln. Doch dann integrieren in Wahrheit nicht die Abbildungen in Zahlen, sondern diese Verhältnisse zwischen den Familienmitgliedern selbst die determinierten Masseeigenschaften zur Größe *Masse*. Man sollte daher unmittelbar diese Verhältnisse bestimmen und mittels ihrer *definieren*, was als Maßfunktion für die Masse in Frage kommt.

Die Grundidee ist folgende: Über der Mannigfaltigkeit der determinierten Massen gibt es erstens eine lineare Ordnungsrelation R. Zweitens gibt es eine vierstellige Kongruenzbeziehung zwischen Massen: $K(m_1, m_2, m_3, m_4)$ beinhaltet, dass der Größenunterschied zwischen m_1 und m_2 derselbe ist wie der zwischen m_3 und m_4. Eine Maßfunktion f für *Masse* muss dann jedenfalls die folgenden Bedingungen erfüllen: Genau dann, wenn $R(m_1, m_2)$, gilt für die zugeordneten Zahlen $f(m_1) \leq f(m_2)$.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Und genau dann, wenn m_1 und m_2 zu m_3 und m_4 in der Kongruenzbeziehung K stehen, sind die Differenzen $f(m_1)–f(m_2)$ und $f(m_3)–f(m_4)$ dem Betrag nach gleich.[24]

Was hat man von den beiden Beziehungen R und K zu halten? R lässt sich gut als Ähnlichkeitsbeziehung verstehen: $R(m_1, m_2)$ und $R(m_2, m_3)$ gilt gerade dann, wenn m_1 der Masse m_2 mindestens so ähnlich ist wie der Masse m_3. Die Kongruenzbeziehung K fügt dieser Ähnlichkeitsordnung ein *Maß* der Ähnlichkeit hinzu. Zusammen konstituieren R und K metrische Ähnlichkeitsverhältnisse über den Massen. Die Massen bilden eine Eigenschaftsfamilie, weil sie einander in dieser Weise ähnlich sind.[25]

R und K sind keine beliebig zusammengewürfelten Klassen von Paaren bzw. Quadrupeln von fundamentalen Eigenschaften. Diese Beziehungen sollen vielmehr die objektiven metrischen Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen den Massen, Ladungen usw. erfassen. Es liegt daher nahe, diese Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen als *natürliche* Relationen anzusehen. Diese Beziehungen unterscheiden sich aber deutlich von den perfekt natürlichen Bestimmungen, wie Lewis sie explizit annimmt. Lewis denkt dabei an Klassen von (Tupeln von) konkreten möglichen Individuen. R und K sind hingegen Beziehungen der zweiten Stufe. Tatsächlich kann der Primitivitätstheoretiker das Konzept physikalischer Größen nicht auf derartige Ähnlichkeitsverhältnisse der zweiten Stufe gründen.

Es gibt keine fundamentalen Ähnlichkeiten zweiter Stufe zwischen natürlichen Eigenschaften

Das Grundkonzept der Primitivitätstheorie ist das der objektiven Typgleichheit zwischen Einzeldingen. Dieses Grundkonzept ist eines der ersten Stufe. In der Erststufigkeit des Grundkonzeptes kommt der Kerngedanke der Primitivitätstheorie zum Ausdruck: Gewöhnliche Einzeldinge besitzen nicht dadurch Qualität, dass sie Komplexe aus *per se* qualitätslosen partikularen Kernen und Universalien sind. Sondern ein gänzlich unstrukturiertes oder allenfalls aus anderen Einzeldingen zusammengesetztes Einzelding ist *selbst* qualitativ. Unstrukturierte Einzeldinge sortieren sich gewissermaßen von selbst in Klassen typgleicher Dinge, nicht aufgrund geteilter Universalien. Genau darin besteht der Umstand, dass Einzeldinge *selbst* qualitativ bestimmt sind, statt bloß extern mit Qualität besetzt zu sein. Der Grundgedanke dieser Theorie

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

ist demnach, dass Qualitativität ganz und gar ein Phänomen der ersten Stufe ist, etwas, das die konkreten Einzeldinge selbst betrifft.

Es kommt hinzu, dass sich objektive Typgleichheit als ein Fall von Ähnlichkeit zwischen Einzeldingen erläutern lässt. Typgleiche Dinge sind solche, die sich alle in einer Hinsicht vollkommen intrinsisch ähneln. Nicht jede Ähnlichkeit zwischen Dingen muss von dieser vollkommenen Sorte sein. Es liegt nahe, Ähnlichkeit im Allgemeinen danach abzuschätzen, welche mehr oder weniger natürlichen Eigenschaften verschiedene Dinge teilen und in welchen mehr oder weniger natürlichen Beziehungen sie zu anderen Dingen stehen.

Es mag Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Dingen geben, die sich auf diese Weise nicht erfassen lassen. Aber das kann für den Primitivitätstheoretiker nichts an dem Grundgedanken ändern, dass Ähnlichkeiten zwischen Dingen auf deren qualitativen Beschaffenheiten beruhen und Qualitativität ein gänzlich erststufiges, die Dinge selbst betreffendes Phänomen ist. Es widerspräche diesem Grundgedanken der Erststufigkeit, wenn man Ähnlichkeiten zwischen Dingen zulassen müsste, die von Ähnlichkeitsverhältnissen zweiter Stufe abgeleitet sind. Solche Fälle ergeben sich aber, wenn physikalische Größen als Familien fundamentaler Eigenschaften konzipiert werden, die durch Ähnlichkeitsverhältnisse zweiter Stufe integriert sind.

Angenommen drei Dinge *a*, *b* und *c* besitzen die Massen *1g*, *2g* und *3g*. Zwischen den drei Massen herrschen objektive Ähnlichkeitsverhältnisse. Da R(*1g*,*2g*) und R(*2g*,*3g*), ist die Masse *1g* der Masse *2g* objektiv ähnlicher als der Masse *3g*. Ich nehme weiter an, dass die Dinge *a*, *b* und *c* in allen anderen intrinsischen Eigenschaften übereinstimmen: Sie haben dieselbe Größe, dieselbe Ladung usw. Dann würde sich die komparative Ähnlichkeit zwischen den drei Massen auf die Dinge übertragen. Weil *1g* der Masse *2g* ähnlicher ist als der Masse *3g*, ist auch *a* dem Ding *b* ähnlicher als dem Ding *c*. Wenn aber derartige Fälle von Ähnlichkeit zwischen Dingen auftreten, so ist nicht bloß der bei Lewis (1986a: 63) angedeutete Gedanke obsolet, dass sich alle Ähnlichkeiten zwischen Dingen daraus ergeben, welche perfekt natürlichen Bestimmungen sie (und ihre Teile) teilen. Sondern es bestünden Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Einzeldingen, die gegenüber solchen auf der zweiten Stufe derivativ wären – im Widerspruch zum Kerngedanken der Primitivitätstheorie, dass Qualitativität ein Phänomen erster Stufe ist. Es wäre einfach abstrus zu sagen, dieses gelbe Ding sei diesem orangenen Ding ähnlicher

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

als diesem roten Ding, *weil* die Klasse der gelben Dinge der Klasse der orangenen Dinge ähnlicher ist als der Klasse der roten Dinge.

Die Annahme von Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen der zweiten Stufe ist weitaus weniger problematisch, wenn man die Universalientheorie zugrunde legt. Universalien wären Entitäten eigener Art. Sie können grundsätzlich in metrischen Ähnlichkeitsverhältnissen stehen. (Siehe aber Armstrong (1997: 47–65).) Der Universalientheorie zufolge ist die Qualitativität von (dicken) Einzeldingen ohnehin von der Qualitativität der Universalien abgeleitet. Dann mögen auch bestimmte Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen Einzeldingen von solchen zwischen Universalien abgeleitet sein.[26] Aber für den Primitivitätstheoretiker sind fundamentale Ähnlichkeiten zweiter Stufe inakzeptabel.

Größen sind fundamentale Verhältnisse zwischen Einzeldingen

Falls man an kontinuierlichen fundamentalen Größen der klassischen Art festhalten muss, so darf der Theoretiker primitiver Natürlichkeit von Eigenschaften nicht zu Ähnlichkeitsverhältnissen der zweiten Stufe Zuflucht nehmen. Er muss ausschließlich mithilfe von Eigenschaften von und Beziehungen zwischen den Einzeldingen selbst erklären, worin eine klassische Größe wie die Masse oder die Ladung besteht.

Grundsätzlich lassen sich die Ähnlichkeitsverhältnisse, die die fundamentalen Masseeigenschaften in eine Familie integrieren sollten, auf die Träger von Massen übertragen. Teilchen *a* kann höchstens so viel Masse besitzen wie Teilchen *b*. Die Teilchen *a* und *b* können im Unterschied ihrer Masse übereinstimmen mit den Teilchen *c* und *d*. Statt die determinierten Masseeigenschaften in eine metrische Ordnung zu bringen, können unmittelbar die Einzeldinge ihrer Masse nach geordnet werden. (Die Ordnung ist allerdings nicht mehr linear.)

Es gibt jedoch einen wichtigen Unterschied. Konzipiert man die Ähnlichkeitsverhältnisse auf der zweiten Stufe, so kann im Prinzip dieselbe Ordnungsbeziehung R und Kongruenzbeziehung K verschiedene Grundgrößen integrieren.[27] Sind die Verhältnisse hingegen solche zwischen den Einzeldingen selbst, so benötigt man für verschiedene physikalische Größen auch verschiedene Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen. Man muss also größenspezifische Beziehungen der Masse-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

ordnung R_m und der Massekongruenz K_m, der Ladungsordnung R_q und der Ladungkongruenz K_q usw. annehmen.

H. Field (1980: Kap. 7) hat vorgeschlagen, physikalische Größen ganz auf solche relationalen Bestimmungen erster Stufe wie R und K zurückzuführen. Er nimmt gar keine monadischen Masseeigenschaften an, die von einzelnen Partikeln besessen werden können, sondern lässt allein Beziehungen der Masseordnung und der Massekongruenz zu. Intuitiv scheint das unserem Verständnis von Größen wie Masse und Ladung entgegen zu stehen. Die Annahme ist sehr plausibel, dass einzelne Partikel bestimmte Massequalitäten besitzen. Für Field scheint es das schlichte Besitzen einer Masse durch ein Ding gar nicht zu geben. Alle Massebestimmungen wären relational: Ein Teilchen hätte eine größere Masse als ein anderes, und zwei Paare von Teilchen könnten im Masseunterschied übereinstimmen. Es erscheint plausibler, Massequalitäten anzunehmen und zusätzlich Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen Masseträgern, die diese Qualitäten in eine physikalische Größe integrieren. Insbesondere ist es plausibel, dass ein bloß mögliches Ding dieselbe Masse haben kann, die ein bestimmtes wirkliches Ding besitzt. Die relationale Theorie scheint jedoch keine Masseeigenschaft zur Verfügung zu stellen, die ein bloß mögliches Ding mit einem wirklichen teilen könnte, und so keine Massegleichheit zwischen Dingen in verschiedenen Welten zu erlauben.

Doch ist das wirklich so? Lewis' Metaphysik stellt uns nicht bloß die wirkliche Welt zur Verfügung, sondern eine Unendlichkeit konkreter möglicher Welten. Es scheint zunächst, als könne man Dinge in verschiedenen Welten ihrer Masse nach nur vergleichen, wenn es fundamentale monadische Masseeigenschaften gibt. Das ist aber keineswegs so. Denn in Lewis' Weltenpluralismus spricht grundsätzlich nichts dagegen, Dinge auch über Welten hinweg in Beziehung zu setzen. Das ist nur für solche Beziehungen ausgeschlossen, die Dinge zu Dingen derselben Welt machen, also besonders für raumzeitliche Relationen.[28] Es kann durchaus Dinge aus verschiedenen Welten geben, die wechselseitig in der R_m-Relation stehen ($R_m(x,y)$ und $R_m(y,x)$). Solche Dinge sind der Masse nach gleich, ohne dass es eine fundamentale monadische Masseeigenschaft geben müsste, die sie teilen.

Gegen die Annahme fundamentaler monadischer Masseeigenschaften spricht unter diesen Umständen, dass die rein relationale Theorie mit einem weitaus sparsameren Umfang von Grundbestimmungen auskommt. Sie nimmt bloß zwei perfekt natürliche Beziehungen an. Die

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

konkurrierende Theorie nähme zusätzlich unendlich viele perfekt natürliche Eigenschaften an.

Relational konstruierte Eigenschaften einer Größe sind intrinsisch

Neben der Intuition über die Transwelt-Vergleichbarkeit von Dingen mit Masse gibt es allerdings noch eine weitere. Es ist plausibel, dass Massen *intrinsische* Bestimmungen von Dingen sind. Ebenso plausibel ist es, dass Masseverhältnisse zwischen Dingen *interne* Beziehungen sind: Dass ein Ding eine größere Masse hat als ein anderes, ergibt sich allein aus den intrinsischen Bestimmungen der beiden Dinge, nämlich aus ihren Massen.[29]

Legt man Lewis' Standardbestimmung von intrinsischen Eigenschaften und internen Relationen zugrunde, so kann die relationale Theorie diesen Intuitionen nicht gerecht werden. Intrinsische Eigenschaften sind danach solche, die sich mit strikter Notwendigkeit aus den fundamentalen Eigenschaften von und Beziehungen zwischen den Teilen eines Dinges ergeben. So sind geometrische Formen intrinsisch, da sie sich aus den fundamentalen räumlichen Beziehungen der Teile eines Dinges ergeben. Die fundamentalen Eigenschaften selbst sind damit triviale Fälle von intrinsischen Eigenschaften. Eine Relation ist intern, wenn sich ihr Bestehen mit strikter Notwendigkeit aus den intrinsischen Eigenschaften der Relata ergibt. Die Beziehung, im räumlichen Sinne größer zu sein, ist intern, da sie sich aus den intrinsischen räumlichen Ausdehnungen der verglichenen Dinge ergibt. Wenn es aber keine fundamentalen Masseeigenschaften gibt, so sind auch keine intrinsischen Bestimmungen in Sicht, aus denen sich das Bestehen der Relationen der Masseordnung und -kongruenz ergeben könnten. Im definierten Sinn sind diese Beziehungen also extern, und das scheint gegen die These zu sprechen, sie seien die einzigen fundamentalen Massebestimmungen.

Vielleicht stimmt aber stattdessen etwas nicht mit den Standarddefinitionen von „intrinsisch" und „intern". Sie beruhen letztlich auf dem Konzept der perfekt natürlichen Bestimmung. In Abschnitt 2 habe ich die beiden Haupterläuterungen dieses Konzeptes angegeben: Zum einen sind die natürlichen Bestimmungen diejenigen, die zur vollständigen Charakterisierung der Dinge erforderlich sind. Zum anderen sind sie sol-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

che, deren Teilen mehrere Dinge in einer Hinsicht vollkommen intrinsisch ähnlich macht. Die zweite Erläuterung muss sich auf ein intuitives Vorverständnis von „intrinsisch" stützen.

Zunächst sollte klar sein, dass die relationale Theorie durchaus eine Unendlichkeit von monadischen Masseeigenschaften zur Verfügung stellt. Je zwei mögliche Dinge, die wechselseitig in R_m zueinander stehen, sind der Masse nach gleich. Jede maximale Klasse von massegleichen möglichen Dingen ist eine relational konstruierte determinierte Masseeigenschaft. Diese Eigenschaften sind nicht perfekt natürlich, denn der Relationstheorie zufolge sind sie nicht erforderlich, um die Dinge vollständig zu charakterisieren. Wenn man angegeben hat, welche Dinge zu welchen anderen möglichen in der Ordnungs- und Kongruenzbeziehung für Masse stehen, hat man sie hinsichtlich der Masse vollständig bestimmt. Monadische Massequalitäten sind dafür nicht zusätzlich erforderlich.

Anders steht es hingegen mit der zweiten Erläuterung des Konzeptes der Natürlichkeit. Zwei Dinge, die eine relationstheoretisch konstruierte determinierte Masseeigenschaft teilen, sind plausiblerweise sehr wohl vollkommen ähnlich in einer Hinsicht. Immerhin ist es einleuchtend, Masseordnung und -kongruenz als Ähnlichkeitsverhältnisse zu verstehen. Die Annahme der Masseordnung R_m beinhaltet, dass Dinge der Masse nach näher beieinander liegen oder weiter voneinander entfernt sein können. Sind sie dieser Ordnung zufolge überhaupt nicht voneinander entfernt, so stimmen sie im Sinne dieser Ordnung vollkommen überein – sie ähneln einander vollkommen gemäß dieser Ordnung.

Ist diese Übereinstimmung eine intrinsische Ähnlichkeit? Extrinsisch wäre die Ähnlichkeit, wenn sie darin bestünde, dass die massegleichen Dinge in derselben Beziehung zu anderen Dingen stehen. Auf den ersten Blick mag es so aussehen, als sei das der Fall; denn immerhin wird die Masseübereinstimmung mit der Masseordnung, also einer Beziehung definiert. Das intuitive Verständnis von intrinsischen Bestimmungen ergibt jedoch etwas anderes. Man möchte sagen, eine Bestimmung sei intrinsisch genau dann, wenn ihr Besitz durch ein Ding nichts Kontingentes über andere Dinge impliziert, weder ob es andere Dinge gibt noch welche Charakteristika sie gegebenenfalls aufweisen.[30] Damit ist aber gemeint, dass nichts Kontingentes darüber impliziert wird, was für andere Dinge es *in derselben Welt* gibt wie in der, in welcher das betreffende Ding die Eigenschaft besitzt. Die Eigenschaft, verheiratet zu sein,

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

ist extern, weil eine Person sie nur besitzen kann, wenn es in *ihrer* Welt eine weitere gibt, mit der sie verheiratet ist. Wenn die Beziehungen der Masseordnung und -kongruenz aber quer durch die Welten verlaufen, so ist auch anzunehmen, dass es Welten gibt, in denen nur ein einziges Ding existiert, das in diese Beziehungen involviert ist. Die Ablehnung solcher Welten liefe auf eine willkürliche Einschränkung des Umfangs der Möglichkeiten hinaus. Genauer darf man annehmen, dass es in jeder der relational konstruierten determinierten Masseeigenschaften Elemente gibt, die in ihrer Welt die einzigen Dinge mit Masse sind. Doch dann impliziert der Besitz einer beliebigen dieser Masseeigenschaften durch ein Individuum nichts Kontingentes über andere Dinge in der Welt dieses Individuums. Es mag dort noch andere massehabende Dinge geben oder auch nicht.

Die relational konstruierten determinierten Massequalitäten erreichen also beinahe den Status perfekt natürlicher Eigenschaften. Ihr Teilen macht mehrere Dinge in einem intuitiven, guten Sinn vollkommen intrinsisch ähnlich in einer Hinsicht. Ihr einziger Makel ist, dass man sie nicht braucht, um die Dinge vollständig zu charakterisieren. Doch es spricht nicht gegen die Güte einer Bestimmung, wenn andere ihr den Job der vollständigen Charakterisierung bereits abgenommen haben.[31]

Möglicherweise behält Lewis' Standardbestimmung von intrinsischen Eigenschaften einen gewissen Wert, obwohl sie Eigenschaften wie die relational konstruierten Massequalitäten außer Acht lässt, die plausiblerweise intrinsisch sind. Doch dass diese Eigenschaften plausiblerweise intrinsisch sind, genügt, um den Einwand abzuweisen, die relationale Theorie mache Massequalitäten zu extrinsischen Eigenschaften und Massebeziehungen zu externen Relationen. Die konstruierten Qualitäten sind intuitiv intrinsisch. Aus ihrer Verteilung über verschiedene Dinge ergibt sich notwendigerweise, ob die Beziehungen der Masseordnung und -kongruenz zwischen den Dingen bestehen. Damit sind diese Beziehungen zwar nicht *de jure* intern, nach Lewis' Standardbestimmung, wohl aber in einem guten intuitiven Sinn. Der Externalitätseinwand gegen die relationale Konzeption ist damit entkräftet.[32]

Man mag gegen diese Konzeption einwenden, die fundamentalen relationalen Massebestimmungen seien inakzeptabel kompliziert. Dass sie *unerfreulich* kompliziert und jedenfalls deutlich komplizierter als schlichte fundamentale Eigenschaften sind, ist richtig. Doch erstens ist es grundsätzlich rational, komplizierte Elemente der Typologie theore-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

tisch zu postulieren, wenn sich damit die beste Rekonstruktion unserer physikalischen Theorien ergibt. Zweitens sind die konkurrierenden Konzeptionen von Größen allenfalls scheinbar einfacher. Wer primitive Maßfunktionen akzeptiert, bietet keine einfache Theorie der Größen, sondern verschließt vor deren Komplexität bloß die Augen. Wer Ordnungs- und Kongruenzrelationen zweiter Stufe annimmt, führt dieselbe Komplexität an anderer Stelle ein. Die einzig sinnvolle Frage ist, ob unsere besten physikalischen Theorien nur unter der Annahme fundamentaler kontinuierlicher Größen rekonstruiert werden können. Das halte ich für eine sowohl physikalisch wie naturphilosophisch offene Frage. Im Fall des Falles wäre die Komplexität der Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen in Kauf zu nehmen.

Ein anderes Bedenken ist schwerwiegender. Vielleicht kann es vernünftig sein, derartige Ordnungs- und Kongruenzrelationen zu postulieren. Aber ein zentraler Aspekt der vorgeschlagenen Lösung ist, dass sich Massequalitäten nicht nur formal als Äquivalenzklassen definieren lassen. Sie sollen außerdem natürliche Eigenschaften im Sinne der zweiten Erläuterung sein. Dazu müssen die Relationen tatsächlich metrische *Ähnlichkeits*verhältnisse bilden. Aber die Masserelationen wären theoretisch postuliert, während Ähnlichkeit ein alltägliches Konzept ist. Was rechtfertigt es, solche postulierten Relationen im Sinne dieses alltäglichen Konzeptes zu interpretieren? Diese Verhältnisse besitzen gerade solche formalen Eigenschaften, wie sie sich aus der Systematisierung unseres gewöhnlichen Konzeptes von intrinsischer Ähnlichkeit ergeben. Sie haben die Form einer Ordnungsrelation. Die Ordnung erfüllt das Axiom der Vergleichbarkeit, d. h. für zwei beliebige Dinge x und y, die überhaupt in die R-Ordnung involviert sind, gilt $R(x,y)$ oder $R(y,x)$. Außerdem können zwei Dinge zueinander in jedem möglichen Masseverhältnis stehen unabhängig davon, wie weit sie von einander in Raum und Zeit entfernt sind oder ob sie überhaupt in derselben Raumzeit vorkommen. Jede fundamentale Beziehung, die sich formal so verhält, wie wir es von Ähnlichkeitsverhältnissen erwarten, verdient als Ähnlichkeitsbeziehung bezeichnet zu werden.[33]

Die Primitivitätstheorie ist der Universalientheorie aus Gründen der ontologischen, doch besonders auch der typologisch-ideologischen Einfachheit vorzuziehen. Allerdings gerät die Theorie primitiv natürlicher Bestimmungen unter Druck, wenn es um physikalische Größen geht: Ein Universalientheoretiker kann Größen grundsätzlich mittels

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Ähnlichkeitsbeziehungen zweiter Stufe zwischen Universalien konzipieren. Demgegenüber ist der Primitivitätstheoretiker zu einer erststufigen, strikt relationalen Größenkonzeption genötigt. Entgegen einer verbreiteten Einschätzung hat sich gezeigt: Die Primitivitätstheorie kann Größen als Familien von monadischen Eigenschaften begreifen, die in einem guten Sinne intrinsisch sind. Diese Eigenschaften sind bloß nicht in Lewis' vollen Sinn fundamental oder perfekt natürlich. Sie gehören nicht zum Fundus von Bestimmungen, die für die vollständige Charakterisierung der Dinge erforderlich sind. Alle Tatsachen über die Masse lassen sich mit den erststufigen Grundrelationen R_m und K_m erfassen. Die Vorteile der Primitivitätstheorie hinsichtlich der ontologischen und typologisch-ideologischen Einfachheit lassen sich also mit einer plausiblen Größenkonzeption kombinieren.

Aber mehr noch: Die nominalistische erststufig-relationale Größenkonzeption vermeidet Probleme, die in universalientheoretischen Größentheorien auftreten, welche auf Ähnlichkeiten zweiter Stufe setzen. Das wichtigste darunter ist das Ausschlussproblem. Angenommen *1 kg* und *2 kg* sind einfache Universalien, also zwei distinkte qualitative Entitäten, zu denen dünne Einzeldinge in die Exemplifizierungsrelation treten können. Es ist nicht einzusehen, weshalb dasselbe Ding nicht zugleich zu diesen *beiden* qualitativen Entitäten in diese Relation treten können sollte. Der Universalientheoretiker muss es entweder als primitive modale Tatsache hinnehmen, dass nichts zugleich die Massen 1 kg und 2 kg besitzt. Oder er muss diesem Ausschluss einen bloß naturgesetzlichen Status zusprechen. Beides erscheint unbefriedigend. Nach der erststufig-relationalen Theorie ergibt sich der Ausschluss hingegen unmittelbar daraus, dass die fundamentale Beziehung R_m eine Ordnungsrelation ist.[34]

Vektorielle Grundgrößen müssen nicht räumlich gerichtet sein

Ich habe die erststufig-relationale Theorie physikalischer Grundgrößen anhand des einfachsten Falles der skalaren Größen entwickelt. Um die Fruchtbarkeit dieses Modellfalles zu belegen, möchte ich eine entsprechende Konzeption fundamentaler Vektorgrößen skizzieren. Als Paradigma einer solchen Größe dient mir die elektrische Feldstärke. Wie

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

zuvor gehe ich von der klassischen, vorrelativistischen Theorie aus und weise abschließend auf den relativistischen Fall nur kurz hin.

Lehrbücher der Elektrodynamik bieten als „Definition" der Feldstärke die Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ an, wobei $F^{\rightarrow}$ die Kraft auf eine Probeladung q unter Einfluss von Feld $E^{\rightarrow}$ ist (Fließbach 2005: 43). Sieht man $F^{\rightarrow} = m{\cdot}a^{\rightarrow}$ als Definition der Kraft und die zweite zeitliche Ableitung des Ortsvektors als Definition der Beschleunigung $a^{\rightarrow}$ an, so scheint die räumliche Gerichtetheit, die der Ortsvektor repräsentiert, letztlich auch die Feldstärke zu bestimmen. Das bedeutet aber zunächst nur, dass die räumliche Gerichtetheit in die naturgesetzliche Rolle eingeht, die unseren theoretischen *Begriff* der Feldstärke konstituiert. Die fundamentale *Größe* selbst spielt diese Rolle nur kontingenterweise. Wir *identifizieren* die Feldstärke *als* diejenige Größe, welche in unserer Welt diese naturgesetzliche Rolle spielt; doch wir *reduzieren* die Feldstärke *nicht auf* Kraft und Ladung – immerhin lehrt die Elektrodynamik, dass im ladungsfreien Vakuum Felder auftreten können.[35]

Tatsächlich kann die Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ verschieden rekonstruiert werden, und daraus ergeben sich fundamental verschiedene Konzeptionen des Richtungscharakters der Feldstärke. Die Größen *Masse* und *Ladung* sind Familien von determinierten Eigenschaften, die durch Maßfunktionen auf reelle Zahlen abgebildet werden. (Die Eigenschaften sind relational konstruiert, und der Bereich zulässiger Maßfunktionen ist durch die Ordnungs- und Kongruenzrelationen festgelegt.) Analog ist die elektrische Feldstärke eine Familie von Feldstärkeeigenschaften, die durch Maßfunktionen f_{E} auf Elemente von dreidimensionalen mathematischen Vektorräumen abgebildet werden. Wenn Maßfunktionen für die Masse gegeben sind, lassen sich bei Wahl eines Koordinatensystems für den Raum auch die Kräfte, die auf Teilchen wirken, durch dreidimensionale mathematische Vektoren darstellen. Der Einfachheit halber sei unterstellt, dass auch die Größe *Kraft* eine Familie von Eigenschaften ist, für die Maßfunktionen f_{F} in Vektorräume festgelegt sind. (Genauer steht „F" in der diskutierten Formel für die Kraft*komponente*, die ein Teilchen aufgrund der Feldstärke erfährt. Wie das Verhältnis von Kraftkomponenten zur resultierenden Kraft zu verstehen ist, kann hier nicht ausgeführt werden. Siehe dazu Busse 2008.) Die Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ scheint zu besagen:

(E1) Für jede Wahl von Maßfunktionen f_{E}, f_{F} und f_{q} gilt: Für alle Partikel x ist der vektorielle Wert $f_{\mathrm{E}}(E^{\rightarrow}(x))$ der Feldstärke am augen-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

blicklichen Ort von x gleich dem vektoriellen Wert $f_F(F^{\rightarrow}(x))$ der gerade auf x wirkenden Kraft geteilt durch den Zahlenwert $f_q(q(x))$ der Ladung von x.

Diese Rekonstruktion ist jedoch sicherlich nicht ganz adäquat. Wenn die Feldstärke tatsächlich eine Grundgröße ist, so kann ihre Maßfunktion f_E unabhängig von den Maßfunktionen für Kraft und Ladung variieren. (E1) enthält eine implizite Einschränkung auf solche Pakete von Maßfunktionen f_E, f_F und f_q, für die der Proportionalitätsfaktor zwischen den Feldstärkewerten und dem Quotienten aus den Werten für Kraft und Ladung gleich 1 ist. Es ist eben praktisch, für die Feldstärke keine unabhängige Einheit festzulegen, sondern sie auf dynamische Einheiten und eine elektrische Einheit zurückzuführen. Sieht man von dieser bloß praktisch motivierten Einschränkung ab, so muss in der Formel ein Ausdruck für einen skalaren Proportionalitätsfaktor auftreten: $E^{\rightarrow} = c \cdot F^{\rightarrow}/q$. Der Faktor c stimmt die zugeordneten Vektoren dem Betrag nach aufeinander ab.

Die vektoriellen Repräsentanten der Feld- und Kraftgrößen haben aber nicht nur einen Betrag, sondern auch eine Richtung. Die Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ scheint zu verlangen, dass der die Kraft auf ein Teilchen repräsentierende mathematische Vektor und derjenige Vektor, der die auf es wirkende Feldstärke repräsentiert, im mathematischen Sinn dieselbe Richtung haben, sich also durch Multiplikation mit einer positiven reellen Zahl auseinander ergeben. Wie die Setzung $c = 1$ ist eine solche Einschränkung des Bereichs von Maßfunktionen für die Feldstärke in praktischer Absicht sinnvoll. Nimmt man sie jedoch auch theoretisch ernst, so hat dies Konsequenzen für die Sicht vektorieller Grundgrößen. Die Richtungen der mathematischen Vektoren, die die Feldstärken repräsentieren, wären mit naturgesetzlicher Notwendigkeit mit den Richtungen der Vektoren identisch, die die Kräfte auf Partikel unter Einfluss der Feldstärken repräsentieren. Dies spräche sehr stark dafür, dass der Richtungscharakter der Feldstärken von gleicher Art ist wie der der Kräfte. Der Richtungscharakter der Kraft ist aber offenbar räumlich, denn er ergibt sich letztlich aus der Raumstruktur, die mittels Ortsvektoren beschrieben wird. Die Feldstärkeeigenschaften schienen also eine inhärent räumliche Gerichtetheit zu enthalten.

Wir benötigen eine naturphilosophisch überzeugende Rekonstruktion vektorieller Grundgrößen, die sie als genuin räumlich (oder raumzeit-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

lich) gerichtet konzipiert. Hier möchte ich jedoch einen alternativen Weg skizzieren, und zwar aus zwei Gründen. Zum einen soll deutlich werden, dass sich die räumliche Deutung der Gerichtetheit der Feldstärken keineswegs zwingend aus der Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ ergibt, wie sie in der Physik gebraucht wird. Zum anderen lassen sich mit einer nicht-räumlichen Konzeption des Richtungscharakters Probleme lösen, bei denen die räumliche Konzeption versagt.

Um sie theoretisch adäquat zu machen, muss in der Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$ ein Symbol für Proportionalitätsfaktoren c ergänzt werden, die die Werte der involvierten Maßfunktionen dem *Betrag* nach aufeinander abstimmt. Das legt nahe, auch ein Symbol für Drehmatrizen **A** zu ergänzen, die die vektoriellen Werte für Feldstärke und Kraft ihrer *Richtung* nach aufeinander abstimmen. Als Rekonstruktion ergibt sich:

(E2) Für alle Maßfunktionen f_E, f_F und f_q gibt es eine Proportionalitätskonstante c und eine Drehmatrix **A**, so dass für beliebige Teilchen x gilt: $f_E(E^{\rightarrow}(x)) = c \cdot \mathbf{A}[f_F(F^{\rightarrow}(x))/f_q\,(q(x))]$.)

Beschränkt man sich auf den Spezialfall, in dem q z. B. die Elementarladung ist, so besagt dies im Wesentlichen: Welche Maßfunktionen f_E und f_F man auch wählt, immer gibt es eine systematische eins-zu-eins-Korrelation (nämlich eine Streckung und Drehung) zwischen den durch f_E zugewiesen Vektoren und den durch f_F zugewiesenen Vektoren, so dass der Vektor, der die Feldstärke am Ort eines beliebigen Teilchens repräsentiert, immer mit dem Vektor *korreliert* ist, der die auf das Teilchen wirkende Kraft repräsentiert. Diese Rekonstruktion erhält die volle physikalische Erklärungskraft der Formel $E^{\rightarrow} = F^{\rightarrow}/q$. Dennoch erlaubt sie es, den Richtungscharakter der Feldstärke von dem der Kraft und folglich von räumlichen Bestimmungen abzulösen. Die Feldstärken müssen nur in dem abstrakten Sinne Richtungscharakter besitzen, dass sie adäquat durch dreidimensionale mathematische Vektorräume repräsentiert werden. Dieser Richtungscharakter der Feldstärken muss ebenso wenig räumlich sein, wie die Richtung mathematischer Vektoren räumlich ist. Die Suche nach einem metaphysischen Verständnis fundamentaler Vektorgrößen gewinnt damit erheblich an Spielraum.

Diesen Spielraum kann man erstens nutzen, um D. Lewis in seiner Verteidigung der metaphysische Hypothese (nicht Behauptung!) der Hume'schen Supervenienz beizuspringen. Dieser Hypothese zufolge ergeben sich alle Wahrheiten über die Wirklichkeit mit strikter Not-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

wendigkeit aus der Verteilung intrinsischer fundamentaler einstelliger Eigenschaften über die Punkte der Raumzeit oder punktgroße Materieportionen (1994b: 225–227). Ein Standardeinwand lautet, in der Wirklichkeit träten fundamentale Vektorfelder auf. Solche Felder zeigten in eine bestimmte räumliche Richtung, und daher könnten sie den Raumpositionen, an denen sie auftreten, nicht intrinsisch sein. Lewis hat nach einigen Bedenken (1994b: 226) auf dem intrinsischen Charakter von Vektorfeldern bestanden (1999b: 209). Diese Annahme hat er insbesondere benutzt, um die (u. a. von S. Kripke vorgebrachte) Möglichkeit einer rotierenden Kugel aus homogener Materie in einer Hume'schen Welt nachzuweisen[36]. Wie aber intrinsische Vektorfelder zu verstehen sind, hat er hat nie genauer erklärt. Der Standardeinwand wäre überzeugend entkräftet, wenn sich fundamentale Vektorgrößen und die sie betreffenden Gesetzmäßigkeiten verstehen ließen, ohne den durch Vektoren beschriebenen Feldeigenschaften eine spezifisch *räumliche* Gerichtetheit zuzuschreiben.

Das Modell der erststufig-relationalistischen Theorie skalarer Größen, das in den vorigen Abschnitten entwickelt wurde, erscheint hier viel versprechend: Die fundamentalen Bestimmungen, die beispielsweise die Größe *Masse* ausmachen, sind Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen zwischen Einzeldingen. Diese Beziehungen bilden zusammen metrische Ähnlichkeitsverhältnisse. Keinerlei räumliche Bestimmungen gehen in sie ein. Auf ihrer Grundlage sind determinierte Masseeigenschaften konstruierbar, und der Bereich zulässiger Abbildungen dieser Eigenschaften auf reelle Zahlen lässt sich auszeichnen. Angenommen es ließen sich für eine Größe wie die Feldstärke etwas Ähnliches wie Ordnungs- und Kongruenzverhältnisse konzipieren, die ebenfalls einen Bereich zulässiger Abbildungen auszuzeichnen erlauben, allerdings nicht in die reellen Zahlen, sondern in dreidimensionale Vektorräume. Dann wäre der vektorielle Charakter der Feldstärke erfasst, ohne dass dieser Größe eine inhärente räumliche Gerichtetheit zugeschrieben werden müsste.

Wie könnte eine relationale Konzeption beispielsweise der klassischen elektrischen Feldstärke aussehen? Um das Verständnis zu erleichtern, lege ich die Familie vermeintlich fundamentaler Feldstärkequalitäten zugrunde und frage nach geeigneten Verhältnissen der zweiten Stufe, die analog zu den Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen für Masse und Ladung die zulässigen Abbildungen in Vektorräume festlegen können. Als erstes liegt es nahe, in vollkommener Analogie zum skalaren Fall

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

zwei Beziehungen $R_{/E/}$ und $K_{/E/}$ anzunehmen, die die Feldstärkequalitäten ihrem Betrag nach metrisch ordnen. Dann bleibt noch die Aufgabe, den Richtungscharakter der Qualitäten zu erfassen. Angenommen es sind zwei Qualitäten E_a und E_b gegeben. Bei geeigneter Wahl spannen ihre Vektorbilder $\vec{a}$ und $\vec{b}$ gemäß jeder zulässigen Maßfunktion eine Ebene (einen zweidimensionalen Vektorraum) auf. Jede weitere Qualität E hat dann als Bild einen Vektor $\vec{x}$, für den zwei Winkel definiert sind. Zum einen bildet die Projektion von $\vec{x}$ in die $\vec{a}$-$\vec{b}$-Ebene einen bestimmten Winkel φ mit dem Vektor $\vec{a}$. Zum anderen bildet $\vec{x}$ einen Winkel ρ mit dieser Projektion. Entsprechend schlage ich zwei Paare von einer Ordnungs- und einer Kongruenzbeziehung zwischen Feldstärkequalitäten vor. Um es für die beiden Ordnungsbeziehungen zu skizzieren: $R_{E\varphi}(E_a, E_b, E_1, E_2)$ beinhaltet, dass E_1 seiner Projektion in der E_a-E_b-Ebene nach nicht weiter von E_a ausgelenkt ist als E_2. $R_{E\rho}(E_a, E_b, E_1, E_2)$ beinhaltet, dass E_1 von seiner Projektion in der E_a-E_b-Ebene nicht weiter ausgelenkt ist als E_2 von seiner. Die beiden zugehörigen Kongruenzbeziehungen $R_{E\varphi}$ und $K_{E\rho}$ sind dann sechsstellig. $R_{E\varphi}(E_a, E_b, E_1, E_2, E_3, E_4)$ besagt etwa, dass der Auslenkungsunterschied zwischen E_1 und E_2 gegenüber der E_a-E_b-Ebene derselbe ist wie der Auslenkungsunterschied zwischen E_3 und E_4.

Die nach einer erststufig-relationalen Konzeption tatsächlich fundamentalen Beziehungen sind allerdings nicht die skizzierten Beziehungen zwischen vermeintlich perfekt natürlichen Feldstärkequalitäten. Fundamental sind vielmehr drei Ordnungs- und drei Kongruenzbeziehungen zwischen Raumzeitstellen, an denen elektrische Feldstärken auftreten. Eine relational konstruierte determinierte Feldstärkeeigenschaft ist dann eine Klasse von Raumzeitpositionen, die in allen drei Ordnungsbeziehungen dieselbe Stelle einnehmen. Die Abweisung des Externalitätseinwands ist ganz analog zu der im skalaren Fall.

Es ergibt sich freilich ein grundsätzlicher Einwand gegen die Hume'sche Supervenienzhypothese. Sobald man irgendwelche physikalischen Größen annimmt, sie mögen skalar oder vektoriell sein, nimmt man fundamentale Beziehungen zwischen Einzeldingen an, die keine raumzeitlichen Beziehungen sind, nämlich Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen. Legt man Lewis' Definition einer Hume'schen Welt zugrunde, so gibt es keine Hume'sche Welt, in der physikalische Größen auftreten! Ich schlage eine Revision des Begriffs der Hume'schen Welt vor: In einer solchen Welt darf es an *externen* fundamentalen Relationen

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

nur die raumzeitlichen geben. Die Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen sind in dem auf S. 199 ff. oben erläuterten Sinn intern, und das sollte für eine Hume'sche Welt ausreichen.

Falls sich die skizzierte relationale Konzeption ausführen lässt, wie befriedigend ist sie als Theorie uns bekannter Größen wie der Feldstärken? Bei den skalaren Größen lassen sich die Ordnungs- und Kongruenzverhältnisse recht gut als metrische Ähnlichkeiten verstehen. In Analogie dazu müsste sich das Geflecht der sechs Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen für die Feldstärke als eine metrische, nun aber dreidimensionale Ähnlichkeitsstruktur verstehen lassen. Ich denke nicht, dass wir von einer solchen Struktur ein vergleichbar gutes vortheoretisches Verständnis besitzen wie von eindimensionalen Ähnlichkeitsverhältnissen, die wir beispielsweise vom Spektrum der Farbtöne her kennen. Die dreidimensionale Ähnlichkeit könnte nur theoretisch postuliert und in Analogie zum Modell der Ähnlichkeiten, die skalaren Größen zugrunde liegen, erläutert werden. Das ist eine erhebliche typologisch-ideologische Bürde, aber man kann sie auf sich nehmen, wenn die theoretische Erklärungskraft groß genug ist.

Die räumliche und die nicht-räumliche Konzeption von Vektorgrößen stehen letztlich nicht in Konkurrenz. Beide müssen entwickelt werden. Drei Hinweise möchte ich dazu geben. Erstens entspricht diese Dualität von räumlichen und nicht-räumlichen Deutungen der klassischen Feldstärken recht gut der physikalischen Unterscheidung zwischen vektoriellen Tangentialräumen und inneren Vektorräumen (Penrose 2005: 223, 325–27). Während erstere an die Dimension ihres Basisraumes (üblicherweise der Raumzeit) gebunden sind, können innere Räume beliebige Dimensionen besitzen. Zweitens ist die nicht-räumliche Konzeption vertretbar. Das genügt, um die Vereinbarkeit der Hume'schen Supervenienz mit fundamentalen Vektorfeldern nachzuweisen und damit auch eine Grundlage für Lewis' Hume'sche Lösung des Problems der rotierenden homogenen Materie zu schaffen. Drittens nimmt die moderne Physik zumindest auf den ersten Blick Grundgrößen an, die nicht einmal durch Vektoren zu repräsentieren sind. Die spezielle Relativitätstheorie beschreibt das elektromagnetische Feld nicht mittels Vektoren, sondern mittels des Feldstärketensors, der als eine 4-mal-4-Matrix geschrieben wird (Fließbach 2005: 167). Eine solche Größe wird sich schwerlich rekonstruieren lassen, ohne auf die Struktur der Raumzeit zurückzugreifen. Eine Rekonstruktion der relativistisch-elektrodyna-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

mischen Grundgröße auf dem oben skizzierten nicht-räumlichen Weg erscheint daher aussichtslos, es sei denn es ließe sich etwa das vektorielle Vierer-Potential A^{μ} (Fließbach 2005: 166) anstelle des Feldstärketensors als wahre Grundgröße verteidigen.

Schluss: Das Problem der Größen, Desiderata und Aussichten einer aktualistischen Konzeption

Ich habe anfangs erklärt, weshalb die Theorie primitiver Natürlichkeit von Eigenschaften der Universalientheorie eindeutig vorzuziehen ist. In der Konzeption physikalischer Grundgrößen ist der Theoretiker primitiv-natürlicher Eigenschaften sehr eingeschränkt: Er muss solche Größen allein mit Verhältnissen zwischen Einzeldingen erklären. Erfreulicherweise lässt sich eine erststufige Konzeption für skalare Größen angeben, und auch für vektorielle ist das Modell aussichtsreich. Die determinierten Massen, Ladungen, Feldstärken usw. sind dann keine perfekt natürlichen Qualitäten im vollen Sinne mehr. Sie lassen sich relational konstruieren, bleiben aber in einem guten Sinn intrinsisch. Das relationale Verständnis vektorieller Grundgrößen erlaubt es außerdem, die Hypothese der Hume'schen Supervenienz mit fundamentalen Vektorfeldern zu vereinbaren.

Das Ergebnis ist allerdings nicht nur positiv. Die unvermeidliche relationale Rekonstruktion physikalischer Größen zeigt, wie kompliziert solche Größen sind. Diese Komplexität spricht jedoch nicht gegen die relationale Theorie im Besonderen. Die ursprüngliche Annahme, Grundgrößen ließen sich durch Maßfunktionen in die reellen Zahlen oder in Vektorräume beschreiben, hat diese Komplexität nicht vermieden, sondern bestenfalls verdeckt. Die Komplexität spricht vielmehr *gegen die physikalischen Größen selbst*. Die klassische Idee kontinuierlicher skalarer und vektorieller Grundgrößen erweist sich als metaphysisch durchaus anspruchsvoll, nämlich als typologisch komplex. Falls uns eine gute wissenschaftliche Theorie zur Annahme solcher Größen zwingt, steht die erststufig-relationale Theorie bereit. Aber eine Theorie ohne kontinuierliche Größen wäre unter sonst gleichen Umständen vorzuziehen.

Was die Fruchtbarkeit des entwickelte Modells für späteren Entwicklungen der Physik angeht, muss ich mich darauf beschränken, zwei Desiderata zu formulieren. Erstens: Das quantenmechanische Grund-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

phänomen der Zustandssuperposition wird mittels Zustandsvektoren beschrieben (Albert 1992: 1–60). Lewis (2004) deutet eine ontologische Analyse von Superpositionen als Überlagerungen mehrerer Realitätsschichten an. Ich glaube nicht, dass sich die oben skizzierte Konzeption von Vektorgrößen direkt auf Zustandsvektoren übertragen lässt – sicherlich nicht auf unendlich-dimensionale Zustandsräume. Dennoch sollte man den Grundgedanken einer fundamentalen erststufigen, jedoch mehrdimensionalen Ähnlichkeitsbeziehung zu nutzen versuchen, um eine rein typologische Alternative zu Lewis' ontologischer Analyse der Superposition zu entwickeln. Zweitens: Die allgemeine Relativitätstheorie beschreibt die gekrümmte Raumzeit mit dem Krümmungstensor (Fließbach 1998: 91–96). Daraus folgt jedoch nicht, dass die raumzeitliche Grundgröße tensoriell ist und eine entsprechende relationale Konzeption zu fordern ist. Die Alternative, derzufolge die Länge eines beliebig gekrümmten Raumzeitweges die geometrische Grundgröße der Raumzeit ist, aus der sich u. a. die lokalen Krümmungen ergeben, sollte nicht vorschnell verworfen werden.[37]

Alles in diesem Beitrag Entwickelte gilt zunächst innerhalb einer Lewis'schen Metaphysik. Zu dieser Metaphysik gehört die weitgehend abgelehnte These, es gebe eine Vielzahl bloß möglicher konkreter Individuen und Welten. Erhebt die Universalientheorie wieder ihr Haupt, sobald man diesen modalen Realismus zugunsten einer aktualistischen Position fallen lässt, der zufolge es nur die wirklichen konkreten Dinge gibt? Müssen gar nicht-exemplifizierte Universalien akzeptiert werden? Ich halte das keineswegs für ausgemacht. Das Konzept objektiver Typgleichheit und damit das Konzept perfekter Natürlichkeit ist auch auf Klassen von (n-Tupeln von) wirklichen Einzeldingen anwendbar. Im nominalistischen modalen Realismus ist z. B. die gewaltige Klasse aller *möglichen* Partikel mit elektrischer Elementarladung eine fundamentale Eigenschaft. Grundsätzlich könnte im Aktualismus die ebenfalls sehr umfangreiche Klasse der *wirklichen* Dinge, die die Elementarladung besitzen, diese Rolle spielen. Auch die erststufig-relationale Konzeption physikalischer Grundgrößen, der skalaren wie der vektoriellen, ließe sich grundsätzlich in den aktualistischen Rahmen einfügen. Die Grundbestimmungen von Masse wären Ordnungs- und Kongruenzbeziehungen allein zwischen *wirklichen* Dingen. Eine Hauptfrage ist, wie der Aktualist den Externalitätseinwand abweisen kann. Es kommt darauf an, ob der Aktualist dem Gedanken Sinn verleihen kann, dass es z. B. ein einziges

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

massehabendes Ding *hätte geben können*. Die Grundidee ist folgende: Man konstruiert mögliche Welten durch Rekombination von wirklich vorkommenden Eigenschaften. Als qualitatives Rekombinations-Material lässt man jedoch nicht nur perfekt natürliche Bestimmungen im vollen Lewis'schen Sinne zu, sondern auch vollkommene Ähnlichkeit stiftende Eigenschaften wie die relational konstruierten Masseeigenschaften. Eine mögliche Welt kann dann beinhalten, dass etwas eine bestimmte Masseeigenschaft besitzt, ohne zu beinhalten, dass es in den fundamentalen Massebeziehungen zu etwas anderem steht. Ich denke, ein solches Prinzip für den Aufbau von Welten lässt sich verteidigen.

Anmerkungen

1 Für hilfreiche Diskussionen und Hinweise danke ich Hans Rott und den Teilnehmern seines Fortgeschrittenenkolloquiums, den Zuhörern meines Vortrags am Hamburger Institut, Frank Arntzenius sowie zwei anonymen Gutachtern von Philosophia Naturalis.

2 Unter empirischem Druck können Theorien ontologisch, aber auch bloß typologisch erweitert werden: Die Annahme von Neutrinos zur Erklärung des Betazerfalls erweiterte die Ontologie um zusätzliche Individuen. Die Annahme von Spinzuständen zur Deutung der Stern-Gerlach-Experimente erweiterte hingegen die Typologie um zusätzliche Zustände bereits akzeptierter Dinge, nämlich von Elektronen.

3 Gegen den Fundamentalismus wenden sich etwa Cartwright (1999) und Hüttemann (2004). Hoefer (2003) verteidigt die Position gegen Cartwright.

4 Das Paradigma sehe ich in M. Friedmans (1983) Arbeit zur Gravitations- und Raumzeittheorie. Zur Quantenphysik siehe D. Z. Alberts (1992).

5 Siehe kritisch Kap. 1 in B. van Fraassens (2002).

6 Vgl. Lewis' terminologische Erläuterung (1986a: 50–51 Anm. 37). Zu Lewis' späteren Konzeptionen der Mengenlehre siehe (1991) und die Revision in (1993). In (1986a: 50 Anm. 37) verlangt Lewis, dass gewöhnliche Eigenschaften Mengen sind; andernfalls seien keine Eigenschaften höherer Stufe denkbar. Unter dem Einfluss von Nolan (1996) rechnet er allerdings später damit, dass nicht einmal gewöhnliche „weltliche" Eigenschaften Mengen sind; siehe (2002: 8). Das dürfte erhebliche Folgen besonders für seine mengentheoretisch verfasste Theorie intentionaler Gehalte haben (1986a: 27–50).

7 Zum Konzept der physikalischen Eigenschaft siehe (1994a: 292–293).

8 Zum Gedanken eines „apriorischen Reduktionismus in bezug auf alles" siehe (1994a: 291–293). Die Hypothese der Hume'schen Supervenienz ist eine Verstärkung dieses Reduktionismus; siehe (1994b: 225–227) und S. 206–210 unten.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

9 Siehe hierzu (1986a: 61). Wie Hawthorne (2006: 236–37 Anm. 27 und 31) bemerkt, kann der Grad der Natürlichkeit einer Eigenschaft schwerlich bloß von der Länge der Definition abhängen, die man für sie mittels Ausdrücken für perfekt natürliche Bestimmungen geben kann. Disjunktivische Verknüpfungen verringert die Natürlichkeit nämlich sicherlich stärker als konjunktivische.

10 Zur Abwägung zwischen den Theorien siehe ausführlich Oliver (1996).

11 Ich übertrage Armstrongs nützliche Terminologie der „thin" und „thick particulars" (1997: 123–126) in eine Lewisianische Universalienlehre. Dicke Dinge sind *hier* mereologische Komplexe aus einem dünnen Ding und den zugehörigen Universalien. Für Armstrong sind sie hingegen zusätzliche Entitäten, nämlich komplexe Sachverhalte.

12 Informell bestimmt Lewis den „adäquaten Nominalismus" dahingehend, dass darin objektive Typgleichheit als primitiv akzeptiert wird. Doch seine genaueren Optionen lösen dies nicht wörtlich ein (1983: 15 Anm. 9). Das hier vorgeschlagene Konzept der objektiven Typgleichheit ähnelt Lewis' Prädikat „N", mit dem Unterschied, dass „N" genau auf *maximale* Pluralitäten typgleicher Dinge zutrifft. Tatsächlich benötigt man ein komplexeres plurales Grundkonzept als das der Typgleichheit; siehe Rodriguez-Pereyra (2002: 142–55).

13 Falls fundamentale Masse- und Ladungsqualitäten kontinuierlich über Raumzeitstellen verteilt sein sollen, müssen sie wohl von der Art der Dichten sein, sonst ergeben sich unendliche Werte für die Massen und Ladungen endlicher Volumina. Zur Frage, ob Masse oder Dichte fundamental ist, siehe Bricker (1993: 290–291), Butterfield (2005: Abschnitt 4.6) und Hawthorne (2006: 232 Anm. 14). Butterfield argumentiert, die Erhaltung der Masse wäre rätselhaft, wenn die Dichte fundamental wäre. Gegeben Lewis' regularistische Konzeption von Naturgesetzen (1994b: 231–233) ist das schwerlich ein gutes Argument. Die Masseerhaltung ist eine kontingente Regularität, ob sie nun unmittelbar die Masse oder vielmehr das Volumenintegral der Dichte betrifft.

14 Siehe (1986: 76 Anm. 55). Zur Möglichkeit immer weiter teilbarer Dinge siehe das Konzept des „gunk" in (1991: 20–21) sowie (1986b).

15 B. Taylor (1993: 85–86) interpretiert eine Bemerkung Lewis' aus (1986a: 63) fälschlich dahingehend, dieser *bevorzuge* sogar eine Analyse der Natürlichkeit durch Universalien (oder Tropen). Wichtige methodologische Überlegungen zur Abwägung zwischen ontologischen und ideologischen Kosten trägt Oliver (1996: 2–8) vor. Grundsätzliche Einwände formuliert van Fraassen in (2002: 1–30).

16 Eine konsequent ähnlichkeitstheoretische Eigenschaftstheorie entwickelt Rodriquez-Pereyra (2002).

17 In (1997: 125) versucht er dieses Fehlen psychologisch zu erklären.

18 Einige Universalientheoretiker möchten die Exemplifizierung eines Universals F durch ein Einzelding *a* darauf zurückführen, dass der Sachverhalt *a*'s F-Sein existiert (man erlaube zugunsten der Lesbarkeit das Apostroph). Dazu muss der Sachverhalt aber unabhängig davon charakterisiert werden, dass er genau dann existiert, wenn *a* F exemplifiziert. Ich betrachte Arm-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

strongs Versuche als gescheitert, den Sachverhalt als nicht-mereologisch zusammengesetzt aus *a* und F zu verstehen; siehe bes. (1997: 28–31, 116–123) und kritisch Hofmann (2005: 323–325). Der Sachverhalttheoretiker müsste daher Konstitutionsbeziehungen der Form K(*a*, F, *a*'s F-Sein) annehmen, die ein ausgezeichnetes Verhältnis zwischen *a* und F und dem Sachverhalt a's F-Sein beinhalten. Solche unanalysierbaren Konstitutionsbeziehungen wären aber sicherlich mindestens so problematisch wie eine primitive Exemplifizierungsbeziehung zwischen *a* und F. Typologisch-ideologisch wäre nichts gewonnen, hingegen wäre die Ontologie durch Sachverhalte aufgebläht. Dieses Argument hat unabhängig davon Bestand, ob man mit Lewis notwendige Beziehungen zwischen distinkten existierenden Dingen ablehnt oder nicht; siehe Lewis (1998c: 215, 219–20).

19 Der Universalienbegriff könnte unanalysierbar sein. Dann müsste die Qualitativität von Universalien durch Erläuterung vermittelt werden. Oder man definiert Universalien als Dinge, die objektive Typgleichheit zwischen ihren Tägern stiften. Dann greift man zu demselben konzeptionellen Primitivum wie der Primitivitätstheoretiker.

20 Mein Verdikt ähnelt Taylors (1993: 85, 86), nur dass ich der Primitivitätstheorie freundlich gegenüber stehe.

21 Zur Frage, ob die determinierbaren oder vielmehr die determinierten Eigenschaften perfekt natürlich sind, siehe Hawthorne (2006: 235–237).

22 Siehe Hawthorne (2006: 236 Anm. 28).

23 Die Annahme primitiver Maßfunktionen von Paaren von Qualitäten auf Zahlenverhältnisse hätte einige Ähnlichkeit mit J. Bigelows und R. Pargetters (1988) Theorie der „Proportionen" zwischen Universalien; siehe kritisch dazu Armstrong (1997: 63–64). Auch die Proportionen-Theorie leidet darunter, dass der rätselhafte Zusammenhang zwischen physischen Qualitäten und Zahlen nicht zufriedenstellend erklärt wird.

24 Für verschiedene Größen muss man mit verschiedenen formalen Eigenschaften der Ordnungs- und Kongruenzbeziehung rechnen, die axiomatisch niedergelegt werden können. Repräsentationstheoreme beinhalten jeweils, dass die Axiome tatsächlich Maßfunktionen auszeichnen, welche die Eigenschaften haben, die man bei der mathematischen Beschreibung einer Größe erwartet. Siehe dazu Krantz/Luce/Suppes/Tversky (1971), bes. die Abschnitte 4.4 und 4.10, sowie elementar Orth (1975: 53–58). Man käme mit einer einzigen vierstelligen Relation aus, intuitiv: Der Unterschied zwischen m_1 und m_2 ist kleiner oder gleich dem Unterschied zwischen m_3 und m_4. Siehe Krantz et. al. (1971: 151). Ich halte mich an den intuitiveren Dualismus von Ordnungs- und Kongruenzrelationen.

25 H. Field nimmt anstelle einer zweistelligen Beziehung R eine dreistellige Beziehung $B(x, y, z)$ an. Intuitiv besteht sie gerade dann, wenn y der Größe nach zwischen x und z liegt. Zum Unterschied zwischen der Wahl von B und der von R siehe Field (1980: 56, 58). Ich unterstelle hier der Einfachheit halber, dass auch für die Ladung eine Ordnungsrelation R die richtige Wahl ist.

26 Zu einer „platonistisch"-zweitstufigen Konzeption siehe Mundy (1987).

27 Auf diesen Vorteil weist Mundy (1987: 37) hin. Ich sage „im Prinzip", da

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

verschiedene Größen Beziehungen mit verschiedenen formalen Eigenschaften erfordern können.

28 Siehe dazu Lewis' Erwägung von fundamentalen Beziehungen des Gleich- und Verschiedengeladenseins in (1986a: 77). Siehe auch Hawthorne (2006: 230).

29 Mundy (1987: 33–34) macht diese Intuition für extensive Größen wie die Ausdehnung geltend. Sie ist für andere Größen mindestens ebenso stark.

30 Lewis hat mehrere Versuche unternommen, intrinsische Eigenschaften im Sinne dieser Intuition zu definieren; siehe (1998b) und (2002b). Ich muss es hier bei dem Appell an ein intuitives, unvermeidlich vages Verständnis belassen.

31 Die determinierten Massen wären offenbar nicht mittels der fundamentalen Masserelationen definierbar, wie Lewis es für mehr oder weniger natürliche Eigenschaften vorsieht (1986a: 61). Aber das allgemeine Konzept solcher Masseeigenschaften ist definierbar; sie sind Äquivalenzklassen massegleicher Dinge. Auch das Problem des Verhältnisses zwischen determinierbaren und determinierten Masseeigenschaften – siehe Hawthorne (2006: 234–237) – betrachte ich als gelöst. Allgemeinere Masseeigenschaften sind Vereinigungen solcher Äquivalenzklassen massegleicher Dinge, deren Zahlenwerte für eine beliebige Maßfunktion ein lückenloses Intervall der reellen Zahlen bilden.

32 Hawthorne (2006: 230, 230 Anm. 7) bemerkt, dass Lewis Relationen quer durch die Welten verlaufen lassen und so einigen Einwänden gegen erststufig-relationale Größentheorien entkommen kann. Er zieht aber nicht die Konsequenz, dass relational konstruierte Qualitäten damit intuitiv intrinsisch sind und so der Haupteinwand beantwortet wird, Masse sei für den Relationalisten extrinsisch.

33 In ähnlicher Weise ist Lewis (1986a: 75–76) bereit, per Analogie Systemen von Beziehungen, die von unseren raumzeitlichen verschieden sind, dieselbe metaphysische Rolle wie den raumzeitlichen zuzuschreiben. Genau solche Systeme externer Beziehungen integrieren Individuen zu Welten, die mit unserem System der raumzeitlichen Beziehungen bestimmte formale Charakteristika teilen.

34 Definiere $R_m{}^*(x,y)$ als $R_m(x,y) \wedge \neg R_m(y,x)$. $R_m{}^*(x,y)$ beinhaltet also, dass x eine kleinere Masse besitzt als y. Dann ist R^* irreflexiv: Nichts hat eine kleinere Masse als es selbst. Daher gehört jedes massehabende Individuum zu genau einer Klasse von massegleichen Dingen. Zum Problem struktureller Beziehungen zwischen Qualitäten siehe Hawthorne (2006: 233–234).

35 Zur Definition theoretischer Terme siehe Lewis (1970). Ich folge Lewis in der Ablehnung essentialistischer Theorien, denen zufolge fundamentale Bestimmungen ihre naturgesetzlichen oder kausalen Rollen mit metaphysischer Notwendigkeit spielen. Damit ist auch ausgeschlossen, die Feldstärke als irreduzible Disposition zu begreifen, auf Ladungen Kräfte auszuüben.

36 Zum Standardeinwand und zur Kritik an Lewis' Lösung des Problems der rotierenden homogenen Materie siehe Robinson (1989: 408), Sider (2001: 224-236, bes. 229), Zimmerman (1998).

37 Zugunsten einer tensoriellen Grundgröße sprechen sich J. Butterfield (2005:

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Abschnitt 4) und Hawthorne (2006: 232 Anm. 13) aus. Ph. Bricker (1993: 287) argumentiert dafür mit dem sehr vagen und unausgewiesenen Hinweis, die lokale Raumzeitkrümmung sei der allgemeinen Relativitätstheorie zufolge ‚ein dynamisches Objekt, ein Erster Beweger'. Maudlin (2007: 87–89) argumentiert überzeugend dafür, dass auch in ungekrümmten Räumen nicht Abstände oder Intervalle, sondern Längen fundamental sind.

Literatur

Albert, David Z. (1992). *Quantum Mechanics and Experience*, Harvard: Harvard University Press

Armstrong, D. M. (1997). *A World of States of Affairs*, Cambridge: Cambridge University Press

Bigelow, John, and Robert Pargetter (1988). „Quantities", *Philosophical Studies* 54, S. 287–304

Bricker, Phillip (1993). „The Fabric of Space: Intrinsic vs. Extrinsic Distance Relations", *Midwest Studies in Philosophy* XVIII, S. 271–294

Busse, Ralf (2008): „Eine regularistische Theorie klassischer Kraftgesetze", Facta Philosophica (im Erscheinen)

Butterfield, Jeremy (2005). „Against *Pointillisme* about Geometry", zugänglich unter http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00002552/01/APG1.pdf

Cartwright, Nancy (1999). *The Dappled World*, Cambridge: Cambridge University Press

Field, Hartry (1980). *Science without Numbers. A Defence of Nominalism*, Princeton: Princeton University Press

Fließbach, Torsten

(1998). *Allgemeine Relativitätstheorie*, Heidelberg: Spektrum

(2005). *Elektrodynamik*, Heidelberg: Springer

Friedman, Michael (1983). *Foundations of Space-Time Theories: Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton: Princeton University Press

Hoefer, Carl (2003). „For Fundamentalism", *Philosophy of Science* 70, S. 1401–1412

Hofmann, Frank (2005). „Über die Natur von Tatsachen", *Philosophia Naturalis*, S. 313–340

Hawthorne, John (2006). „Quantity in Lewisian Metaphysics", in:

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

ders., *Metaphysical Essays*, Oxford: Oxford University Press 2006, S. 229–237

Hüttemann, Andreas (2004). *What's Wrong with Microphysicalism?*, London: Routledge

Lewis, David

(1970). „How to Define Theoretical Terms", in: 1983a, S. 78–95

(1983a). *Philosophical Papers Vol. I*, Oxford: Oxford University Press

(1983b). „New Work for a Theory of Universals", in: 1999, S. 8–55

(1986a). *On the Plurality of Worlds*, Oxford: Blackwell

(1986b). „Against Structural Universals", in: 1999, S. 78–107

(1991). *Parts of Classes*, Oxford: Blackwell

(1993). „Mathematics is Megethology", in: 1998, S. 203–29

(1994a). „Reduction of Mind", in: 1999, S. 291–324

(1994b). „Humean Supervenience Debugged", in: 1999, S. 224–247

(1998a). *Papers in Philosophical Logic*, Cambridge: Cambridge University Press

(1998b). (mit Rae Langton) „Defining ‚Intrinsic'", in: 1999, S. 116–132

(1998c). „A World of Truthmakers?", in: 1999a, S. 215–220

(1999a). *Papers in Metaphysics and Epistemology*, Cambridge: Cambridge University Press

(1999b). „Zimmerman and the Spinning Sphere", *Australasian Journal of Philosophy* 77, S. 209–212

(2002a). „Tensing the Copula", *Mind* 111, S. 1–13

(2002b). (mit Rae Langton) „Redefining ‚Intrinsic'", *Philosophy and Phenomenological Research* 63, S. 381–398

(2004). „How Many Lifes Has Schrödinger's Cat?", *Australasian Journal of Philosophy* 82, S. 3–22.

Krantz, David H, R. Duncan Luce, Patrick Suppes und Amos Tversky (1971). *Foundations of Measurement Vol. I*, New York/London: Academic Press

Maudlin, Tim (2007). *The Metaphysics Within Physics*, Oxford: Oxford University Press

Mundy, Brent (1987). „The Metaphysics of Quantity", *Philosophical Studies* 51, S. 29–54

Nolan, Daniel (1996). „Recombination Unbound", *Philosophical Studies* 84, S. 239–262

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Oliver, Alex (1996). „The Metaphysics of Properties“, *Mind* 105, S. 1–80

Orth, Bernhard (1974). *Einführung in die Theorie des Messens*, Stuttgart: Kohlhammer

Penrose, Roger (2005). *The Road to Reality*, New York: Alfred Knopf

Quine, Willard V. O. (1951). „Ontology and Ideology“, *Philosophical Studies* 2, S. 11–15

Robinson, Denis (1989). „Matter, Motion, and Humean Supervenience“, *Australasian Journal of Philosophy* 67, S. 394–409

Rodriquez-Pereyra, Gonzalo (2002). *Resemblance Nominalism. A Solution to the Problem of Universals*, Oxford: Oxford University Press

Sider, Theodore (2001). *Four-Dimensionalism*, Oxford: Oxford University Press

Taylor, Barry (1993). „On Natural Properties in Metaphysics“, *Mind* 102, S. 81–100

van Fraassen, Bas (2002). *The Empirical Stance*, New Haven: Yale University Press

Zimmerman, Dean (1998). „Temporal Parts and Supervenient Causation: The Incompatibility of Two Doctrines“, *Australasian Journal of Philosophy* 76, S. 265–288

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Peter Schulte

How to Link Particulars to Universals: Four Versions of Bradley's Regress Refuted

Abstract

It is often claimed that Realism about universals is problematic because it cannot account for the relation between particulars and universals without falling prey to „Bradley's regress". In this article, I consider four different versions of this regress argument (the semantic regress, the explanatory regress, the ‚One over Many' regress, and the truthmaker regress), each based on a different ‚regress-generating' assumption. I argue that none of these arguments succeeds in refuting Realism. Still, I contend that two interesting conclusions can be drawn from the discussion. First, ‚Bradleyan' regress problems show that some arguments for Realism have to be abolished because they involve ‚regress-generating' assumptions. Second, these problems suggest that Realists about universals should opt for a nominalistic treatment of the ‚exempflification relation'. As it turns out, this account of exemplification has the further advantage of being more in line with a science-oriented metaphysics than all the traditional alternatives.

Zusammenfassung

Es wird oft behauptet, dass der Universalienrealismus problematisch ist, weil er die Beziehung zwischen Partikularen (Einzeldingen) und Universalien nicht erklären kann, ohne „Bradleys Regress" zum Opfer zu fallen. In diesem Artikel betrachte ich vier verschiedene Versionen des Regresses (den semantischen Regress, den explanatorischen Regress, den „One over Many"-Regress und den Wahrmacher-Regress), die alle von unterschiedlichen „regress-generierenden" Voraussetzungen ausgehen. Ich argumentiere dafür, dass keines dieser Regressargumente den Universalienrealismus widerlegt. Dennoch, so behaupte ich, können aus der Diskussion zwei interessante Schlussfolgerungen gezogen werden: Erstens zeigen ‚Bradleysche' Regressproblem, dass einige Argumente für den Universalienrealismus aufgegeben werden müssen, weil sie sich auf „regress-generierende" Voraussetzungen stützen; zweitens legen diese Probleme nahe, dass sich der Universalienrealist bei der Behandlung der „Exemplifikationsrelation" für eine nominalistische Strategie entscheiden sollte. Wie sich herausstellt, hat diese Analyse von Exemplifikation zudem den Vorteil, besser zu einer wissenschaftsorientierten Metaphysik zu passen als die traditionellen Alternativen.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Suppose you are a realist about universals (a ‚Realist' with a capital ‚R', for short). You hold that, apart from particulars – Aristotle, Janis Joplin, the Earth –, there are universals: properties and relations which can be *exemplified* (instantiated) by particulars (or, in the case of relations, by n-tuples of particulars). „Being human" is such a universal, exemplified by Aristotle and Janis Joplin; „living on" is another one, instantiated by the pairs <Aristotle, Earth> and <Janis Joplin, Earth>, etc.[1] At this point, a notorious question rears its head: How are particulars and universals related to each other? What does it mean to say that Aristotle „exemplifies" the property of being human?

A straightforward answer goes like this: Particulars and universals are related by a *relation* (i. e. another universal) that holds between them. In other words: A particular *a* exemplifies a property *F* iff the pair <*a*, F> exemplifies the exemplification relation (call it „E"). By now, it should be obvious that we are heading for a regress: the pair <*a*, F> exemplifies E iff the triple <*a*, F, E> exemplifies E* (a higher-order exemplification relation),[2] which is the case iff the quadruple <*a*, F, E, E*> exemplifies E**, etc. This is, of course, a version of „Bradley's regress", one of the most famous regress problems in philosophy.[3]

Yet, for all its fame, Bradley's regress has not been the center of attention in recent years; in fact, explicit discussions of it have largely been confined to introductory textbooks (although there are notable exceptions, e. g. Vallicella (2002)). The reason is not that the solution is obvious. Indeed, there are deep disagreements between philosophers about how the problem is to be solved – or even whether it can be solved at all. Some authors think that the regress is avoided by the assumption of a „non-relational tie" (that links particulars to universals without itself being linked to them),[4] while others hold that facts (or „states of affairs") are needed instead,[5] and still others believe that the regress is unavoidable but harmless[6] or that it is unavoidable and fatal for Realism.[7]

But before we come to the solutions, we must ask: Why is there a regress at all? What is the assumption that leads us from the Realist thesis

(1) *a* exemplifies F

to the problematic consequence

(2) *a* and F exemplify E (or, alternatively: the pair <*a*, F> exemplifies E)?

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

This question asks for the ‚regress-generating assumption' (RGA, for short). It can be answered in different ways, as we will see in the following, and to each of these answers corresponds a different version of Bradley's regress: the ‚semantic regress', the ‚explanatory regress', the ‚One over Many regress' and the ‚truthmaker regress'. I will try to show that none of these versions is able to refute realism about universals. Good news for the Realist, it seems. But there's a downside to it: As I will argue, the regress problems show that some assumptions that are commonly used to establish Realism cannot be used that way because they are RGAs, regress-generating assumptions. To put it more cautiously: *If* we want to avoid the instantiation regress (and it seems that, *prima facie*, we have good reason to), then we should not use an RGA as a premiss in an argument for Realism.

Finally, I will sketch an account of exemplification that avoids the problems of the traditional theories. Furthermore, this new account will be more in line with the program of „science-oriented metaphysics" (or „a posteriori metaphysics") – i. e.the metaphysical approach that turns to the empirical sciences (especially to physics) to determine what the ultimate constituents of reality are. This, I think, is another considerable advantage of my proposal.

The Semantic Regress

The first regress argument I want to examine is based on a semantic assumption:

(S) Every meaningful n-place predicate *P* denotes (i. e., has as its „semantic value") an n-place relation *R*. (For the sake of simplicity, properties are treated as one-place relations.)

Behind (S) stands a simple (but not totally unattractive) theory of meaning. According to this theory (the „denotational theory of meaning", as Fodor calls it[8]), proper names and predicates get their meaning in exactly the same way – proper names get it by denoting particulars, predicates by denoting relations. (One advocate of such a view is Bertrand Russell in *The Problems of Philosophy*.[9])

How (S) generates the regress is, I think, fairly obvious. Take statement (1): „*a* exemplifies F". According to (S), this sentence can only be

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

meaningful if the predicate „exemplifies“ denotes a (two-place) relation – the exemplification relation E. Since (as the Realist tells us) relations are exemplified by their relata, (2) follows. And from (2), we can – in the same manner – deduce that *a*, F and E exemplify the („second-order“) exemplification relation E*, etc. The regress is perfect.

There are two possible reactions to this problem. One is to deny (S). This is what ‚sparse Realists‘ like David Armstrong do:

> I suggest that we reject the notion that just because the predicate ‚red‘ applies to an open class of particulars, therefore there must be a property, redness. […] What properties and relations there are in the world is to be decided by total science […].[10]

‚Sparse Realists‘ don’t postulate universals to account for the meaning of predicates; they adopt Realism for completely different reasons (some of which we will discuss below). So, the ‚semantic regress‘ is no problem for them.

But what about ‚abundant Realists‘ who accept (S)? Is their position refuted by the regress argument? I don’t think so. True, these Realist have to acknowledge that there *is* a regress, since it follows logically from their Realist assumptions and (S) taken together. What they need not acknowledge is that this constitues a *problem* for their view. As we know, some regresses are quite harmless, e.g. the so-called „truth regress“: *p* is true *iff* <*p* is true> is true iff <<*p* is true> is true> is true iff … (etc. *ad infinitum*).[11] Why should our ‚semantic regress‘ not be like this? Remember: the abundant Realist does *not* say that, *in order* for *a* to exemplify F, *a* and F have to exemplify E *first*, and that for this to be the case, *a*, F and E have to exemplify E*, etc. All he says is that necessarily, if *a* exemplifies F, it is *also* the case that *a* and F exemplify E, and so on. To me, this does not look like a vicious regress. (At least, the burden of proof is on side of the Realist’s opponent.)

One might object that the regress, while not being vicious, nevertheless involves enormous ontological costs: it commits abundant Realists to an infinite hierarchy of exemplification relations. To most of us (including myself), this seems unattractive. It violates our intuitions, laid down in the famous principle of ontological parsimony (also called „Occam’s razor“), which tells us ‚not to multiply entities beyond necessity‘, i. e. not to postulate more entities than absolutely necessary. But it is not likely that the abundant Realist will be impressed by this objection: in any case,

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

he is an *abundant* Realist, which means that he does not care too much for ontological parsimony. Of course, he will not say that the entities he postulates are *unnecessary*, so he does not need to reject Occam's razor as it is formulated above. But an abundant Realist, I think, will not see ontological costs as a great disadvantage of his theory. He will probably accept the infinite hierarchy of instantiation relations without batting an eye.[12]

I conclude that the semantic regress argument poses no problem for Realism – neither in its sparse, nor in its abundant form.

The Explanatory Regress

In the last section, I argued that the semantic regress is not vicious because thesis (S) does not say that *in order* for *a* to exemplify F, there must be an exemplification relation linking *a* to F. To put it differently: the advocate of a denotation theory of meaning does not posit the exemplification relation to *explain* why it is the case that *a* exemplifies F. But we can imagine a metaphysician doing just that, i. e. putting forward the following thesis:

(E) That *a* exemplifies F is in need of explanation, and the only (or best?) explanation available is that there exists an exemplification relation E linking *a* to F.

On the standard Realist account, a relation links two entities iff it is exemplified by these entities, so (2) follows; and again, we get a regress.

This ‚explanatory regress' looks more problematic than the semantic regress: „*a* exemplifies F" is explained by „*a* and F exemplify E", which in turn is explained by „*a*, F and E exemplify E*", etc. The explanation never comes to an end. Is this acceptable? Consider the following (probably fictional) story. The ancient indians try to explain why the earth is not „falling through space". One of them comes up with a brilliant idea: „I know", he says, „it's because the earth is supported by a giant turtle." His fellow indians then want to know why the *turtle* is not falling through space. „Well, that's easy", the turtle-theorist replies, „the first turtle is supported by a second one, the second by a third one, and so on. It's turtles *all the way down*!"[13] Sure, this is a witty reply – but it does not seem to be a good explanation. The turtle is a „theoretical entity",

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

introduced to explain a specific fact: the fact that the Earth does not „fall through space". But it creates a new explanandum of the same type as the original one: now, it is the fact that the turtle (or, better, turtle$_1$) does not „fall through space", that is in need of explanation. And so on. Every turtle posited solves a problem only to create it again at the next level. To me, this looks like a sure sign of viciousness.

I see no reason why the explanatory instantiation regress should be better than the „turtle regress": Here, also, the same problem – the problem how to ‚connect' entities ontologically – resurfaces at every level. I conclude therefore, that the explanatory instantiation regress is indeed vicious. (And even if it were not, it would still be unattractive – at least to sparse Realists – because of the ontological costs it involves.)

Some Realists concede the first half of (E) – the thesis that „a *exemplifies F*" is in need of an explanation – but deny the second half, i.e. the claim that an exemplification *relation* is best fitted to do the job. Instead, they hold, a ‚tie' or ‚nexus' of exemplification is needed that is not itself a relation. This „non-relational tie" connects *a* and F without being itself connected to *a* and F by a (second-order) tie.[14] What should we say about this solution? *Prima facie*, it looks terribly *ad hoc*. If „a *exemplifies F*" can only be explained by postulating a tie of exemplification that holds between *a* and F, then why is it acceptable to leave „*a tie of exemplification holds between* a *and F*" unexplained? We need a reason that makes it plausible to treat these two cases differently. Without such a reason, a „non-relational tie" of exemplification offers additional ontological costs without theoretical gains – and must therefore fall victim to Occam's razor.

Fortunately, there is a better reply avaible. The Realist can deny (E) outright. Explanation has to start somewhere – so why not with „a *exemplifies F*"? Why shouldn't this be a *factum brutum*, neither capable nor in need of further explanation? Not everyone will be satisfied with this answer. Some may still wonder how a Realist can accept that there is relatedness (of particulars and universals) without relations (or ‚ties'). I hope that the discussions below (especially in section 4) will ease their worries; but for now, I suggest that we move on with our discussion.

Realism, I contend, is not refuted by the explanatory regress. Still, the regress problem constrains possible arguments for Realism. Realists who (wisely) reject (E) can no longer argue as follows: „Nominalism is defective because it cannot explain why, e.g., Arthur is red. Realism, on the

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

other hand, is able to offer such an explanation: Arthur is red because he has the property of redness." Here, our realist appeals to the ‚intuition' that „Arthur is red" is in need of explanation – the same ‚intuition' he must deny in the case of „Arthur exemplifies redness". This is hardly a convincing position.

So far, though, not much damage has been done: the ‚explanatory argument' for Realism (based on the ‚explanation' „Arthur is red because he has the property of redness") looks like a non-starter anyway; the regress problem only gives us a further (and, I think, decisive) reason to reject it. But there's more to come in the following sections.

The ‚One over Many' Regress

One rather popular argument for Realism is the ‚One over Many' argument. It starts from the truism that different things often have „something in common": they can have the same size, the same color, the same mass, etc. Realism, the argument goes, can make sense of this truism by taking it at face value: There is indeed something (i. e. some *thing*, some entity) that these different particulars have in common – they have (i. e. exemplify) the same *universal property* (size, color, mass, etc.). Then it is claimed that Nominalism, on the other hand, can give no appropriate analysis of the truism, so that, in the end, Realism wins the debate.

We must be careful to distinguish this argument from the „meaning argument" in section 1, which was an attempt to derive the existence of universals from the fact that there are meaningful predicates. The ‚One over Many' argument does not rely on the premiss that for *every* (meaningful) predicate F, if x is F and y is F then there is something both x and y have in common. As Armstrong (1978a) reminds us: „the same term may apply in virtue of different natures of the different particulars."[15] The terms „*being blue or six foot tall*" and (arguably) „*being a continental philosopher*"[16] are cases in point; here, we don't have genuine universals corresponding to the predicates (according to Armstrong and other ‚sparse' realists, who deny the existence of disjunctive universals). Somewhat vaguely, we can say that the ‚One over Many' argument is restricted to predicates that apply in virtue of a genuine „sameness" in the way particulars are (e.g., „x *is an electron*", „x *is 200 m high*", etc.) or

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

some genuine similarity in the way particulars stand to each other (e.g. „x *happens 2 minutes before* y", „x *is 7 km away from* y", etc.).

I don't want to evaluate the ‚One over Many' argument directly. What I attempt to show is that *if* we accept this type of argument, we are under considerable pressure to acknowledge the existence of an infinite hierarchy of exemplification relations. The reason is that we can construct a ‚One over Many' argument for the exemplification relation. It is based on the following premiss:

(O) If *a* exemplifies F and *b* exemplifies G, then there is something the pairs <*a*, F> and <*b*, G> have in common: in both cases, the same relation – the relation of exemplification, E – holds between the particular and the universal.

But if (O) is admitted, it is hard to see how one could reject an analogous proposition for the triples <*a*, F, E> and <*b*, G, E>; so again, we are facing a regress. It is not, I think, a vicious regress: there nothing in (O) that suggests that „a *and F exemplify E*" is somehow explanatory prior to „a *exemplifies F*". The ontological costs are the problem – a major problem in this case, because the ‚One over Many' argument is often appealed to by *sparse* Realist.[17]

Of course, it is open to the Realist to deny that <a, F> and <b, G> really have something in common – even if it is both true that *a* exemplifies F and that *b* exemplifies G. But this is a dubious position for the Realist to take; at least, for a Realist who accepts the ‚One over Many' argument as we formulated it above. For with this move, he seems to concede that talk of „exemplification" has no basis in reality: although we can *say* that certain particulars exemplify certain universals, there is no real similarity in the way these particulars and universals stand to each other. In this respects, the predicate „exemplifies" is on a par with (theoretically uninteresting) predicates like „*being blue or six foot tall*" and „*being a continental philosopher*". But didn't the Realist want to say something significant, something theoretically important, when he claimed that particulars exemplify universals?

The Realist might reply as follows: „Yes, it is true that the pairs <a, F> and <b, G> have something in common when in both cases, the particular exemplifies the universal. And this is an important truth: The pairs *really* have something in common, the ‚sameness' here is not just a matter

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

of linguistic convention. But we shouldn't conclude from this that there literally is some *thing*, some entity, that <a, F> and <b, G> have in common. That just doesn't follow." To put it differently: The Realist could admit that <a, F> and <b, G> really have „something in common", but deny that we use „something" in the sense of the first-order existential quantifier. What they have in common, he could argue, is „the way the elements of the pair stand to each other", and interpret it as an instance of irreducible second-order quantification (i. e. second-order quantification that cannot be analysed in terms of first-order quantification.[18])

But obviously, this move undercuts the original ‚One over Many' argument: If the (real, genuine) ‚sameness' captured by „exemplifies" can be analysed in terms of second-order quantification, why not the ‚sameness' captured by „red", „weighs 6.3 kg", „is 200 m high" or any other predicate? From that I conclude: the Realist who uses second-order quantification to account for exemplification cannot consistently argue for Realism with the ‚One over Many' argument. And – so long as no other solution to the ‚One over Many' regress is discovered – an even stronger conclusion can be drawn: that sparse Realists who want to avoid Bradley's regress should reject the ‚One over Many' argument.

The Truthmaker Regress

The most interesting version of Bradley's regress is the ‚truthmaker regress', based on the so-called „truthmaker principle" (TM). I think that many informal expositions of Bradley's regress argument rely on TM – or rather, on the basic intuition behind TM – without making it explicit (although there are exceptions, cf. Armstrong (1997), p. 113ff). A truthmaker of a proposition *p* is standardly defined as an entity that *necessitates* the truth of *p*, i. e. an entity whose existence guarantees that p is true. The truthmaker principle, on the standard (‚maximalist') formulation, claims that every truth has such a truthmaker:

(TM) For every true proposition *p*, there is an *x* such that necessarily, if *x* exists, *p* is true.[19]

How does TM generate a regress? To see this, we have to look at a special class of propositions: „accidental predications", i. e. propositions which ascribe a contingent property to some object (or which state

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

that a contingent relation holds between several objects). Examples of such propositions are very common (to say the least): „Johnny is 1.80 m tall", „Ellen weighs 52.3 kg", „Beverly and Victor are 25 km apart". According to TM, these propositions have a truthmaker. But what is the truthmaker for „Johnny is 1.80 m tall", for example? It is not Johnny: Johnny can exist and be 1.81 m tall. It is not Johnny and the property of being 1.80 m tall, taken together (i. e., the ‚mereological sum' of Johnny and this property): It is possible that Johnny is 1.81 m tall and the property of being 1.80 m tall still exists – either because universals exist necessarily or because „being 1.80 m tall" is exemplified by a different particular (say, Jimmy).

Now, the Realist could argue: „Well, what we need is not only Jimmy (*j*, for short) and the property of being 1.80 m tall (*P*, for short). The existence of *j* and P does not ensure that *j* actually *has* P. Therefore, we must also assume that there is some link, holding *j* and P together – the exemplification relation, E." But is the sum of *j*, P and E a truthmaker? No: Since E is a relation – and therefore, according to the realists theory, a *universal* –, it can be exemplified by other object-property pairs besides <*j*, P>. We have the same problem as before, only at a higher level: It is not the existence of *j*, P and E alone that guarantees that *j* has P (i. e., that „*j* has P" is true); the three entities must also be appropriately linked. So we assume a higher-order exemplification relation, E*, that holds between *j*, P and E, etc. You know the procedure already.

In two respects, the ‚truthmaker regress' is more problematic than the regresses discussed in previous sections. *First*, it is clearly vicious: Even the sum of *j*, P and an infinite hierarchy of exemplification relations can exist without „*j* is P" being true. The problem is not the ontological commitment to infinitely many exemplification relations; the real problem is that making this commitment doesn't really help. We still lack truthmakers for accidental predications like „Johnny is 1.80 m tall". *Second*, the ‚truthmaker regress' is based on a premiss that many theorists (especially Realists) accept. At first glance, TM looks indeed very plausible. It seems to incorporate the simple idea that the truth (or falsity) of propositions depends on „the way things are in the world". If a proposition is true, it is not true *simpliciter*, but true *in virtue of something*, something „out there" in the world. TM appears to be a more or less innocuous formalization of the realist conception of truth, a modern rendering of the venerable „correspondence intuition" (i. e. the intuition that truth should be

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

conceived as a relation of correspondence holding between propositions and reality).[20]

So, how can the ‚truthmaker regress' be avoided? One possible solution is put forward by D. M. Armstrong: He adds *facts* (or „states of affairs", as he calls them) to his ontology. *The fact that j is P* is supposed to be a new entity; an entity that exists if and only if *j* exemplifies P. It is different from the sum of j and P, which exists iff both j and P exist, regardless of whether j exemplifies P; still, *the fact that j is P* is said to be somehow („non-mereologically") composed of *j* and P. Facts can obviously serve as truthmakers for contingent predications (for necessarily, if *the fact that j is P* exists, „j is P" is true); the ‚truthmaker regress' is avoided. (Interestingly, we get a similar result if we construe the exemplification relation E not as a universal, but as a *non-transferrable trope*, i. e. a particularized relation that holds essentially between its relata. Such a trope could not be exemplified by other particular-universal pairs; necessarily, *if* it exists, it links whatever it actually links – in our case, *j* and P. Therefore, exemplification tropes could do the same job Armstrongs „states of affairs" do. In fact, some ontologists would probably be inclined to say that what we have here is one and the same account, formulated in two different ways, not two different accounts.)

Unfortunately, facts come with a host of problems.[21] First, their introduction seems pretty *ad hoc*: They appear to be *designed* to serve as truthmakers for contingent predications (and thereby as ‚regress blockers').[22] Many theorists are – rightly, I think – suspicious of such entities. Second, facts constitute a new ontological *category*, and ontological commitment to new categories – i. e., new *kinds* of entities – should not be taken lightly. The third – and most important – point: It is completely unclear how facts are related to their constituents. Armstrong speaks of „non-mereological composition"; but to give a name to a mystery is not to explain it. Of course, in ordinary language we often talk about wholes that do *not* necessarily exist iff all their parts exist (as mereological sums, by definition, do). A statue e.g. is composed of parts (iron atoms, say), but these parts could exist without being part of the statue; so, the statue cannot be identified with the mereological sum of its parts.[23] But in the case of the statue, we can say that the statue exist iff (most of) its parts exist *and stand in certain relations to each other*. For facts, on the other hand, we can say no such thing, on pain of regress. Therefore, we have to conclude that an entirely new, *sui generis* mode of composition is

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

needed for facts. This, I suggest, is a significant disadvantage of factualism. (Lewis has proposed – on behalf of the factualist – to drop talk of composition altogether and to conceive of facts as entities *distinct from* but *necessarily related to* their constituents – since the existence of a fact, e.g. *the fact that j has P*, entails the existence of its consituents, *j* and P.[24] While this move avoids the commitment to „non-mereological composition", it generates a new problem: now, *j* and P are not even *part* of the truthmaker for „*j* is P"! This is very counterintuitive and reinforces my first point: the suspicion that facts are *ad hoc* entities whose only job is to stop the ‚truthmaker regress'.)

We have good reason, it seems, to look for another solution to the ‚truthmaker regress'. We should, I think, reexamine the basic intuition behind the truthmaker principle and ask if it really supports TM. I stated this intuition as the „simple idea that the truth (or falsity) of propositions depends on ‚the way things are in the world'", and, alternatively, as the contention that a proposition „is not true *simpliciter*, but true *in virtue of something*, something ‚out there' in the world." So far, every friend of a realist notion of truth will agree. But can we conclude from this – as we do with TM – that the truth and falsity of propositions only depends on the *existence* of things (entities)? Could it not also depend on *how* things are? The transition from „depends on ‚the way things are in the world'" to „depends on what exists in the world" is by no means unproblematic. The proponent of TM, it seems, simply takes it for granted. This point has been emphasized by several authors, most prominently by David Lewis (1999/1992), but also by Josh Parsons (1999) and Julian Dodd (1999): all these theorists challenge the proponent of TM to *justify* the crucial transition.

The TM-theorist could, of course, appeal to natural language: in ordinary spreech, we readily go from „things are thus-and-so" to „there is a way things are (namely, things are thus-and-so)". Yet, is ontology that easy? Are we commited to a category of entities just because we can construct singular terms that purport to refer to them? This would be a purely linguistic criterion of ontological commitment: a criterion unlikely to appeal to ‚sparse Realists' like D.M. Armstrong, who declare ontology to be largely *independent* of language.

If we refuse to follow the TM-theorists from „the way things are" to existence, we still can formulate something like TM:

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

(TM*) For every true proposition *p*, there is an *x* such that necessarily, if *x* exists *and x is how it actually is*, *p* is true.

According to TM*, *x* is a truthmaker for *p* if *p* cannot be false unless either (a) *x* does not exist or (b) *x* is different from the way it actually is. Johnny, for example, is the truthmaker for „Johnny is 1.80 m tall", because that proposition can only be false when Johnny has some height different from 1.80 m.

One might object at this point that TM* trivializes the idea of truthmaking. Johnny is such that water boils at 100 °C, and the proposition „water boils at 100 °C" could only be false if Johnny was different in this respect. Is Johnny therefore the truthmaker of „water boils at 100 °C"? This would be a disastrous result. Everything would make every proposition true; and we would have truthmakers for all propositions, regardless of our ontological commitments (in fact, commitment to Johnny would suffice). In that case, the notion of truthmaking loses its significance altogether.

As a consequence, we should modify TM* and restrict „how x actually is" to „how x actually is *intrinsically*" (although this makes the formula somewhat cumbersome). Realist can say even more. Instead of speaking about „how x actually is intrinsically", they can refer explicitly to the *intrinsic, natural properties* of x:

(TM**) For every true proposition *p*, there is an *x* such that necessarily, if *x* exists *and x exemplifies the natural, intrinsic properties F, F*, … it actually exemplifies*, *p* is true.[25]

TM* – with the added restriction to *x*'s intrinsic nature – and TM** both seem to capture the „truthmaker intuition" in an adequate way. In addition to that, they generate no regress that would have to be stopped by the introduction of facts: Johnny now suffices as a truthmaker for „Johnny is 1.80 m tall", because he actually is 1.80 m tall (intrinsically), or because he actually exemplifies the (intrinsic, natural) property of being 1.80 tall. There is nothing whose *existence alone* guarantees the truth of „Johnny is 1.80 m tall" – but according to our reformulated truthmaker principles, we need not suppose that there is.

But these modifications (plausible as they are) have negative consequences for the prospects of a ‚truthmaker argument' against nominalism. Armstrong (1989), e. g., formulates such an argument; it is directed

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

against „Ostrich nominalism“ (i. e. the form of nominalism that rejects not only universals, but also particularized properties – so-called ‚tropes‘ – and ‚ersatz‘ properties, like primitive natural classes or primitive resemblance relations between particulars). The argument starts from TM and the (virtually undeniable) thesis that there are true accidental predications, and leads first to the intermediate conclusion that there are facts,[26] then to the final conclusion that there also are the *constituents* of facts, namely particulars and properties.[27] Since we have given up TM, we can, of course, no longer use this argument. Could we formulate a related argument with one of the revised principles? I don't think so. TM* will not do: it does not yield the intermediate conclusion (that there are facts) and seems, all in all, perfectly compatible with „Ostrich nominalism“ (or „throughgoing nominalism“, as its adherents call the doctrine[28]). TM**, on the other hand, *assumes* Realism; so any argument against nominalism that starts from TM** would be purely question-begging. So, in the end, it seems we have to agree with Josh Parsons (1999): there is no ‚truthmaker argument‘ against nominalism![29]

Conclusion

The first conclusion I draw from the above considerations is strategic: *if* we want to avoid Bradley's regress in any of its versions (and, at least as ‚sparse Realists‘, we have good reason to), we should reject the regress-generating assumptions I have exposed in this article. As a consequence, we can no longer use these assumptions in arguments for Realism: we must reject the semantic argument, the explanatory argument, the ‚One over Many‘ argument and the truthmaker argument for Realism (in the above versions) as unsound. One might suspect that, after all these arguments have been abandoned, there are no considerations left to support Realism. But this, I contend, would be a mistake. There is at least one argument that is not touched by any regress problem: the so-called Jackson-Pap argument.[30] It draws attention to sentences like „Red is a colour“ or „Humility is a virtue“, which contain singular terms that purport to refer to properties, and challenges the nominalist to give plausible paraphrases of these sentences that avoid reference to properties. (Such paraphrases, as the discussion has shown, are extremely hard – if not impossible – to come by; so this is quite a strong argument for Realism.)

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

My second conclusion concerns the Realists treatment of exemplification. In the course of this article, we have met several standard ways to account for it; all of them involved the postulation of mysterious (or otherwise problematic) entities: exemplification relations, non-relational ties, facts. These solutions, I take it, are deeply unsatisfying – and even many Realists agree that they are.[31] I therefore suggest a different approach: the Realist, I think, should treat the predicate „exemplifies" like the (‚thoroughgoing') nominalist treats all predicates – as *primitive*. He should affirm that particulars exemplify universals, but deny that there is any entity that corresponds to the predicate „exemplifies". He should say that Aristotle exemplifies the universal „Being human", but that there is *no thing* – neither a relation nor a ‚non-relational tie' – holding between Aristotle and the universal: Aristotle *has* the property – and that's the end of the story.

It should be noted, that this approach to exemplification fits very well with the view that metaphysics is (or ought to be) a „science-oriented" enterprise. This approach has been defended by Wilfrid Sellars, David Armstrong and – more recently – by Michael Esfeld.[32] Sellars formulates its core thesis, rather boldly, as the claim that „science is the measure of all things, of what is that it is, and of what is not that it is not".[33] As it stands, this is not a very precise thesis, but it suffices for our purposes. I think we can safely say that *something along the lines* of Sellars thesis is accepted by many theorists today. And this is no accident: there are (at least *prima facie*) good reasons to accept it. As Armstrong has noted, an opponent of science-oriented metaphysics seems to be committed to the view „that one can establish the existence of entities by a priori reasoning"[34] – an idea that strikes many contemporary philosophers (including myself) as mysterious and, in the end, simply incredible.

Without entering into the details of this discussion, one can readily see that the program of science-oriented metaphysics and the proposed analysis of exemplification go very well together – which is, I think, a clear advantage of my analysis over the traditional alternatives. Consider, *first*, the theories that postulate a relation of exemplification or a ‚non-relational' tie binding particulars and universals together. These theories obviously go beyond science in their ontological commitments. Science talks about particulars (individual electrons, positrons, quarks, etc.) and about properties (mass, charge, spin, etc.), and it also says that particulars have (exemplify, instantiate) properties; but science has nothing to

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

say about exemplification itself. To see this, consider the laws postulated by current scientific theories: These laws refer, e.g., to the properties of mass, charge and spin and to spatiotemporal relations, but they do not refer to the relation of exemplification.[35] Therefore, a metaphysician who includes exemplification relations or ‚non-relational' ties in his ontology, accepts that there are more things in the world than empirical science recognizes. This clearly violates Sellars' *scientia mensura* principle quoted above and, more generally, goes against the spirit of science-oriented metaphysics.

Secondly, the metaphysical theories that postulate facts (or states of affairs) do not seem to fare much better. Scientific theories refer to particulars and properties, and state that particulars exemplify (have) properties, but it is doubtful whether they make (irreducible) reference to *the exemplifications* of properties by particulars (i. e. to facts / states of affairs).[36] In any case, if facts are postulated only to stop the truthmaker regress, then this is incompatible with the science-oriented approach.

Therefore, I conclude that my ‚primitivist' analysis of exemplification is not only more elegant and parsimonious than the traditional alternatives, but that it is also the most attractive account from the perspective of science-oriented metaphysics.

Notes

1 According to some theorists, neither „being human" nor „living on" are genuine universals. But this does not matter here; I use these examples only for expository purposes.

2 Alternatively, one could say that *same* exemplification relation, E, is exemplified once again, this time by the triple <*a*, F, E>. This is not obviously inconsistent, but very strange indeed: it implies that E instantiates itself (infinitely often!) and it also entails that E has different ‚adicities' in different istances (i. e., E is a two-place relation one case, a three-place relation in another, etc.). For simplicity's sake, I will ignore this theoretical possibility in the following.

3 The regress is named after the British idealist F.H. Bradley. It – or, maybe, a similar regress – is discussed in Bradley (1969/1897). Bradley's aim, though, is not to disprove Realism: he is arguing for the stronger conclusion that there are no relations (i. e., that relations are „mere appearances"). I won't be concerned with Bradley's original argument in this essay.

4 Cf. Strawson (1959), p. 167; Loux (1998), p. 40; Moreland (2001), p. 116. The term „non-relational tie" is Strawson's.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

5 Cf. Armstrong (1978a), (1989), (1997).
6 Cf. Wolterstorff (1970), p. 101.
7 This, I think, is e.g. Sellars (1979) position. Vallicella (2002) also thinks that the regress is fatal, but he even endorses the stronger – Bradleyan – conclusion, that relations are unreal (cf. p. 4).
8 Fodor (1987), p. 72.
9 Russell (1997/1912), p. 93.
10 Armstrong (1978b), p. 8. The ‚sparse'/‚abundant'-terminology was introduced by Lewis (1983).
11 „<p>" abbreviates the „proposition that p".
12 Cf. Wolterstorff (1970), p. 101.
13 This is a „piece of philosophical folklore", as Nolan (2001) says (p. 533 f.); it exists in a number of different versions.
14 Cf. the references in footnote 4.
15 Armstrong (1978a), p. xiii.
16 I use this as an example of a predicate that is syntactically non-disjunctive but applies to a wildly disjunctive class of individuals (Kantians, phenomenologists, post-modernists, etc.). (Note that this pedicate is not equivalent to „a philosopher from the continent": there are continental philosophers in the United States, as well as analytic philosophers in Europe.)
17 Cf. Armstrong (1978a), p. xiii.; Armstrong (1997/1980).
18 To put it more formally, the thesis that second-order quantification is irreducible means that it cannot be defined like that: „$\exists P: P(a) =_{def} \exists x$: x is a property and *a* has x".
19 TM could also be formulated with a plural existential quantifier („there are *some* x"). But nothing, I think, hangs on that here, so I will stick with the simple formulation.
20 D.M. Armstrong often presents truthmaker theory this way: „Correspondence demands a correspondent, and a correspondent for a truth is a truthmaker." (Amstrong (1997), p. 14)
21 Cf. Dodd (1999).
22 This, of course, holds only if there are no other arguments for facts. If it could be shown that facts are needed for other „theoretical jobs" – e.g. for the analysis of causality, as D. H. Mellor (1995) and others suppose – the situation would be different.
23 This claim, though, is not as uncontroversial as it seems: cf. Lewis (2003), p. 28.
24 Cf. Lewis (2001), p. 613.
25 There are still problems with TM**, to be sure: it is not clear how this principle can deal with negative existentials („There are no unicorns") and necessary truths. So further modifications may be required.
26 This ‚intermediate conclusion' is not inevitable: non-transferable tropes could also serve as truthmakers for accidental predications, as Armstrong (1989) acknowledges (p. 117ff).
27 This argument is presented in Armstrong (1989), p. 89 and discussed at length in Parsons (1999).
28 Parsons (1999), p. 325.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

29 At least, not a straightforward one. There might be a truthmaker argument for Realism starting from propositions about *laws of nature*. But that would be a topic for another essay.
30 Cf. Pap (1959), Jackson (1977), Armstrong (1978a), p. 58–61.
31 Cf. Armstrong (1997/1980), p. 110.
32 Cf. Sellars (1963/1956), Armstrong (1978b), Esfeld (2007).
33 Sellars (1963/1956), p. 173.
34 Armstrong (1978b), p. 8.
35 Or, at least, they need not. I do not have to exclude the possibility that future scientific theories might refer to something like the exemplification relation. My main point here is the following: As long as well-established scientific theories do not refer to such a relation, the proponent of „science-oriented" metaphysics should not include it in his ontology.
36 It is sometimes argued that facts (states of affairs) are necessary for the analysis of causation. In that case, they might find a place in current scientific theories (although the status of causation itself is far from clear!). Again, though, this is not the central issue, cf. footnote 35.

References

Armstrong, D. M. (1978a). *Nominalism and Realism*. Cambridge: Cambridge University Press.

Armstrong, D. M. (1978b). *A Theory of Universals*. Cambridge: Cambridge University Press.

Armstrong, D. M. (1989). *Universals. An Opinionated Introduction*. Boulder: Westview Press.

Armstrong, D. M. (1997). *A World of States of Affairs*. Cambridge: Cambridge University Press.

Armstrong, David (1997/1980). „Against ‚Ostrich' Nominalism: A Reply to Michael Devitt", in: Mellor, D. H. / Oliver, Alex (1997). *Properties*. Oxford: Oxford University Press, pp. 101–111.

Bradley, F. H. (1969/1897). *Appearance and Reality*. Oxford: Oxford University Press.

Dodd, Julian (1999). „Farewell to States of Affairs", *Australasian Journal of Philosophy* 77, pp. 146–160.

Esfeld, Michael (2007). „Metaphysics of Science between Metaphysics and Science", *Grazer Philosophische Studien* 74, pp. 199–213.

Fodor, Jerry A. (1987). *Psychosemantics*. Cambridge, Mass. / London: MIT Press.

Grossmann, Reinhardt (1992). *The Existence of the World*. London: Routledge.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Jackson, Frank (1977). „Statements about Universals“, *Mind* 86, pp. 427–429.

Lewis, David (1983). „New Work for a Theory of Universals“, *The Australasian Journal of Philosophy* 61, pp. 343–377.

Lewis, David (1999/1992). „Armstrong on Combinatorial Possibility“, in Lewis, David. *Papers in Metaphysics and Epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 196–214.

Lewis, David (2001): „Truthmaking and Difference-Making“, *Nous* 35, pp. 602–615.

Lewis, David (2003). „Things qua Truthmakers“, in: Lillehammer, Hallvard / Rodriguez-Pereyra, Gonzalo (eds.). *Real Metaphysics*. London: Routledge, pp. 25–38.

Loux, Michael (1998). *Metaphysics. A Contemporary Introduction*. London: Routledge.

Mellor, D. H. (1995). *The Facts of Causation*. London: Routledge.

Moreland, J. P. (2001). *Universals*. Chesham: Acumen.

Nolan, Daniel (2001). „What's Wrong with Infinite Regresses?“, *Metaphilosophy* 32 (5), pp. 523–538.

Pap, Arthur (1959). „Nominalism, Empiricism and Universals: I“, Philosophical Quarterly 9, pp. 330–340.

Parsons, Josh (1999). „There is no ‚Truthmaker‘ Argument Against Nominalism“, *Australasian Journal of Philosophy* 77, pp. 325–334.

Russell, Bertrand (1997/1912). *The Problems of Philosophy*. With a New Introduction by John Perry. Oxford: Oxford University Press.

Sellars, Wilfrid (1963/1956). „Empiricism and the Philosophy of Mind“, in Wilfrid Sellars. *Science, Perception and Reality*. London: Routledge, pp. 127–96.

Sellars, Wilfrid (1979). „The Importance of Being Dispensable“, in Wilfrid Sellars. *Naturalism and Ontology*. Reseda, Cal.: Ridgeview, pp. 47–71.

Strawson, Peter F. (1959). *Individuals. An Essay in Descriptive Metaphysics*. London: Methuen.

Vallicella, William F. (2002). „Relations, Monism, and the Vindication of Bradley's Regress“, *Dialectica*, Vol. 56, No. 1, pp. 3-35.

Wolterstorff, Nicholas (1970). *On Universal. An Essay in Ontology*. Chicago / London: University of Chicago Press.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Robert Arp

Homeostatic Organization, Emergence, and Reduction in Biological Phenomena

Abstract

In this paper, I argue that starting with the organelles that constitute a cell – and continuing up the hierarchy of components in processes and subsystems of an organism – there exist clear instances of emergent biological phenomena that can be considered „living" entities. These components and their attending processes are living emergent phenomena because of the way in which the components are organized to maintain homeostasis of the organism at the various levels in the hierarchy. I call this view the homeostatic organization view (HOV) of biological phenomena, and, as is shown, it comports well with the standard philosophical accounts of nomological (metaphysical) emergence and representational (epistemological) emergence. To proffer HOV, I describe properties of biological entities that include internal-hierarchical data exchange, data selectivity, informational integration, and environmental-organismic information exchange. Further, a distinction is drawn between particularized homeostasis and generalized homeostasis, and I argue that because the various processes and subsystems of an organism are functioning properly in their internal environments (particularized homeostasis), the organism is able to exist as a hierarchically-organized entity in some environment external to it (generalized homeostasis). Stated simply: that components of biological phenomena are organized to perform some function resulting in homeostasis marks them out to be living emergent entities distinguishable, in description and in reality, from the very physico-chemical processes of which they are composed.

Zusammenfassung

In diesem Aufsatz argumentiere ich dafür, daß – beginnend mit den Organellen, die eine Zelle bilden und die Hierarchie der Komponenten von Prozessen und Subsystemen eines Organismus hinaufführend – klare Fälle emergenter biologischer Phänomene existieren, die als „lebende" Entitäten betrachtet werden können. Diese Komponenten und die sie begleitenden Prozesse sind lebende emergente Phänomene wegen der Art, in der die Komponenten organisiert sind, um die Homöostase des Organismus auf den verschiedenen Ebenen in der Hierarchie aufrechtzuerhalten. Ich nenne diese Sichtweise die homöostatische Organisationssichtweise (HOV) biologischer Phänomene, und es wird

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

gezeigt, daß sie sich gut mit üblichen philosophischen Darstellungen nomologischer (metaphysischer) Emergenz und repräsentationaler (epistemologischer) Emergenz verträgt. Um HOV zu präsentieren, beschreibe ich Eigenschaften biologischer Entitäten, die den intern-hierarchischen Datenaustausch, die Datenselektivität, die informationelle Integration und den Umwelt-Organismus-Informationsaustausch einschließen. Des weiteren wird eine Unterscheidung zwischen partikularisierter und generalisierter Homöostase getroffen, und ich argumentiere dafür, daß ein Organismus fähig ist, als eine hierarchisch organisierte Entität in einigen Umwelten, die ihm extern sind, zu existieren (generalisierte Homöostase), weil die verschiedenen Prozesse und Subsysteme eines Organismus in ihren internen Umwelten richtig funktionieren (partikularisierte Homöostase). Einfach formuliert: Daß Komponenten biologischer Phänomene organisiert sind, um eine Funktion zu erfüllen, die in Homöostase resultiert, zeichnet sie aus, lebende emergente Entitäten zu sein, die – in der Beschreibung und in der Wirklichkeit – von den physikalisch-chemischen Prozessen, aus denen sie zusammengesetzt sind, unterscheidbar sind.

Organisms, Hierarchical Organization, and Homeostasis

Ultimately, it will be argued that the components and attending processes of an organism must be considered as living, emergent phenomena because of the way in which the components are organized to maintain homeostasis of the organism at the various levels in the organismic hierarchy. Before this is accomplished, however, it is necessary to show that the processes in which the components of this hierarchy are engaged produce homeostasis through abilities to internally exchange data, selectively convert data to information, integrate that information, and process information from environments.

In general, biologists and other researchers who describe biological phenomena are aligned with Mayr (1996) in his description of organisms as „hierarchically organized systems, operating on the basis of historically acquired programs of information“ (Gould, 2002; Audesirk, Audesirk, and Beyers, 2002; Eldredge, 1995; Bogdan, 1994; Lycan, 1995; Csányi, 1996; Collier and Hooker, 1999). What exactly is entailed in this description? An organism can be defined as:

a hierarchically organized system made up of components that are engaged in processes constituting coordinated subsystems, with the product of these processes and subsystems being homeostasis relative to their operations, producing the overall homeostasis of the system.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

As a *system*, an organism is a unified entity that is explainable in terms of the properties of its components, the interactions of these components, and the overall coordination of these components. The reader may be aware of the fact that, in philosophy of science and philosophy of mind literature, it is now commonplace to find references to Craver's (2001) description of a mechanism hierarchy as some mechanism S, which is Ψ-ing, composed of smaller entity Xs, which are Φ-ing. These Xs are little mechanisms themselves consisting of smaller entity Ps, which are σ-ing. This view has the benefit of describing some mechanism as a hierarchically organized system, in a non-spooky fashion, consisting of entities engaging in inter and intra-leveled causally-efficacious activities. Craver's view of a hierarchical mechanism maps onto my schematization of a hierarchically-organized system, and our two views have much in common. However, as I will show in the final section of this paper, his view is lacking certain conditions that enable one to distinguish living systems from non-living ones.

Now, to understand what it means for an organism to be a *hierarchically organized* system, we need to investigate the properties of the components of this kind of system. These properties include what I call the following:

A. Internal-Hierarchical Data Exchange
B. Data Selectivity
C. Informational Integration
D. Environmental-Organismic Information Exchange

While describing each of these properties, the interactions of the components of this kind of system, as well as the overall coordination of these components will become evident. However, before investigating internal-hierarchical data exchange in an organism, it is necessary to explicate further the words *component* and *homeostasis* utilized in the above definition of an organism.

The word *component* is a term that can be used analogously to refer to either a part of a process, a part of a subsystem, or a part of a system. In the most general of terms, an organism is a unified system made up of subsystems. In turn, these subsystems are made up of processes, and these processes are the activities in which the components are engaged. The components of an organism range from the organelles performing

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

processes in a cell, to cells performing processes in an organ, to organs performing processes in a subsystem, to subsystems performing processes in the whole system itself, i. e., the organism. So for example, the respiratory subsystem works with other subsystems in an organism like a dog to maintain its life: the respiratory subsystem would be considered as one component of the entire dog, envisioned as one whole system; the lung would be considered as one component of the respiratory subsystem of the dog; lung cellular tissue comprising one of the lobes of its lung would be considered as one component of the lung; and the particular kind of cell that comprises lung tissue is made up of organelles, the basic components of cells.

Homeostasis refers to:

> the relatively constant or stable coordination of functioning among the components in the organismic hierarchy, given the interaction of these components with environmental pressures internal to and external to the organism.

There are environments exerting pressures upon the subsystems and processes internal to an organism, as well as environments exerting pressures upon the organism as a whole that are external to it. The components that make up an organism, as well as the organism itself, are able to respond effectively to the ever-changing environmental pressures by adjusting and re-adjusting their activities so as to continue their respective operations with a degree of stability. When a subsystem or process in an organism is operating with a degree of stability, *despite* environmental pressures – e. g., when the cell wall *actually* performs the activity of allowing nutrients into the cell, or when a heart *actually* performs the activity of pumping blood, or when the body of an animal *actually* cools itself through perspiration because its temperature has been raised above a certain degree – it is said to be functioning properly.

A distinction can be drawn between *particularized homeostasis* and *generalized homeostasis*. Particularized homeostasis refers to the end product of the proper functioning of the *particular* processes and subsystems in an organism being the relatively constant coordination among the components that make up the processes and subsystems, given environmental pressures that are *internal* to the organism. Generalized homeostasis refers to the *overall maintenance* of an organism being the result of the proper functioning of the processes and subsystems, given environmental pressures that are *external* to the organism. The overall homeo-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

stasis of the organism is maintained because homeostasis is maintained at the levels of the subsystems and processes comprising the organism.

If the various processes and subsystems of an organism are functioning properly in their internal environments – thereby producing particularized homeostasis – the organism is able to function effectively in some environment external to it. This proper functioning that yields internal homeostasis takes place at levels in the hierarchy of the organism ranging from the coordinated activities of organelles in the cell, to cells performing coordinated processes in an organ, to organs performing coordinated processes in a subsystem, to subsystems performing coordinated activities in an organism. So, taking the previous example of the dog: the dog is able to live its life in some external environment precisely because of the overall relatively constant coordination of the subsystems in its body; in turn a particular subsystem, like the respiratory subsystem, functions properly because of the relatively constant coordination of cellular processes; and the cells themselves function properly because of the relatively constant coordination among the various organelles.

The subsystems and processes of an organism can be understood as functioning at various levels of operation from lower levels to higher levels. The determination of a subsystem as existing at a certain level depends upon the way in which the processes of the subsystem operate, and in turn, the way in which the subsystems operate in the organism as a whole. Lower-level processes operate in certain ways, and form the basis for higher-level processes and subsystems. In turn, higher-level subsystems and processes are comprised of lower-level processes, and utilize the information from these lower-levels to perform their own operations. In this sense, along with Audesirk et al. (2002), Lycan (1995), and Salthe and Matsuno (1995), it could be said that higher-level subsystems are the phenomena that literally *emerge* from lower-level subsystems and processes. More will be said about emergence in the final section of this paper.

The organism can be conceptualized as a hierarchical organization whereby levels of operation, in the forms of subsystems and processes, function interdependently with one another in this unified system. A schematization of this hierarchical system is shown in Diagram 1.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

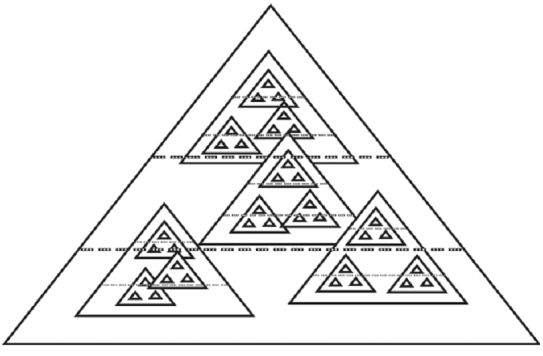

Diagram 1: A Hierarchically Organized System

The organism is represented by the large partitioned triangle that contains the smaller partitioned triangles within it: the biggest triangles within the one large triangle represent subsystems; the smaller triangles within those subsystems represent processes; the smallest triangles within those processes represent components of processes; and the partitions represent levels of operation. Some of the triangles overlap, signifying that the subsystems are interdependently related to one another. For example, in a hierarchically ordered system like the mammal, the nervous (sub) system is dependent upon the respiratory and circular (sub)systems, primarily for a process of oxygen transfer to the nerve cells and brain cells of the nervous (sub)system. At the same time, the processes of the respiratory and circular (sub)systems are dependent upon the processes of the nervous (sub)system, found specifically in the medulla of the brain, for their activities. (Again, we can recall Craver's description of a mechanism hierarchy as some mechanism S, which is Ψ-ing, composed of smaller entity Xs, which are Φ-ing. These Xs are little mechanisms themselves consisting of smaller entity Ps, which are σ-ing.)

Internal-Hierarchical Data Exchange

The question now arises as to how it is possible for the operations in this biological hierarchy to be carried out at a certain level, and also how the operations at lower levels are able to affect and be effected by higher levels, and vice versa. This is accomplished by what I call *internal-hier-*

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

archical data exchange. This refers to the fact that data must freely flow between and among the various levels of the organism. Data are *the raw materials that are of the kind that have the potential to be useful for a process or operation*. Data are exchanged between the components at one level of operation, among the various processes of a subsystem, and among the subsystems that make up the organism as a whole. In this sense, the operations and processes must exhibit a certain amount of malleability and flexibility so that data can actually be exchanged. Data can take the physical form of an electrical charge, an electron, a molecule, or a chemical transmitter. Examples of this kind of data exchange abound in organisms, but we will take a look at one representative example.

A euglena is a one-celled microorganism that is a member of the Protist kingdom; in colloquial terms, it is known as a kind of algae (see Diagram 2). Euglenas are about 10 micrometers in length and look like a sperm cell with a more elongated body. They are equipped with a flagellum, eyespot, vacuoles, chloroplasts, plastids, and a cell nucleus. Each one of these components has a function: the flagellum is a whip-like tail that enables the euglena to move around; the eyespot is light/dark sensitive so that the euglena can move toward sunlight, its food source; vacuoles allow for wastes to be disposed; chloroplasts transform sunlight to energy and food; plastids store the food; the cell nucleus contains a nucleolus that synthesizes and encodes ribosomal RNA, which is important for euglena structure and reproduction.

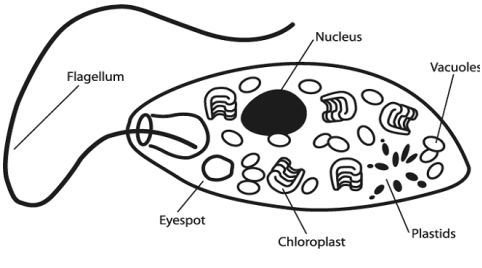

Diagram 2: A Euglena

Referring again to the aforementioned hierarchical model, an organism is an organized system composed of subsystems that are made up of components engaged in processes whose activities produce the particularized and generalized homeostasis of the system. For an organism like the

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

euglena to function effectively in some external environment – basically, live its existence in its little microbial world – it is necessary that data be exchanged between and among the various subsystems of this system. Food storage in the euglena can be viewed as a subsystem activity, which itself is made up of processes concerning electron transport and oxygen exchange in photosynthesis. In this activity, the data consist of electrons and oxygen molecules. The data must be exchanged between the two processes; otherwise, there would be no storage of food. At the same time, this subsystem works with the subsystems concerning food acquisition and mobility. If data were not being exchanged between the eyespot and the flagellum, then there would be no movement toward sunlight; in turn, there would be no photosynthesis, and then no food storage.

Data Selectivity

Raw data are exchanged between and among the various subsystems and processes of the organism. However, not every piece of data is relevant or useful to a subsystem or process. There must be some property of the components of an organism that allows for discrimination or parsing between relevant and irrelevant data. Once a piece of data has been selected as useful for a process, it becomes *informative* for the process; the selected datum ceases to be potentially useful and becomes actual *information*. Raw data have the potential to become information, and information can be understood as *data of the kind that have been selected for their usefulness for a process or system in an organism*. So, there are actually three categories of data: (a) data that are *not* of the kind that is either useful or not useful for a subsystem or process; (b) data that *are* of the kind that is *not* useful for a subsystem or process; and (c) data that *are* of the kind that *is* useful for a subsystem or process, viz., information.

The term *information* can be defined in different ways, usually depending upon the intended goals of a particular intellectual discipline or methodology employed. Some molecular biologists use the term in the spirit of Shannon (1948) and Weaver and Shannon's (1949) Information Theory to describe any general communicative process that *selects* one or more objects from a set of objects (Sacco, Copes, Sloyer, and Stark, 1988; Schneider, 1986; Pierce, 1980). However, a few more conditions should

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

be added to this definition in order to make it more appropriate for our discussion.

First, given the molecular biologist's definition, it is correct to say that information entails a selective process. As has been noted already, it is the selective capacity of the components of an organism that enables raw data to be considered as information. Consider that there are a multitude of activities being performed by organelles within the eukaryotic cell. The plasma membrane is the phospholipid bilayer that acts as the cell's shell. In the processes of endocytosis and exocytosis, materials are moved into and out of the cell through the plasma membrane. However, *not just any material* is allowed into or out of the cell. There must be some mechanism of discrimination employed in these processes so that the correct kinds of organic molecules come into the cell *as nutrients*, and the correct kinds of organic molecules get expelled *as wastes*. The data being exchanged in both cases are organic molecules. But the cell processes can discriminate and select which molecules are useful, and which molecules are harmful. This „discrimination" process is not some „spooky" vitalist phenomenon, and more will be said about this process in later sections of this paper.

Second, these molecular biologists describe information as a communicative process. This seems correct as information is a kind of medium between on one hand, something doing the communicating, and on the other hand, something doing the receiving in some environment. In other words, communication of information entails that there be some kind of *afferent* entity and some kind of *efferent* entity, as well as some kind of environment in which this communication can occur. Insofar as this is the case, information can be considered as a:

> communication on the part of some afferent entity (the communicator) that evokes a change or modification in the efferent entity (the receiver) in an environment, influencing the subsequent activity of the efferent entity.

Using our example of the eukaryotic cell, carbon, nitrogen, and oxygen molecules (the communicator) pass by the plasma membrane (the receiver), and can be understood as informative and incorporated into the body of the cell as energy (the influence). Conversely, organic molecules that are expelled as wastes by Cell A (the communicator) can be understood as informative for nearby Cell B (the receiver), to the extent that Cell B does not try to intake Cell A's waste (the influence).

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Having both defined information and described the conditions concerning information exchange, we now can give a few more examples of this kind of activity in organisms.

Example 1. Successful gene transfer in reproduction entails that genetic information is passed along from parent organism to offspring organism (Audesirk et al., 2002; Mayr, 1997; Voet, Voet, and Pratt, 2002; Campbell and Reece, 1999; Williams, 1992). The parent organism acts as the communicator, the offspring as receiver. The genetic code is the information that is communicated from parent to organism. The offspring is affected by this genetic information, since such information determines the offspring's structure and activity. The genetic information is stored in the DNA located in the nucleus of the cell and, in conjunction with environmental factors, continually shapes the structure and activity of the organism throughout its lifespan.

Example 2. Cells use energy, and one of the primary functions of the mitochondrion of an animal cell is to produce energy for the cell by converting sugars into a nucleic acid called ATP. However, this can happen only if there is a line of communication between other organelles of the cell and the mitochondria themselves. ATP acts as the material catalyst of information communicated between mitochondrion and other organelles. When there are low levels of ATP, the mitochondria receive this information and convert more sugars; conversely, when sugars are converted (this activity, among other activities), the other organelles receive this information and cellular homeostasis can be maintained (Audesirk et al., 2002; Allman, 2000; Voet et al., 2002; Campbell and Reece, 1999).

Example 3. A clear illustration of the communication of information in a systemic fashion is a mammal's muscle coordination in a *reflex arc*. In this activity, information is communicated to and from the spinal cord and a particular muscle group of the body (Kandel et al., 2000; Audesirk et al., 2002; Pelligrino, Fadiga, Fogassi, Galleste, and Rizzolatti, 1992). Consider a situation where a very curious cat decides to jump atop a very hot stove. The intense motion of the molecules from the stovetop impress themselves upon the pads of the cat's paws. That motion affects the sensory neurons in the cat's skin, causing them to fire. The sensory neurons send a message to the interneurons and, in turn, a message is sent through motor neurons to the spinal cord. These *messages* consist of billions of action potentials and neurotransmitter releases, affecting cell after cell that is along the pathway of this particular reflex arc. In an

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

instant, the spinal cord then sends a message back to the muscle groups associated with the cat's legs, diaphragm and back. In a flash, the cat jumps off the stove, screaming while arching its back.

However, now the cat must coordinate its fall to the ground. This time, information is sent from the visual system to the brain, and then back through the spinal cord to other muscles in the cat's body. All of this information must be integrated by the brain, and motor responses must be orchestrated by the combined effort of brain-body communication of information. The cat narrowly avoids falling into the garbage can placed next to the stove.

We can now be more precise concerning the kind of activities in which organisms are engaged. This fourth example not only helps to demonstrate how information is communicated in organisms, it also serves to bolster the claim that organisms are *hierarchically organized systems of information exchange*. This is so because information must flow between the subsystems of the organism, as well as within the particularized processes of the subsystems themselves, in order for an organized expression of the organism's activity to take place. Our curious cat utilized – at least – the endocrine, nervous, muscular, respiratory, skeletal, and visual subsystems in its body while jumping, screaming, and negotiating space. Similarly, for a euglena there must be a flow of information between eyespot and flagellum in food acquisition, just as there must be a flow of information between chloroplasts and plastids in food storage.

Finally, consider all of the information being exchanged between and among the organelles of an animal cell. The nucleus is in constant communication with each mitochondrion, centriole, Golgi apparatus, ribosome, and endoplasmic reticulum, each of which has its own function in maintaining the overall homeostasis of the cell (see Diagram 3): the nucleus contains the nucleolus and houses DNA; the mitochondrion supplies the cell with energy; centrioles are important for cell division; the Golgi apparatus stores proteins; ribosomes are the sites for protein synthesis; the endoplasmic reticulum expedites the transport of cellular material; the plasma membrane permits materials to move into and out of the cell.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

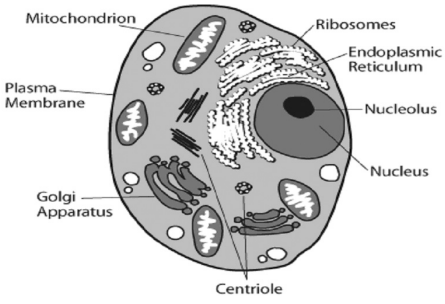

Diagram 3: The Major Organelles of the Animal Cell

Informational Integration

The mere fact *that* information is exchanged among the various processes and subsystems of an organism does not seem to capture fully or adequately the nature of an organism as a hierarchically organized system. The distinction between higher and lower levels in a hierarchy suggests that the higher levels exhibit significant *control* over the lower levels. There seem to be heuristic mechanisms that emerge from the complex operations of processes and subsystems. This makes sense since the more complex some process or system becomes, the more there is a need for mechanisms of control so that the process or system can operate efficiently. These mechanisms are like *command centers* where activity can be integrated and monitored, much like the CPU of a computer. In fact, Sperber (1994), Dennett (1991), Johnson-Laird (1988), Cziko (1995), and Dawkins (1986), each in their own way, envision computational systems equipped with CPUs as appropriate models of biological processes.

Now, there are at least two modes of control present in an organism conceived of as a hierarchically organized system, viz., *selectivity* and *integration*. Already, we have seen that selectivity is a mode of control since this property of an organism acts as a kind of filtering mechanism that distinguishes raw data from information. Biologists and evolutionary theorists use the word *constraint* to describe mechanisms of selectivity associated with organisms, whether they are talking about cellular processes (Rosen, 1968), embryological development (Amundson, 1994), visual attentiveness (Hatfield, 1999), the *fight or flee* response (Nesse and Abelson, 1995), organismic homeostasis (Audesirk et al., 2002), or the adaptability of organisms to environments (Gould, 1980; Darwin, 1859).

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

In the three examples from the previous section, we can describe forms of selectivity that manifest a mode of control. In Example 1, Genetic information is passed along from parent to offspring, but the gene transfer in reproduction is *restricted* to a particular species. Genetic information cannot pass from euglena to cat, or from human to euglena, for example (Mayr, 1976; Hastings, 1998; Kitcher, 1992). With respect to Example 2, mitochondria are said to *filter* any excess glucose to facilitate cellular homeostasis (Audesirk et al., 2002; Allman, 2000). Finally, in Example 3 the brain ultimately can *control* the amount of force exerted in a jump (Kandel et al., 2000; Cziko, 1992; Cziko, 1995; Pelligrino, Fadiga, Fogassi, Gallese, and Rizzolatti, 1992).

Once useful data have been selected for – thereby becoming information – they still need to be integrated into the overall workings of a process or subsystem. *Informational integration* is another mode of control in the organism viewed as a hierarchically organized system, and refers to the fact that the various processes and subsystems in an organism are equipped with a capacity to organize the information that has been selected for by the processes and subsystems so that, ultimately, generalized homeostasis can be achieved. Processes and subsystems achieve particularized homeostasis, the results of which contribute to generalized homeostasis in an organism. If there were not some mechanism by which the pieces of information were organized in processes and subsystems, then the hierarchy would not achieve generalized homeostasis, thereby ceasing to function or, at least, ceasing to function optimally in some environment external to it. Selectivity and integration are like two sides of the same coin concerning control in an organism conceived of as a hierarchical organization – both are needed for proper functioning of the components and, consequently, for particularized and generalized homeostasis of the organism.

Consider an analogous thought experiment: If a painter selects all of the colors for a painting, but then splashes the colors on the canvass in a random fashion, there would be no organized piece of art produced (unless the goal is some modern art piece *intended* to be randomized). Or, consider that the very idea of a *system* entails a coordination of the components that make up the referent of such an idea. What would happen to a system if there were no integration of information to be found therein, i. e., no coordination of components in the processes and subsystems that make up such a thing? The system would cease to be known as,

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

and cease *to be* a system, really. Instead it would be known as, as well as become, an *aggregate* of some sort. Wimsatt (1994, 1997), Zylstra (1992), and Salthe and Matsuno (1995) view the coordination of components as a necessary condition for some thing's being considered as a system.

Informational integration is achieved at many levels in an organism, from the coordinated functions of organelles in a cell, to the coordinated cellular processes in an organ, to the coordinated activities of organs in a subsystem, to the overall coordination of the subsystems of the organism. Further, in a multi-cellular organism like an animal, all of these processes and subsystems function together in coordinated ways to produce the generalized homeostasis of the organism. The image of a triangle used in Diagram 1 is all the more appropriate as a schematization of an organismic hierarchy, in light of this property of organisms. The subsystems near the top part of the triangle control the entire system, just as the processes near the top of a subsystem control the subsystem, through the integration of information received from lower levels. Analogously, we can think of organizations like the Catholic Church or a corporation as manifesting this triangular model in their own actions and interactions. The Pope and other Bishops are at the top of the Church triangle, and exhibit control over the rest of the Church as a whole. So too, the corporate members (CEO, CFO, etc,) are at the top of the corporation triangle, and exhibit control over the corporation as a whole.

This kind of control exhibited in the dual properties of data selectivity and informational integration can be likened to what is referred to in the literature in philosophy of science and philosophy of mind as *downward causation*, whereby a higher-level phenomenon in a system causally influences lower levels. For example, Kim (1993, 1995, 1999) sees downward causation as essential for phenomena described as emergent systems such as organisms and, more specifically, conscious organisms. Further, the property of internal-hierarchical data exchange I have described includes what could be considered *upward causation*, whereby lower-levels in a system causally influences higher levels. For example, part of Emmeche, Køppe, and Stjernfelt's (2000) idea of *inclusiveness* in biological systems entails the emergence of higher-level phenomena – like the biological from the chemical – whereby the biological is still causally dependent upon the chemical. Also, Searle (2004, 1992) continues to maintain his position in philosophy of mind concerning

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

biological naturalism, whereby consciousness is not metaphysically reduced, although it is causally reduced, to neurobiology, indicating an upward form of causation.

Environmental-Organismic Information Exchange

Organisms interact with external environments. However, because organisms are hierarchically organized living systems composed of subsystems, processes, and components engaged in various operations, they have their own internal environments as well. An *environment* can be defined as any pressure or force that aids in the producing of some change in the organism's structure and functioning. We can draw a distinction between the information that is exchanged *within* the organism's environment and the information that is exchanged *between* the external environment and the organism. So, there are really two types of environments, viz., environments that are internal to an organism and environments that are external to an organism.

An environment is not limited to the external world surrounding an organism. There are environments internal to the organism. For example, the other organelles, nucleus, ATP, water, and various organic molecules act as the environment for a mitochondrion in the eukaryotic cell. Also, other eukaryotic cells, cancerous cells, water, and all kinds of organic molecules and chemical elements act as the environment for a typical eukaryotic cell. A myriad of molecules including hydrogen, carbon, nitrogen, and oxygen surround and exert influence upon organs in a multi-cellular organism's body. Further, a piece of food taken in from the environment external to the organism becomes part of the environment within the organism and, depending on the content, may be digested or expelled.

These facts concerning internal environmental pressure add to the picture of an organism as a hierarchically organized system. Within this kind of living system, there are levels distinguishable from other levels. One way to describe the distinction is by comparing a certain level, say level(n), with other levels that act as environments exerting pressures, exchanging data, and communicating information with level(n). Once again, we can refer to the schematization of triangles in Figure 1 that is supposed to represent an organismic hierarchy; however, now the small-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

er triangles within the one large triangle can be conceived of as situated within the context of internal environments.

At the same time, the organism itself is interacting with external environments that are exerting pressures, exchanging data, and communicating information with the organism. Concerning environments that are external to the organism, we see that organisms are members of species that live in populations. These populations usually co-exist with other populations in communities. Many communities living with their non-living surroundings comprise an ecosystem, and the sum of all ecosystems make up the biosphere of the earth. Other members of a species, different species, and the non-living surroundings of an organism are all considered parts of the external environment for an organism. The organism constantly experiences environmental pressures, and these pressures can be described in terms of information that is exchanged between the environment and the organism.

External environmental information affects an organism in a one-way, environment-to-organism, external-to-internal causal fashion. This kind of information exchange can be witnessed as a result of research accrued and experiments performed by biologists and other thinkers.

It is common knowledge that an organism's survival is dependent upon both genetic and environmental factors. For example, if there is an alteration in a rodent's genetic makeup causing it to have a malformed foot, then it is more likely to be eaten by a hawk out on the open range. However, if the same handicapped rodent lives in a forested area where it can hide under rocks and bushes, it is less likely to become a predator's victim. Also, if an environment happens to be made up of trees having fruit high up on its branches, and it just so happens that a fruit-eating animal's genes coded it to have a neck long enough to reach the fruit, then such an animal likely will survive. Conversely, if your animal genes coded you to have a short neck, it is unlikely you would survive in such an environment (that is, if the fruit high up in the trees were your only food source). In the words of Berra (1990, p. 8): „The environment is the selecting agent, and because the environment changes over time and from one region to another, different variants will be selected under different environmental conditions." These examples illustrate that there is a one-way, external-to-internal exchange of information between an environment and an organism existing in that environment.

Another famous example that illustrates the informational transfer

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

between the environment and an organism in a one-way, external-to-internal fashion has to do with the finches that Darwin (1859) described on the Galapagos Islands during his voyage on *The Beagle*. These finches clearly exhibit *adaptive radiation*, i.e., in the words of Berra (1990, p. 163): „the evolutionary divergence of members of a single phylogenetic lineage into a variety of ecological roles usually resulting, in a short period of time, in the appearance of several or many new species." Darwin noted several different beak shapes and sizes that apparently were modified in the finches, depending upon the ecological niche the particular bird inhabited. Some finches had massive beaks ideal for crushing their seed food source, others had thinner pointed beaks ideal for probing flowers, still others had curved beaks ideal for picking food out of woody holes. In this set of circumstances, the environments in which the various finches inhabited were all different, and the finches with beaks most fit for a particular environment survived to reproduce.

Phenotypic traits are the physiological characteristics or behaviors of organisms that are under genetic control. The genetic information determines what a particular member of a species will look like, how fast it will run, what coloration it will have, how successful it will be at mating, etc. In the finch example, the different beaks represent the variety of phenotypic characteristics under genetic influence. If it just so happened that a certain beak style was effective in gathering food in an environment, then that finch would survive and pass its genes onto its progeny. Soon, that particular niche would be dominated by the beak style that was most fit for that environment.

Research has been conducted on animals to determine how the external environment affects the functioning of various systems of the body. One experiment has to do with occluding or removing the eyes of cats, rats, and birds at various stages of development to see if the neural connections of the brain necessary to the visual system either would develop abnormally, or cease to function altogether. These studies indicated that when occluding or removing the eyes, certain neural connections in the brains of these animals would not be made. This resulted in the cessation of certain visual processes, causing the overall subsystem to be under-developed in relation to other animals that have not had their eyes occluded or removed (Cziko, 1995). This research illustrates what happens when information *is not* exchanged between environment and organism.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

A further example that demonstrates environment-to-organism, external-internal information exchange has to do with research on the fruit fly, *Drosophila*. Experimenters are able to take out, move around, or add genetic sequences in the DNA of the fly, causing radical phenotypic alterations to result such as the deletion of some organ, legs growing where antennae should be, and antennae growing where legs should be. The experimenter's adjustments to the genetic code of the fruit fly are analogous to the radioactive material and other kinds of natural external forces of mutation that alter the genetic codes of fruit fly populations. We find similar monstrosities in fruit flies when we study them in their natural habitats (Duncan, Burgess, & Duncan, 1998). Just as researchers tap into and alter the genetic codes of fruit flies in controlled experiments, so too, external forces „tap into" and alter the genetic makeup of fruit fly populations in nature. These fruit fly abnormalities are another example of the property of environmental-organismic information exchange found in organisms.

Organisms, Emergence, and Reduction

The attempt has been made to show that the processes in which the components of an organismic hierarchy are engaged produce homeostasis through abilities to internally exchange data, selectively convert data to information, integrate that information, and process information from environments. Now, it will be argued that the components and attending processes of an organism must be considered as living, emergent phenomena because of the way in which the components are organized to maintain homeostasis of the organism at the various levels in the organismic hierarchy. Near the end of section 1, the claim was made that higher-level subsystems are the phenomena that literally *emerge* from lower-level subsystems and processes of an organism conceived of as a hierarchically organized living entity. With respect to organisms, certain forms of metaphysical and epistemological emergence will be endorsed in this final section of the paper. As Silberstein (2002, 2001), Silberstein and McGreever (1999), and McLaughlin (1992) have clarified, there are metaphysical and epistemological forms of emergentism. According to metaphysical emergentists, entities, properties, or substances arise out of more fundamental entities, properties, or substances and yet, are not

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

wholly reducible to them. In Kim's (1995) words: „a property of a complex system is said to be 'emergent' just in case, although it arises out of the properties and relations characterizing simpler constituents, it is neither predictable from, nor reducible to, these lower-level characteristics" (p. 224; also see the discussions in Kim, 1999; Wimsatt 1994, 1997; Emmeche, Køppe, and Stjernfelt, 2000; Craver, 2001; Lowe, 2000; McLaughlin, 1997; O'Connor, 1994; Rueger, 2000; and Zylstra, 1992). According to epistemological emergentists, the concepts, theories, models, or frameworks we utilize to describe phenomena at a certain level are non-reducible to the concepts, theories, etc., at a lower level (see, for example, the discussions in Batterman, 2001; Cartwright, 1999; Primas, 1998; Sklar, 1999; Dupré, 1993; Crane, 2001; and Van Gulick, 2001).

Further, as Silberstein (2002) and Silberstein and McGeever (1999) clarify, within the genera of metaphysical emergence four kinds have been distinguished, viz., non-elimination, non-identity, mereological emergence, and nomological emergence. Also, within the genera of epistemological emergence, at least two kinds of approaches have been distinguished, viz., predictive/explanatory emergence and representational/cognitive emergence. In light of the previous sections of this paper, the metaphysical and epistemological forms of emergence that will be explored and defended in this section are:

I. Nomological Emergence, understood by Silberstein (2002) as „cases in which higher-level entities, properties, etc., are governed by higher-level laws that are not determined by or necessitated by the fundamental laws of physics governing the structure and behavior of their most basic physical parts" (p. 91).
II. Representational/Cognitive Emergence, understood by Silberstein (2002) as the thesis that „wholes (systems) exhibit features, patterns or regularities that cannot be fully represented (understood) using the theoretical and representational resources adequate for describing and understanding the features and regularities of their more basic parts and the relations between those more basic parts" (p. 92).

From the metaphysical perspective, nomological emergentists deny the general principle that the whole can be accounted for fully in terms of the parts, and so their view is contrasted with *nomological reductionism*. According to nomological reductionists, there are really no entities, properties, or substances that arise out of more fundamental ones since,

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

once the more fundamental ones have been described, that is all there is to the reality of an entity, property, or substance. So for example, when people speak about water, they may take it to be a substance in its own right. However, according to the nomological reductionist, water *just is* hydrogen and oxygen – nothing new emerges when two hydrogen molecules combine with one oxygen molecule. Conversely, according to a nomological emergentist there is something about water, e.g., its liquidity or liquid property, that emerges from the hydrogen and oxygen molecules, making it such that this liquidity exists on a separate metaphysical plane from the molecules on which it depends. After all, reason nomological emergentists, liquidity appears to be something distinct from hydrogen and oxygen molecules, as well as their chemical bond.

From the epistemological perspective, representational emergentists are contrasted with representational/theoretical reductionists who attempt to reduce concepts, theories, etc., to their lowest common denominator, as it were, and this usually means a description in terms of physico-chemical entities, properties, or substances and their attending laws or principles. So if we took the cell as an example, according to a representational reductionist the cell *can be described* completely within a physico-chemical framework of concepts, theories, models, laws, etc. (see the discussions in Churchland, 1995; Humphreys, 1997; Primas, 1998). Issues surrounding epistemological emergence and reduction are particularly poignant when describing organisms. This is so because it would appear that biology has its own set of laws and organisms have their own sets of properties that, despite being dependent upon physico-chemical laws and properties, are non-reducible to them (see Mayr, 1969, 1996). In biological matters, an anti-reductionist's use of epistemological emergence accepts or implies that biological descriptions may emerge that are not reducible, even in principle, to physico-chemical descriptions. So, the issue thinkers confront when trying to give a description of organisms and the functioning of their components can be put in the form of a question: Has the biologist given us a description of organisms and the functioning of their parts that is so basic as to be *un*achievable by a physico-chemical description? In other words, in describing organisms and the functions of their systems and processes, does the biologist give us something that the physicist or chemist leaves out?

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

The Homeostatic Organization View (HOV)

Some emergentists maintain that chemical bonds or basic physical structures – as well as our descriptions of them – are non-reducible to the molecules and atoms of which they are composed. So, there is an emergence-reduction divide even at the physico-chemical level (see, for example, the discussions in Hendry, 1999; Hellman, 1999; Belot and Earman, 1997). This physico-chemical debate is avoided here, and instead I maintain that *starting with the organelles that constitute a cell*, and continuing up the hierarchy of components in processes and subsystems of an organism, we have clear instances of living, emergent biological phenomena. The fundamental reason why these components and their attending processes must be considered as emergent phenomena has to do with the way in which the components are *organized to maintain homeostasis of the organism* at the various levels in the hierarchy. I call this position the *homeostatic organization view* (HOV) of biological phenomena. Since homeostasis is ubiquitous as both a *concept* and as a *recognized reality* in biological, psychological, and philosophical communities (among many other disciplines), it makes for a natural point of discussion in the emergence/reduction debate.

In section 1, a distinction was drawn between particularized homeostasis and generalized homeostasis. It was shown that because the various processes and subsystems of an organism are functioning properly in their internal environments (particularized homeostasis), the organism is able to live its life effectively in some environment external to it (generalized homeostasis). Here, the very existence of components and their activities at various levels in the organism's hierarchy is linked to the coordination of such components *so as ultimately to produce generalized homeostasis*. The components of an organism are organized in such a way that the resultant outcome of their processes becomes first, particularized homeostasis, and then, generalized homeostasis. *That* components are organized to perform some function resulting in homeostasis is one feature that marks them out to be novel emergent entities distinguishable from the very physico-chemical processes of which they are composed.

It was noted already that homeostasis first occurs at the basic level of the organized coordination of the activities of organelles in a cell. Researchers like Audesirk et al. (2002), Kandel, Schwartz, and Jessell (2000), Voet, Voet, and Pratt (2002), Campbell and Reece (1999), and

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Smolensky (1988) document cellular homeostasis. At this basic level of organelle interaction within the cell, we also would have the first instances of salient emergent biological properties that are distinct from the physico-chemical properties upon which they depend. Recall all of the information being exchanged between and among the organelles of an animal cell spoken about and schematized in Diagram 3 a few pages back. The nucleus is in constant communication with each mitochondrion, centriole, golgi apparatus, ribosome, and endoplasmic reticulum, each of which has its own function in maintaining the overall homeostasis of the cell.

In fact, *components* of organisms as they have been described, viz., organelles, cells, organs, subsystems – as well as the organism itself – all would be considered living, emergent entities. Referring to the schematization of an organism as one huge triangle containing smaller triangles that was used in section 1, each one of those triangles – from biggest to smallest – represents a biologically emergent phenomenon. For example, although the organelles of a cell themselves are made up of physico-chemical entities, they engage in coordinated kinds of activities that benefit the overall homeostasis of the cell; so too, although kidney cells are made up of organelles, which are made up of physico-chemical entities, the kidney cells themselves engage in coordinated activities that benefit the homeostasis of the kidney; and so on up the hierarchy of the mammal (see the final section of Kaneto, Morrissey, McCracken, Reyes, and Klahr, 1998).

What about emergence at the psychological level? There is a huge amount of literature devoted to questions about the existence of psychological phenomena, and whether psychological phenomena supervene upon or emerge from neurobiological phenomena (for starters, see Kim, 1993, 2000; Lycan, 1995; Crane, 2001; Churchland, 1995; Buss, 1999; Cosmides and Tooby, 1994; Roth, 2000). Given space limitations, the subject merely can be glossed here. It is arguable that the psychological realm is an extension of the neurobiological and biological realms, and that mental states are emergent phenomena that are, in many ways, subject to the same laws as any other neurobiological and biological phenomena. More than a quarter of a century ago, Sperry (1980) stated the position eloquently, noting that a psychological phenomenon is a „functional property of brain processing, constituted of neuronal and physicochemical activity, and embodied in, and inseparable from, the active brain“ (p. 204).

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Just as cellular process exhibit internal-hierarchical data exchange, data selectivity, informational intregration, as well as exchange of information with environments, so too, neurobiological and psychological processes exhibit analogously similar kinds of properties. It has been argued that the components of an organism are emergent entities non-reducible to the physico-chemical parts of which they are composed based upon the way in which the components are organized to maintain the generalized homeostasis of this hierarchically organized living system. The psychological dimension associated with the brain's activities can be considered as another level of emergent phenomena added to the hierarchy. This is so because cognition appears to be organized in such a way as to aid an animal in discriminating information in environments so as to fight, flee, feast, forage, etc. However, the kind of end result or end product of cognition – although similar to other activities in the animal's hierarchy in having generalized homeostasis as the goal – is different in that such a product is a *psychological* phenomenon that aids in generalized homeostasis. Just as the components at various levels of neurobiological and biological hierarchies, such as organelles, cells, tissues and organs, cannot be reduced to the physico-chemical parts of which they are composed, so too cognition, although dependent upon neurobiological processes, is not reducible to such processes. The main reason why psychological phenomena are non-reducible to neurobiological phenomena is the same reason why neurobiological and biological components are non-reducible to the physcio-chemical parts of which they are composed, viz., such components and phenomena emerge as a result of the way in which they are organized to maintain generalized homeostasis of the organism.

Now, in arguing for HOV I am not advocating some „spooky stuff" principle (this terminology is borrowed from Churchland, 1993) of internal „vitalism" or external „design," the likes of which might be put forward by an organicist or a creationist. As was mentioned earlier, the property of internal-hierarchical data exchange in an organism manifests upward causation, whereby the lower levels of the hierarchy exhibit causal influence over the higher levels. Likewise, the dual properties of data selectivity and informational integration manifest downward causation, whereby the higher levels of the hierarchy exhibit causal influence over the lower levels, in terms of control. Consider that an organism like the human body is a complex multi-cellular entity made up of levels of independently organized entities that perform certain operations. These

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

organized entities are hierarchically arranged from organ systems (e.g., the nervous system), composed of organs (brain, spinal cord, etc.), that are composed of tissues (nervous tissue), which are composed of cells (neurons, glial cells), each of which is composed of organelles (mitochondrion, nucleus, etc.), that are composed of organic molecules (carbon, nitrogen, oxygen, DNA, etc.). Each of these entities functions such that the operations at the lower levels contribute to the emergence of entities and their operations at the higher levels: because of the activities of organic molecules, it is possible for organelles and their attending activities at a higher level to emerge; and because of the activities of organelles, it is possible for cells and their attending activities at a higher level to emerge; and so on. Now, think of all of the complex upward and downward causal relations taking place when the human body simply gets up out of bed. Put crudely, the brain must exhibit downward causation, as a necessary condition, upon its own neuro-chemical constituents in order to cause the body to get up; while the neuro-chemical constituents must exhibit upward causation, as a necessary condition, for movement to occur in the first place. There is no „spooky" vitalism or design in any of this upward and downward causal interaction.

HOV adds an important addition to one standard interpretation of a hierarchical mechanism. As was mentioned already, Craver's (2001) description of a mechanism hierarchy as some mechanism *S*, which is Ψ-ing, composed of smaller entity *X*s, which are Φ-ing is commonplace in the literature. These *X*s are little mechanisms themselves consisting of smaller entity *P*s, which are σ-ing. This view has the benefit of describing some mechanism as a hierarchically organized system, in a non-spooky fashion, consisting of entities engaging in inter and intra-leveled causally-efficacious activities. In fact, Craver's view of a hierarchical mechanism maps onto my schematization of a hierarchically-organized system envisioned as nested triangles, and our two views have much in common. However, the problem with his view of mechanisms is that it neglects the more specified kinds of organized homeostatic activities in which the processes of organismic hierarchies are engaged. It is arguable that physico-chemical entities – the so-called smaller entity *P*s, which are σ-ing that make up the organelles, which are Φ-ing – themselves are not coordinated in such a way so as to produce homeostatic results; they are not *organized to do something*, or achieve some result *in this homeostatic manner*. Further, it is arguable that physico-chemical entities are not

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

organized in hierarchical ways such that we could say they are engaged in particularized homeostatic processes contributing to a generalized homeostasis.

Organisms are responsive to their environments in such a way that they can adapt to changes. A callous on your foot is a simple example of the endocrine subsystem of your body adapting to a change in its external environment. Organisms, as well as the subsystems and processes of which they are composed, exhibit a certain amount of flexibility and malleability in relation to their internal and external environments. In fact, as we have already seen, the subsystems and processes of organisms produce particularized and generalized homeostasis, viz., a relatively constant coordination among the components of an organism, given the interaction of these components with environments internal to and external to the organism. As was intimated already, this property of adaptability in relation to environments that is yet another essential feature that distinguishes living entities, properties, or substances from nonliving ones. Another way to say this is that the adaptability of processes and subsystems in organisms can be pointed to as a clear way in which to distinguish the biological from the physico-chemical realms.

Think of a rock. A rock would be classified as a nonliving, physico-chemical entity because it does not have this ability to adapt to environments and situations the way in which living, biological entities do. If a rock is hit by a hammer with a certain amount of force, it breaks up into pieces, the pieces fall where they may according to physico-chemical laws, and that is the end of the story – this is its „response" to the environment. Conversely, if one's forearm is hit by a hammer such that a bone breaks, the various systems of the body go to work to repair the damage so that some form of homeostasis can be re-achieved. The body *adaptively* responds to this environmental pressure, and the hierarchy goes to work on fixing the problem. Further, if the bone does not heal correctly or the muscles surrounding it have atrophied because of the blow, the subsystems and processes of my body can compensate for the injury. If the hierarchy can't fix the problem, it adjusts or re-adjusts, if necessary. Homeostasis in an organism *entails* adaptability as a necessary condition; for it is the organism's response to its ever-changing environment that will occasion the need for either particularized or generalized homeostasis. Of course, biological entities are constructed of physico-chemical components and are subject to the same physico-chemical laws

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

as any other piece of matter in the world. However, biological entities, as hierarchically organized living systems, have this distinguishing property whereby the subsystems and processes adaptively respond to their environments in ways that other physico-chemical entities do not.

HOV and Epistemology

So far, a metaphysical form of emergence has been argued for whereby parts of a biological system are envisioned as genuine emergent entities, starting at the level of the organelles of the cell. A question may arise as to how it is that a corresponding epistemological form of emergence may be possible so as to describe the metaphysically emergent biological phenomena. This question of the relationship between metaphysical and epistemological forms of emergence is central to any discussion of emergence/reduction as it would seem difficult to justify ontological claims without appealing to epistemological claims, and vice versa. Given this intimate relationship between metaphysics and epistemology, it may be that once a particular ontic level has been identified as emergent, then a whole new set of concepts, theories, etc., will have to be introduced to account for the emergent phenomena. The HOV endorsed with respect to the functioning of organisms can be described within a biological framework that utilizes the language of teleology/functionality. Thankfully, this kind of language already is being used by biologists, psychologists, philosophers, and other researchers to describe biological phenomena (for example, see the essays in Ariew, Cummins, and Perlman, 2002). As Ruse (2004) has pointed out, researchers thinking about biological matters since Aristotle cannot get around using the concepts and language of purpose, function, and organization to describe biological phenomena, even if to describe this phenomena *as if* it were teleologically organized. *That* researchers cannot get around describing biological phenomena *as if* it were organized with goals toward homeostasis may already be an indicator of an epistemological form of emergence. Our descriptions of biological phenomena resist a reductive explanation to the levels of chemistry or physics. If one adopts a realist strategy for describing biological phenomena, or an *as if* realist strategy (see Rescher, 2005; Arp, 2005), then it is easy to see how one could connect an epistemological form of emergence with a metaphysical form. Here,

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

the descriptions of biological phenomena resist reduction, and must be *described* with a set of emergent terms, precisely because that is the way biological phenomena *actually are* homeostatically organized out there in the world. This may be why we cannot seem to jettison the language of teleology/functionality from our vocabulary.

It seems that something is left out of the description of an organism if we say that, for example, a dog *just is* a mass made up of chemical properties having certain kinds of bonds, subject to laws of electromagnetism, gravity, etc. This kind of description works well for say, a rock, because we do not see the properties of a rock as engaged in coordinated kinds of activities contributing to hierarchies and producing homeostasis. We do not ask what the components of a rock are doing for the rock as whole, other than to say that the chemical bonds comprising its matter are of the kind that keep it solidified in some patch of space and time. However, an organism like a dog would seem to require a different kind of description as an entity having components whose emergence is related to the coordination of those components and their homeostatic outcomes in a hierarchically organized system; otherwise, one is in danger of *under*describing a dog's subsystems and processes *just as* a mass made up of chemical properties having certain kinds of bonds, subject to laws of electromagnetism, gravity, etc. There is more to a description of a dog's kidney, for example, than can be captured by the language of physical laws and chemical bonds. As a biologically emergent entity, the dog's kidney has a specific function it performs in the dog's digestive subsystem, functions in such a way as to be coordinated with the functioning of other organs in the digestive subsystem, and is related to other organs in the system as a whole in such a way so as to aid in the maintenance of the dog's life.

Conclusion

I have argued that starting with the organelles that constitute a cell – and continuing up the hierarchy of components in processes and subsystems of an organism – there exist clear instances of emergent biological phenomena that can be considered „living" entities. I put forward HOV as way to interpret the fact that the components and processes of an organism are organized to maintain homeostasis of the organism at the various levels in the hierarchy. That components of biological phenomena are

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

organized to perform some function resulting in homeostasis marks them out to be living emergent entities distinguishable, in description and in reality, from the very physico-chemical processes of which they are composed. I described internal-hierarchical data exchange, data selectivity, informational integration, and environmental-organismic information exchange in order to proffer HOV. Finally, I demonstrated that HOV comports well with the standard philosophical accounts of nomological and representational emergence.

References

Amundson, R. (1994). Two concepts of restraint: Adaptationism and the challenge from developmental biology. *Philosophy of Science*, 61, 556–78.

Ariew, A., Cummins, R., and Perlman, M. (Eds.) (2002). *Functions: New essays in the philosophy of psychology and biology*. Oxford: Oxford University Press.

Arp, R. (2005). The pragmatic value of Frege's Platonism for the pragmatist. *Journal of Speculative Philosophy*, 19, 22–41.

Audesirk, T., Audesirk, G., and Beyers, B. (2002). *Biology: Life on earth*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc.

Ayala, F. (1982). *Population and evolutionary genetics: A primer.* Menlo Park, CA: Benjamin/Cummings Publications.

Batterman, R. (2001). *The devil in the details: Asymptotic reasoning in explanation, reduction, and emergence*. Oxford: Oxford University Press.

Belot, G. and Earman, J. (1997). Chaos out of order: Quantum mechanics, the correspondence principle and chaos. *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 2, 147–182.

Berra, T. (1990). *Evolution and the myth of creationism*. Stanford: Stanford University Press.

Bogdan, R. (1994). *Grounds for cognition: How goal-guided behavior shapes the mind*. Hillsdale, CA: LEA Publishers.

Buss, D. (1999). *Evolutionary psychology: The new science of the mind*. Boston: Allyn and Bacon.

Campbell, N. and Reece, M. (1999). *Biology*. Menlo Park, CA: Benjamin-Cummings.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Cartwright, N. (1999). *The dappled world: A study of the boundaries of science*. New York: Cambridge University Press.

Churchland, P. M. (1995). *The Engine of reason, the seat of the soul: A philosophical journey into the brain*. Cambridge, MA: MIT Press.

Churchland, P. S. (1997). Can neurobiology teach us anything about consciousness? In N. Block, O. Flanagan, and G. Güzeldere (Eds.), *The nature of consciousness* (pp. 127–40). Cambridge, MA: MIT Press.

Collier, J. and Hooker, C. (1999). Complexly organised dynamical systems. *Open Systems and Information Dynamics*, 6, 241–302.

Cosmides, L. and Tooby, J. (1994). Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. In L. Hirschfeld and S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 71–97). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Crane, T. (2001). *The elements of mind*. Oxford: Oxford University Press.

Craver, C. (2001). Role functions, mechanisms, and hierarchy. *Philosophy of Science*, 68, 53–74.

Crick, F. (1994). *The astonishing hypothesis*. New York: Simon & Schuster.

Csányi, V. (1996). Organization, function, and creativity in biological and social systems. In J. Boulding and K. Khalil (Eds.), *Evolution, order and complexity* (pp. 146–81). London: Routledge Publishers.

Cziko, G. (1992). Purposeful behavior as the control of perception: Implications for educational research. *Educational Researcher*, 21, 10–8.

Cziko, G. (1995). *Without miracles: Universal selection theory and the second Darwinian revolution*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Darwin, C. (1859/1999). *The origin of species by natural selection: Or, the preservation of favored races in the struggle for life*. New York: Bantam Books.

Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. New York: W. W. Norton & Company.

Dawkins, R. (1996). *Climbing mount improbable*. New York: W. W. Norton & Company.

Dennett, D. (1991). *Consciousness explained*. Boston: Little, Brown and Company.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Duncan, D., Burgess, E., & Duncan, I. (1998). Control of distal antennal identity and tarsal development in *Drosophila* by *Spineless-aristapedia*: A homolog of the mammalian dioxin receptor. *Genes & Development*, 12, 1290–1303.

Dupré, J. (1993). *The disorder of things: Metaphysical foundations of the disunity of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Eldredge, N. (1995). *Reinventing Darwin: The great debate at the high table of evolutionary theory*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Emmeche, C., Køppe, S., and Stjernfelt, F. (2000). Levels, emergence, and three versions of downward causation. In P. Andersen, C. Emmeche, N. Finnemann, and P. Christiansen (Eds.), *Downward causation: Minds, bodies and matter* (pp. 13–34). Århus: Aarus University Press.

Gould, S. (1980). The evolutionary biology of constraint. *Daedalus*, 109, 39–53.

Gould, S. (2002). *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, MA: The Belknap Press.

Hastings, A. (1998). *Population biology: Concepts and models*. New York: Springer-Verlag, Inc.

Hatfield, G. (1999). Mental functions as constraints on neurophysiology: Biology and psychology of vision. In V. Hardcastle (Ed.), *Where biology meets psychology* (pp. 251–71). Cambridge, MA: MIT Press.

Hellman, G. (1999). Reduction (?) to what (?): Comments on Sklar's 'The reduction of thermodynamics to statistical mechanics. *Philosophical Studies*, 95, 200–213.

Hendry, R. (1999). Molecular models and the question of physicalism. *Hyle*, 5, 143–160.

Humphreys, P. (1997). Emergence, not supervenience. *Philosophy of Science*, 64, S337–S345.

Johnson-Laird, P. (1988). *The computer and the mind: An introduction to cognitive science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Kandel, E., Schwartz, J., and Jessell, T. (Eds.). (2000). *Principles of neural science*. New York: McGraw-Hill.

Kaneto, H., Morrissey, J., McCracken, R., Reyes, A., and Klahr, S. (1998). Osteopontin expression in the kidney during unilateral ureteral obstruction. *Mineral and Electrolyte Metabolism*, 24, 227–237.

Kim, J. (1993). *Supervenience and mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Kim, J. (1995). Emergent properties. In T. Honderich (Ed.), *The Oxford companion to philosophy* (pp. 220–241). Oxford: Oxford University Press.

Kim, J. (1999). Making sense of emergence. *Philosophical Studies*, 95, 3–36.

Kim, J. (2000). *Mind in a physical world: An essay on the mind-body problem and mental causation*. Cambridge, MA: MIT Press.

Kitcher, P. (1992). Gene: Current usages. In E. Keller and E. Lloyd (Eds.), *Keywords in evolutionary biology* (pp. 128–36). Cambridge, MA: Harvard University Press.

Lowe, E. (2000). Causal closure principles and emergentism. *Philosophy*, 75, 571–85.

Lycan, W. (1995). *Consciousness*. Cambridge, MA: MIT Press.

Mayr, E. (1969). Footnotes on the philosophy of biology. *Philosophy of Science*, 36, 190–200.

Mayr, E. (1976). *Evolution and the diversity of life.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (1988). *Toward a new philosophy of biology.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (1991). *One long argument: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (1995). The Search for intelligence. *Science*, 259, 1522–23.

Mayr, E. (1996). The Autonomy of biology: The position of biology among the sciences. *Quarterly Review of Biology*, 71, 98–106.

Mayr, E. (1997). *This is biology: The science of the living world*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mayr, E. (2001). *What evolution is*. New York: Basic Books.

McLaughlin, B. (1992). Rise and fall of British emergentism. In A. Beckermann, H. Flohr, and J. Kim (Eds.), *Emergence or reduction? Essays on the prospects for nonreductive physicalism* (pp. 30–67). Berlin: DeGruyter.

McLaughlin, B. (1997). Emergence and supervenience. *Intellectica*, 2, 25–43.

Nesse, R. and Abelson, J. (1995). Natural selection and fear regulation mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 18, 309–10.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

O'Connor, T. (1994). Emergent properties. *American Philosophical Quarterly*, 31, 91–104.

Pelligrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., and Rizzolatti, G. (1996). Understanding motor events: A neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, 91, 176–80.

Pierce, J. (1980). *An introduction to information theory: Symbols, signals and noise*. New York: Dover Publications.

Primas, H. (1998). Emergence in the exact sciences. *Acta Polytechnica Scandanavica*, 91, 83–98.

Rescher, N. (2005). *Realism and pragmatic epistemology*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

Rosen, R. (1968). Recent developments in the theory of control and regulation of cellular processes. *International Review of Cytology*, 23, 25–88.

Roth, G. (2000). The evolution and ontogeny of consciousness. In T. Metzinger (Ed.), *Neural correlates of consciousness* (pp. 77–98). Cambridge, MA: MIT Press.

Rueger, A. (2000). Physical emergence, diachronic and synchronic. *Synthese*, 124, 297–322.

Ruse, M. (2004). *Darwin and design: Does evolution have a purpose?* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Sacco, W., Copes, W., Sloyer, C., and Stark, R. (1988). *Information theory: Saving bits*. Dedham, MA: Janson Publications, Inc.

Salthe, S. and Matsuno, K. (1995). Self-organization in hierarchical systems. *Journal of Social and Evolutionary Systems*, 18, 327–38.

Schneider, T. (1986). Information content of binding sites on nucleotide sequences. *Journal of Molecular Biology*, 188, 415–31.

Searle, J. (1992). *The rediscovery of the mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

Searle, J. (2004). *Mind: A brief introduction*. Oxford: Oxford University Press.

Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423, 623–56.

Silberstein, M. (2002). Reduction, emergence and explanation. In M. Silberstein and P. Machamer (Eds.), *The Blackwell guide to the philosophy of science* (pp. 80–107). Malden, MA: Blackwell Publishing.

Silberstein, M. and McGreever, J. (1999). The search for ontological emergence. *The Philosophical Quarterly*, 49, 182–200.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Sklar, L. (1999). The reduction (?) of thermodynamics to statistical mechanics. *Philosophical Studies*, 95, 187–199.

Smolensky, P. (1988). On the proper treatment of connectionism. *Behavioural and Brain Sciences*, 11, 1–23.

Sperber, D. (1994). The modularity of thought and the epidemiology of representations. In L. Hirschfeld and S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 39–67). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Sperry, R. (1980). Mind-brain interaction: Mentalism, yes; dualism, no. *Neurosciences*, 5, 195–206.

Van Gulick, R. (2001). Reduction, emergence and other recent options on the mind/body problem: A philosophic overview. *Journal of Consciousness Studies*, 8, 1–34.

Voet, D., Voet, J., and Pratt, C. (2002). *Fundamentals of biochemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Weaver, W. and Shannon, C. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

Williams, G. (1992). *Natural selection: Domains, levels, and challenges.* New York: Oxford University Press.

Wimsatt, W. (1994). The ontology of complex systems: Levels, perspectives and causal thickets. *Canadian Journal of Philosophy*, 20, 207–274.

Wimsatt, W. (1997). Aggregativity: Reductive heuristics for finding emergence. *The Philosophy of Science Association*, 96, 372–384.

Zylstra, U. (1992). Living things as hierarchically organized structures. *Synthese*, 91, 111–33.

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Christoph Kockerbeck

Urzeugung, Monismus und Materialismus[1]

Der „Urschleim“ Bathybius Haeckelii und die naturphilosophischen Positionen Ernst Haeckels und Ludwig Büchners

Die Relevanz der Urzeugungshypothese für den Monismus Ernst Haeckels und den naturwissenschaftlichen Materialismus Ludwig Büchners

Der englische Naturforscher Charles Robert Darwin (1809–1882) hatte mit seiner epochalen Schrift *Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl* (1859) der Überzeugung vom natürlichen Ursprung der Arten und ihrer „mechanischen Variation“ in der akademischen Wissenskultur im Deutschland der 1860er Jahre zur Anerkennung verholfen. Somit lag in der zeitgenössischen Biologie und Morphologie der Gedanke nahe, auch das organische Leben selbst in seiner phylogenetisch frühesten Art und Form unmittelbar aus der unbelebten anorganischen Natur mittels des Aktes einer „Urzeugung“ (Generatio aequivoca) abzuleiten.

Die Tier- und Pflanzenwelt sollte sich also nicht bloß auf der Grundlage natürlicher Ursachen auseinander differenzieren und höher entwickeln, sondern auch ihren Ursprung in der Natur haben, weil andernfalls noch immer die Schöpfung der ersten organischen Wesen durch einen Anstoß Gottes von außen plausibel wäre und wie ein unerklärliches Wunder erschiene.[2]

Dieses begehrte Urwesen, das entscheidende missing link zwischen dem anorganischen und dem organischen Naturreich, wurde in der vermeintlichen Monere *Bathybius Haeckelii* (Abb.1), einem angeblichen form- und strukturlosen Vertreter der einzelligen Protisten, erkannt, die sich über zwei Dekaden in der zoologischen, philosophischen und populärwissenschaftlichen Literatur des 19. Jahrhunderts etablieren konnte. Das originär biologische Problem der Entstehung des organischen Lebens auf der Erde besaß naturgemäß die größte weltanschauliche Bedeutung. Es

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

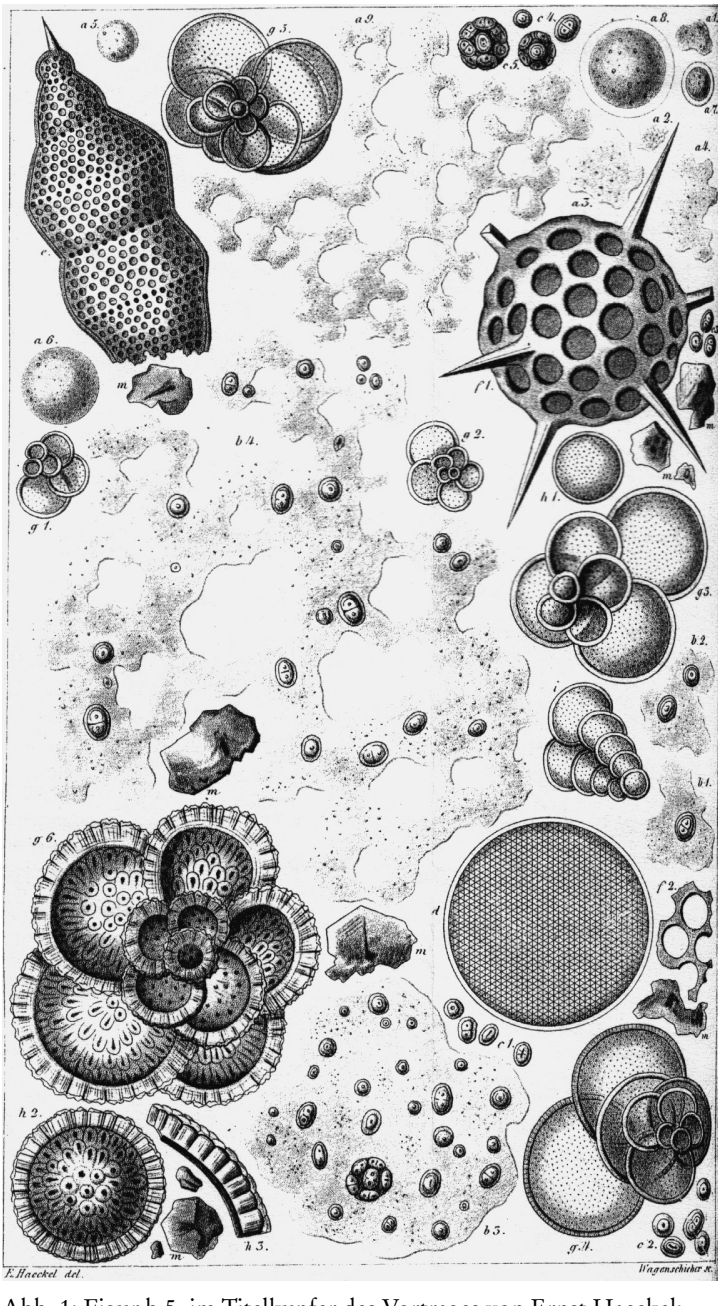

Abb. 1: Figur b.5. im Titelkupfer des Vortrages von Ernst Haeckel: Das Leben in den grössten Meerestiefen. […]
Berlin: C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung. A. Charisius 1870

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

wurde im Deutschland der zweiten Jahrhunderthälfte seitens des naturwissenschaftlichen Materialismus einerseits und des auf vielen Schultern lastenden Monismus des Jenenser Naturforschers, Naturphilosophen und Darwinisten Ernst Haeckel (1834–1919), dem Namenspatron dieser vermeintlichen Urzelle, andererseits vehement vereinnahmt. Dementsprechend hatte der Darmstädter Arzt und Freidenker Ludwig Büchner (1824–1899), „der Veteran aus der Heroenzeit des Naturwissenschaftlichen Materialismus“[3] (Lefèvre, 2000, S. 169), noch in der fünften Auflage seiner „allgemein-verständlichen Vorlesungen“ *Die Darwin'sche Theorie von der Entstehung und Umwandlung der Lebe-Welt* (1890) die gegenwärtig vergessene und schwer begreifliche Denkwelt des 19. Jahrhunderts am Beispiel der weltanschaulichen Dimension der „Urzeugungsfrage“ vor einem großen bürgerlichen Laien- und Arbeiterpublikum ungemein plastisch umrissen:

> Ein weiteres Eingehen auf diesen Gegenstand gehört der modernen Wissenschaft der *Entwicklungslehre* an. Für unseren Zweck genügt es zu wissen, daß und auf welche Weise auch heute noch alle Organismen aus dem ersten und einfachsten Formelement, das wir kennen, aus der *Zelle* hervorgehen. Und dieser ganze Vorgang, den wir von Stufe zu Stufe zu verfolgen und zu beobachten im Stande sind, ist durchaus nicht weniger wunderbar und geht ganz nach denselben Principien vor sich, wie die Entstehung und Entwicklung der großen organischen Welt aus jenen ersten Keimzellen, welche sich vor Millionen und aber Millionen Jahren in dem sog. *Urmeere* entwickelt haben, durch die ungeheuere Zeitfolge hindurch, welche die Gegenwart von jener frühesten Vergangenheit trennt. Aber auch mit dieser Auseinandersetzung sind wir immer noch nicht an der letzten Vollendung oder den äußersten Consequenz der Abstammungslehre angelangt; denn es bleibt immer noch die wichtige Frage übrig: *Woher kamen jene ersten Ur- oder Keimzellen?* oder was ist der Ursprung jener ersten organischen Urform, welche auch *Darwin* voraussetzt, und von welcher er meint, daß ihr das Leben zuerst vom Schöpfer eingehaucht worden sei? Konnte sie […] auf natürlichem Wege entstanden sein, oder mußte sie von einem Schöpfer erschaffen, und mußte die Anlage zu so großartiger Weiterentwicklung künstlich in sie hineingelegt werden? – Wäre das letztere der Fall, so hätte die Theorie abermals […] ein „großes Loch“; denn sie würde eben immer noch ein Wunder oder einen übernatürlichen, nicht-causalen Vorgang zu ihrer nothwendigen Voraussetzung haben; und man könnte immer wieder vom theologisch-naturalistischen Standpunkte aus sagen: So gut die Schöpferthätigkeit einmal, wenn auch noch vor so langer Zeit, eintrat oder handelnd auftrat, so gut kann sie es *immer* gethan haben! (Büchner, 1890, S. 87 f.)

Im Anschluss an seine Skizze, in der Büchner den Bezug der Theologie zur Schöpfungsfrage beschreibt, geht er zu dem zeitgenössischen welt-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

anschaulichen Kern der Urzeugung und deren Bedeutung für den wissenschaftlichen Erklärungswert der Darwinschen Theorie über:

> Dies führt also nothwendig auf die wichtige, so vielfach erörterte und so oft in dem verschiedensten Sinne beantwortete Frage von der *Urzeugung* (generatio aequivoca) oder von der *Entstehung der ersten und niedrigsten Zellen und Organismen* – eine Frage, um die sich gegenwärtig die ganze organische Naturwissenschaft gewissermaßen wie um ihre Achse dreht. Gelingt es uns, diese Entstehung auf *natürlichem* Wege und durch *natürliche* Kräfte als möglich, wahrscheinlich oder gewiß erscheinen zu lassen, so haben wir damit im Sinne der *Darwin'*schen oder der Descendenztheorie den Schlüssel zu der gesammten, so reich gegliederten organischen Welt und ihrer Erklärung aus natürlichen Ursachen in der Hand. Denn alle Pflanzen und Tiere, auch die höchsten und zusammengesetztesten, sind, wie man jetzt mit aller Bestimmtheit weiß, nichts mehr oder nichts weniger, als mehr oder weniger zusammengesetzte Agglomerate oder Zusammenhäufungen jenes ersten organischen Formelements oder der *Zelle*, und können nicht blos, sondern *müssen* auch bezüglich ihrer Entwicklungsgeschichte aus demselben hergeleitet werden. (Büchner, ebd., S. 88 f.)

Sowohl der naturwissenschaftliche Materialismus der posthegelianischen Ära als auch der pseudoreligiöse Monismus Haeckels[4] und seiner vielen Mitstreiter erachtete in dem Nachweis der Generatio aequivoca den wissenschaftlichen Beweis für die Richtigkeit ihrer jeweiligen Weltdeutung, zumal einerseits das Hervorgehen der lebenden Zelle aus der unbelebten Materie erwiesen und andererseits eine supernaturalistische Gottheit als notwendiger „erster Beweger" des organischen Lebens hinfällig schien. Während Büchner als Repräsentant des Materialismus der nachachtundvierziger Jahre auch den unpersönlichen Gott als „*logisches* Unding" (Büchner, 1869, S. 334) ablehnte, identifizierte der Pantheist Haeckel Gott mit der Natur. (vgl. Haeckel, 1866 Bd. 2, S. 448) Weil beide weltanschaulichen Positionen (vgl. Kockerbeck, 1999, S. 68–82 und 134–162) einen außernatürlichen „ersten Beweger" negierten, war für sie der Nachweis der Generatio aeqivoca von größter theoretischer Bedeutung. Die engagierten Debatten um die Plausibilität der Urzeugung am Beispiel des *Bathybius Haeckelii* oder die „Wahrhaftigkeit" der materialistischen Philosophie und ihrer atheistischen Ontologie verliefen keineswegs nur innerakademisch. Sie diffundierten vielmehr mittels der vielen populärwissenschaftlichen Schriften und Vorträge ihrer wesentlichen Repräsentanten in die wissbegierige außerakademische Wissenskultur der Wilhelminischen Ära.[5] Als Berichterstatter seitens der Zoo-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

logie fungierten beispielsweise die populärwissenschaftlichen Schriften des Haeckel-Verehrers Wilhelm Bölsche (1861–1939)[6], das *Tierleben* (2. Aufl. 1876–1879) Alfred Edmund Brehms (1829–1884)[7] und auch die Schriften Ernst Haeckels[8] selbst, während sich von philosophischer Seite in erster Linie der bereits zitierte Ludwig Büchner[9], aber auch Büchners linkshegelianischer Gegner Friedrich Engels[10] sowie Friedrich Albert Lange (1828–1875)[11], der Neukantianer und Kritiker des Materialismus, der philosophischen Verallgemeinerung und Systematisierung der naturwissenschaftlich wie weltanschaulich komplexen Thematik annahmen.

Der Bathybius Haeckelii und seine Bedeutung für den Monismus Ernst Haeckels

In seinem Vortrag *Das Leben in den grössten Meerestiefen*, den Ernst Haeckel am 2.3.1870 in seiner Eigenschaft als Meereszoologe im akademischen Rosensaale zu Jena hielt, schildert Haeckel den Zuhörern, wie er sich persönlich von der leibhaftigen Existenz des Urschleimes *Bathybius Haeckelii* mittels eines mikroskopischen Präparates[12] überzeugen konnte und betont emphatisch: „Bathybius ist ein griechisches Wort und bedeutet „in der Tiefe lebend". Der Bathybius-Schlamm ist in der That lebendiger Schlamm der Meerestiefen." (Haeckel, 1870, S. 25) Systematisch gehören laut Haeckel die „[…] mikroskopisch kleinen Organismen, welche die Hauptmasse des lebendigen Bathybius-Schlammes bilden, […] zu einer Gruppe von niedersten und unvollkommensten Wesen, welche weder echte Thiere noch echte Pflanzen sind, und welche man daher am besten vorläufig in dem neutralen Zwischenreiche der *Urwesen* oder *Protisten* vereinigt." (Haeckel, ebd., S. 29)

Dem Darwinisten und Zoologen Haeckel, der zugleich als monistischer Naturphilosoph die Idee der Einheit der unbelebten und belebten Natur vertrat, kam die Erstbeschreibung des *Bathybius* (Huxley 1868) durch den „ersten englischen Zoologen" (Haeckel, ebd., S. 25) Thomas Henry Huxley (1825–1895) gelegen. Haeckel identifizierte den *Bathybius* mit dem „Urschleim" des romantischen Naturphilosophen Lorenz Oken[13] (1779–1851). Der *Bathybius* versinnbildliche den „Bildungsstoff" (Haeckel, ebd., S. 32) alles Lebendigen. Er sei „wesentlicher und niemals fehlender Körperbestandtheil" (Haeckel, ebd.) aller Protisten, Tiere und Pflanzen. Schließlich war der *Bathybius* auch das leibhaftige

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

von Haeckel ersehnte Verbindungsglied zwischen der anorganischen und der organischen Natur. „Dem großen Forscher," berichtet Wilhelm Bölsche in seiner *Entwickelungsgeschichte der Natur* (1896), „der sich so viele Verdienste um die Erforschung jener einfachsten Organismen erworben, Haeckel, zu Ehren erhielt der seltsame Gast der Tiefe (von Huxley, C. K.) den Namen *Bathybius Haeckelii*." (Bölsche, 1896, S. 56) Dieses einfachste Wesen sollte als noch heute existente „Monere" den substanziellen Anfang des organischen Lebens in Gestalt eines farb-, form- und strukturlosen Eiweißklümpchens einleiten.

Der vermeintliche Tiefseeorganismus, „[…] der als ein ganz formloses schleimiges Urtier noch lebend wie ein riesiges Netz die Tiefsee-Ebenen überziehen […]" (Bölsche, ebd., S. 16) sollte, „existierte" im Rahmen der zoologischen Wissenschaften jedoch nur für kurze Zeit.[14] Während der Biologe William Benjamin Carpenter (1813–1885) die Existenz des *Bathybius Haeckelii* anhand mikroskopischer Untersuchungen von Schlammproben der Nordsee bestätigte, „fand" Sir John Murray (1841–1914), der „Challenger-Murray", mit Hilfe des Schiffschemikers John Young Buchanan (1844–1925) (vgl. Rehbock, 1975, S. 528) bei der wissenschaftlichen Auswertung der „Challenger-Expedition" (1872–1876) „[…] in den vielen hundert Proben von Bodenschlammen aller Weltmeere keinen „Urschleim", und wies schließlich nach, daß der *Bathybius* eine anorganische Gipsgelatine ist, ausgefällt aus dem Meerwasser, wenn „the specimens of the ooze were impregnated by the alcohol, used in the preservations of the samples". Der Bathybiusschleim entstand und entsteht erst im Reagenzglas beim Eingießen von Alkohol." (Pfannenstiel, 1970, S. 55) Sir Wyville Thomson (1830–1882), der Leiter der „Challenger-Expedition", brachte schließlich Huxley 1875 seinen Irrtum in der Befundung der organischen Existenz des *Bathybius* bei. Huxley sah den Fehler ein und distanzierte sich 1875 von seiner vermeintlichen Entdeckung (vgl. di Gregorio, 1995, S. 199 und Huxley, 1875).

Wir wissen jedoch, dass Haeckel weiterhin auf der Existenz des *Bathybius* bestand und ihn als „eine Urform der Tiere" (di Gregorio, ebd.) interpretierte. Noch 1877 erhob Haeckel gegen die Forschungsresultate der „Challenger-Expedition" den Einwand, dass die geographische Verbreitung des *Bathybius* weit eingeschränkter als ursprünglich angenommen und folglich die „Challenger-Expedition" nicht in der Lage gewesen sei, ihn aufzuspüren (vgl. Rupke, 1976, S. 61).

Der *Bathybius* passte zu sehr in Haeckels „monistische" Sicht des tie-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

rischen und pflanzlichen Evolutionsgeschehens als einer „großen Stufenleiter der Entwickelung“ (Haeckel, 1870, S. 29) von einfachsten zu immer komplexeren Organismen, als dass er auf die Existenz „seines Urwesens“ verzichtet hätte. „Nevertheless“, konstatiert Rupke, „Haeckel eliminated *Bathybius* from his later publications.“ (Rupke, ebd.)

Haeckel hielt auch ohne den *Bathybius* zumindest an der Generatio aequivoca der frühesten Lebewesen fest. Diese gingen seiner Auffassung nach in vorgeschichtlicher Zeit oder gar noch heute auf mechanische Weise unmittelbar aus der anorganischen Natur hervor. Bereits in der *Generellen Morphologie der Organismen* (1866) begriff Haeckel die „Autogenie oder Selbstzeugung“, das Hervorgehen kernloser Organismen („Moneren“) aus anorganischer Materie, als unentbehrliche wissenschaftliche Hypothese und verglich seitdem „[…] diesen Prozeß der sogenannten „Selbstzeugung“ primitiver Eiweißklümpchen mit der Bildung anorganischer Kristalle in einer Salzlösung.“ (Krauße, 1984, S. 61, vgl. ferner Büchner, 1890, S. 100ff.) Büchner merkte in seinen Vorlesungen über *Die Darwin'sche Theorie von der Entstehung und Umwandlung der Lebe-Welt* (1890) noch an, dass Haeckel „Die Frage […], ob dieser Proceß […] auch heute noch fortdauert“, unentschieden lasse; „ nur das ist nach ihm gewiß, dass er jedenfalls in der Urzeit einmal stattgefunden hat.“[15] (Büchner, 1890, S. 101) Haeckel sah den Erklärungswert der Autogenie zunächst in dem schlüssigen Nachweis einer natürlichen Entstehung der Arten, darüber hinaus aber auch als Beleg der Einheit der anorganischen und organischen Natur, die mit der Einheit von Geist und Materie und der Einheit von Mensch und Natur eine der zentralen Bestandteile seiner Einheits-Philosophie, seines Monismus abgab.

Endlich „mache“ Haeckel, wie Bölsche es ausdrückte, „[…] einfach aus der irdischen Urzeugung, wenigstens für die älteste Zeit der Bewohnbarkeit der Erde ein *logisches Postulat*“, welches freilich mit dem bereits dokumentierten Beweisgang Ludwig Büchners zur Richtigkeit der Urzeugung respektive dem überbleibenden „großen Loch“ (Büchner, 1890, S. 87 f.) in der Darwinschen Deszendenztheorie übereinstimmt. So meinte Haeckel im 18. Vortrag seiner populärwissenschaftlichen *Natürlichen Schöpfungsgeschichte* (1889):

Wenn Sie die Hypothese der Urzeugung nicht annehmen, so müssen Sie in der That an diesem einzigen Punkte der Entwickelungs-Theorie zum Wunder einer übernatürlichen Schöpfung Ihre Zuflucht nehmen. Der Schöpfer muß dann den ersten Organismus oder die wenigen ersten Organismen, von denen alle

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

übrigen abstammen, jedenfalls einfachste Moneren oder Urcytoden, als solche geschaffen und ihnen die Fähigkeit beigelegt haben, sich in mechanischer Weise weiter zu entwickeln. (Haeckel, 1889 zitiert nach Bölsche, 1896, S. 63)

Der Bathybius und seine wissenschaftlichen Kritiker

Friedrich Albert Lange, „der feinste Kenner der Naturwissenschaft unter den modernen Philosophen" (Bölsche, ebd., S. 62), stimmte in seiner Erörterung „der naturwissenschaftlichen Kosmogenie" im zweiten Buch seiner berühmten *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart* (1875, 11. Aufl. 1921) aus der Perspektive des Kritizismus Kants zunächst mit dem Standpunkt Haeckels überein:

Haeckel findet mit Recht diese letzte Vorstellung „ebenso unbefriedigend für das gläubige Gemüt, wie für den wissenschaftlichen Verstand. Man kann aber", wendet Lange gegen Haeckel ein,

> weiter gehen und behaupten, daß eine solche Alternative methodisch ganz unzulässig ist. Für die wissenschaftliche Forschung muß die Begreiflichkeit der Welt ein Axiom sein, und wenn man daher die Urzeugung für unwahrscheinlich hält, so bleibt die Entsehung der Organismen einfach zur Zeit ein ungelöstes Problem. Zur Annahme eines „übernatürlichen" Schöpfungsaktes hat die Naturwissenschaft ein für allemal nicht die mindeste Veranlassung. (Lange, 1974, S. 680)

Lange gab hinsichtlich der biologischen Herkunft wie des Erklärungswertes der Urzeugungsfrage ferner zu bedenken, dass „Übrigens […] die Sache keineswegs so" liege, „daß mit dem Verzicht auf eine theoretische Urzeugung jede Möglichkeit der Herstellung eines durchgehenden Kausalzusammenhanges in der Natur aufgegeben wäre." (Lange, 1974, S. 681) Als Beleg benannte der Philosoph die von dem englischen Physiker William Thomson (1824–1907) 1871 aufgestellte Hypothese, „[…] welche den Ursprung der Organismen auf unsrer Erde *aus dem Weltraum* ableitet und die *Meteore* als Träger derselben benutzt." (Lange, ebd.)

Haeckels einstmaliger Lehrer in Würzburg und späterer Widersacher Rudolf Virchow (1821–1902), der renommierte Zellularpathologe und Sozialhygieniker, setzte sich in seiner vor der fünfzigsten Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu München am 22. September 1877 gehaltenen Rede *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat* neben

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

der Abstammung des Menschen von natürlichen Vorfahren auch mit dem Urzeugungsproblem im allgemeinen und dem *Bathybius Haeckelii* im besonderen scharf auseinander. Virchow verknüpfte wie Lange die Beweiskraft der Urzeugungsfrage nicht mit dem Nachweis der Existenz des *Bathybius*. Vielmehr betrachtete er – mit direktem Seitenhieb auf die Darwinsche Deszendenztheorie und die Position Haeckels – den *Bathybius* als exemplarisches Beispiel dafür, „[…] in wie bedauerlicher Weise gerade in der neuesten Zeit alle Versuche, für die Generatio aequivoca in den niedrigsten Formen des Uebergangs von der unorganischen zur organischen Welt eine bestimmte Unterlage zu finden, gescheitert sind […]." (Virchow, 1877, S. 21) Einerseits gab Virchow – in offenkundig inkonsequenter und widersprüchlicher Manier – selbst für den in seinen Augen plausiblen Beweisfall der Generatio aequivoca zu bedenken, dass „[…] Niemand […] auf den Gedanken kommen" werde, „dass die Urzeugung etwa für die Gesammtheit aller organischen Wesen Geltung hat. Möglicher Weise träfe sie nur für eine einzelne Reihe von Wesen zu." (Virchow, ebd.) Andererseits wollte Virchow hinsichtlich der „Herstellung eines durchgängigen Kausalzusammenhanges in der Natur" (Lange, ebd.) außer der Urzeugung keine weitere wissenschaftliche Alternative zur Annahme der Schöpfung akzeptieren. (vgl. Virchow, ebd.). Laut Virchow, der die Generatio aequivoca nur dann anerkennen wollte, „wenn sie zu beweisen wäre", und den wissenschaftlichen Wert bloßer Hypothesen bestritt, sei, wie er in seiner legendären Rede betont, „Mit dem Bathybius […] wieder einmal die Hoffnung in die Tiefe versunken, dass die Generatio aequivoca sich nachweisen lasse." (Virchow, ebd.)

Fazit

1. Das Urzeugungsproblem demonstriert am erheiternden Beispiel des Haeckelschen Urschleims die heute kaum noch nachvollziehbaren wissenschaftstheoretischen Probleme, welche die Theologie mit ihrer biblischen Schöpfungslehre einem zeitgenössischen religiös gebildeten „atheistischen" Naturforscher selbst noch im Anschluss an die Darwinsche Theorie bereitete. Gelehrte wie Ernst Haeckel oder Ludwig Büchner setzten sich nicht zuletzt deshalb mit dem Problem der Urzeugung des Organischen auseinander, weil sie ein feines Gespür für dessen große weltanschauliche Konsequenzen mitbrachten und daher als Naturfor-

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

scher das Wissen ihrer Wissenschaft gegenüber den Auskünften der Bibel als überlegen ansahen. Die moderne positivistische Naturwissenschaft des 21. Jahrhunderts dagegen verspürt nichts mehr von dieser gewaltigen „Not" eines Haeckel oder Büchner, das Problem des Anfangs des Lebens entweder mechanistisch oder kreationistisch lösen zu müssen, weil der Beginn des Organischen auf der Erde für sie weder ein wissenschaftstheoretisches noch ein weltanschauliches Problem beinhaltet. Im Gegensatz zur noch überraschend weltanschaulich aufgeladenen Naturforschung der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kann der biblische Kreationismus der Gegenwart der gegenwärtigen Naturforschung gleichgültig sein, weil er sie aufgrund ihres positivistischen Selbstverständnisses nicht tangiert. Die weltanschauliche Sprengkraft, welche die Darwinsche Theorie oder das Urzeugungsproblem noch im Kaiserlichen Deutschland verströmte, ist mittlerweile längst verblasst.

2. Die kurze Episode des *Bathybius Haeckelii* verdeutlicht, dass selbst das 19. Jahrhundert, „das" Jahrhundert des naturwissenschaftlichen Fortschritts, noch Naturerscheinungen schuf, an deren Existenz letztlich aus Gründen der Phantasie oder zur Stützung einer wissenschaftlichen Hypothese festgehalten wurde. Die zeitgenössische Biologie war weniger empirisch, aber dafür deutlich phantastischer und spekulativer als sie zuzugeben vermag. Waren es im Mittelalter nie gesehene Einhörner und Engel, sind es in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, dem Zeitalter des Darwinismus, niederste „Urwesen" wie z.B. der *Bathybius Haeckelii*.

Indessen belegen jedoch neueste Tiefseeforschungen, dass – ungeachtet des Fehlens von Haeckels „Urschleim" – organisches Leben in beachtlichen Meerestiefen an heißen vulkanischen Schwefelquellen besteht und Leben ohne Sauerstoff am Tiefseeboden möglich ist. Verschiedene Arten von Strudelwürmern sind in der Lage, ohne die Hilfe von Sauerstoff aus diesen Schwefelquellen den lebenswichtigen Stickstoff zu isolieren.

Anmerkungen

1 Vorliegender Artikel ist nicht als Beitrag zur Erforschungsgeschichte des *Bathybius Haeckelii* oder zu den Vorstellungen der autochthonen Entstehung der Arten im 19. Jahrhundert (Rupke, 2005) gedacht, der die einschlägigen Arbeiten von Rehbock (1975) und Rupke (1976) ergänzen will. Am Beispiel ausgewählter populärwissenschaftlicher Literatur der zweiten Jahrhunderthälfte sollen hier vielmehr die komplexen weltanschaulichen

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Erwartungen demonstriert werden, die an die vermeintliche Entdeckung dieses angeblichen Urwesens herangetragen wurden.

2 Bis in die Gegenwart ist die im Grunde naturphilosophische Kontroverse über den Wahrheitsgehalt der biblischen Schöpfungslehre respektive der wissenschaftlich geleiteten Evolutionstheorie nicht ausgestanden. So behautet der seit dem ausgehenden 20. Jahrhundert in den USA erstarkende Kreationismus (Lehre von den Schöpfungen) mit seinem Ableger „intelligent design" die Wahrheit des alttestamentarischen Schöpfungsberichtes gegenüber der gottlosen empirisch gewonnenen Evolutionstheorie. Selbst das Hessische Kultusministerium forderte im Jahr 2007, die christliche Schöpfungstheorie in den Lehrplan des naturwissenschaftlichen Schulfaches Biologie aufzunehmen, da diese ein alternatives Erklärungsmodell zur wissenschaftlichen Evolutionstheorie für die Entstehung des irdischen Lebens anbiete und daher den Schülern als Wissensinhalt vermittelt werden sollte.

3 Zu den Hauptvertretern des naturwissenschaftlichen Materialismus zählen neben dem deutschen Arzt und Philosophen Ludwig Büchner der deutsch-schweizerische Naturforscher, Emigrant und Politiker Carl Vogt (1817–1895) und der niederländische Arzt und Physiologe Jacob Moleschott (1822–1893). Ihr bis in die 1870er Jahre sehr öffentlichkeitswirksames populärwissenschaftliches physiologisches, zoologisches, geologisches, paläontologisches, abstammungstheoretisches und entwicklungsgeschichtliches Schrifttum wurde seitens der hegelianischen Materialisten Karl Marx (1818–1883) und Friedrich Engels (1820–1895) als mechanistischer und philosophisch platter „vulgärer Reiseprediger-Materialismus" (Engels 1925, 33) diskreditiert.

4 Letzterer hatte seit der öffentlichen Wahrnehmung der Darwinschen Theorie, die in den 1860er Jahren einsetzte, den naturwissenschaftlichen Materialismus um dessen vormalige Meinungsführerschaft in den Fragen der weltanschaulichen Verallgemeinerung naturwissenschaftlicher Tatsachen beraubt.

5 In Anbetracht des erheblichen Aufwandes, der in der zeitgenössischen Publizistik um das Urzeugungsproblem respektive um die Alternative zwischen einer Generatio aequivoca oder der Schöpfung als „Formel […] einer zusammenhängenden Weltanschauung" (Virchow, 1877, S. 21) betrieben wurde, durfte Rudolf Virchow (1821–1902) gelegentlich seiner akademischen Rede *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat* (1877) wohl zu Recht voraussetzen, „dass die Geschichte vom Bathybius ziemlich allen Gebildeten bekannt geworden ist." (Virchow, ebd)

6 Bölsche, Wilhelm 1894–1896: Entwickelungsgeschichte der Natur. In zwei Bänden. Hausschatz des Wissens. Abtheilung I. Neudamm: J. Neumann, vgl. im Bd.2 die Abschnitte „Das organische Leben" und „Der Ursprung des Lebens auf der Erde im „Vierten Buch. Das Leben als Wohnstätte organischen Lebens in der ältesten Epoche ihrer Entwickelung"

7 Brehm, Alfred 1876–1879: Thierleben. Allgemeine Kunde des Thierreichs. Kolorirte Ausgabe. 2. umgearbeitete und vermehrte Ausgabe in 10 Bänden. Leipzig: Verlag des Bibliographischen Instituts, vgl. den Abschnitt „Der

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Kreis der Urthiere“ in Bd. 10, Vierte Abtheilung: Wirbellose Thiere. Von Oscar Schmidt, 1887

8 Haeckel, Ernst 1868: Natürliche Schöpfungsgeschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen, über die Anwendung derselben auf den Ursprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Fragen der Naturwissenschaft. Berlin: Reimer; ders. 1870: Das Leben in den grössten Meerestiefen. Vortrag, gehalten am 2. März 1870 im akademischen Rosensaale zu Jena. Mit 1 Titelbild in Kupferstich und 3 Holzschnitten. In: Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, hrsg. von Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorf, V. Serie, Heft 97–120. Berlin: C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung. A. Charisius; ders. 1877: *Bathybius und die Moneren*, Kosmos. Zeitschrift für einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwicklungslehre Bd. 1, S.293–309

9 Büchner, Ludwig 1868: Sechs Vorlesungen über die Darwin'sche Theorie von der Verwandlung der Arten und die erste Entstehung der Organismenwelt, sowie über die Anwendung der Umwandlungstheorie auf den Menschen, das Verhältniß dieser Theorie zur Lehre vom Fortschritt und den Zusammenhang derselben mit der materialistischen Philosophie der Vergangenheit und Gegenwart. In allgemein verständlicher Darstellung. 2. Auflage. Leipzig: Theodor Thomas, vgl. den Abschnitt „Dr. G. *Jäger* und Prof. *Häckel* über die Art der ersten Organismen“ in der „Ersten Vorlesung“

Bereits in seinem Schreiben vom 12.8.1867 an Haeckel teilte Büchner dem Jenenser Naturforscher und Darwinisten mit, dass er im Rahmen eines „Cyklus wissensch[aft]l[icher] Vorträge“ vor dem sozialdemokratischen Arbeiterbildungsverein in Darmstadt in den Wintern 1865/66 und 1866/67 neben der Darwinschen Theorie „[…] mit sehr gutem Erfolg […] a[uch] das Thema der Urzeugung und der Zellenlehre […] in einem Vortrag behandelt […]“ habe. (Kockerbeck, 1999, S. 135 f.)

10 Engels, Friedrich 1878: Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft („Anti-Dühring“). Berlin: Dietz Verlag 1970, vgl. die Diskussion des Urzeugungsbegriffs im Abschnitt „Philosophie. VII. Naturphilosophie. Organische Welt“, S. 67–69; ders. 1925: Dialektik der Natur. Berlin: Dietz Verlag 1971, vgl. das Stichwort „Biologie“ im Vierten Konvolut „Mathematik und Naturwissenschaft. Diversa.“, hier die Stichwörter „Protisten“ S. 296 und „Bathybius“ S. 298

11 Lange, Friedrich Albert 1873–1875: Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. Herausgegeben und eingeleitet von Alfred Schmidt. zwei Bände. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag 1974, vgl. den Abschnitt „Die naturwissenschaftliche Kosmogenie“ im 2. Bd. Geschichte des Materialismus seit Kant

12 Haeckel erhielt im Herbst 1869, wie er schreibt, „eine Probe von Bathybius-Schlamm durch die Güte meines verehrten Collegen, Herrn Professor *Preyer*. Es war eine Probe des atlantischen Schlammes, welche am 22. Juli 1869 von *Carpenter* und *Thomson* aus 2435 Faden (14,610 Fuß) Tiefe an

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

Bord der „Porcupine“ gehoben worden war (in 47° 38“ nördlicher Breite, 12° 4“ östlicher Länge). Der Schlamm war sorgfältig in einem Glase mit Weingeist aufbewahrt und bestätigte mir bei der genauesten mikroskopischen und chemischen Untersuchung alle die merkwürdigen Resultate, welche Professor *Huxley* in seiner letzten ausführlichen Mittheilung über den Bathybius veröffentlicht hatte.“ (Haeckel, 1870, S. 25 f.)

13 Deutscher Naturforscher und Naturphilosoph. Oken war der Initiator und Begründer der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte.

14 Welche heutzutage nur kaum noch begreifliche Faszination von diesem vermeintlichen „Urwesen“ für die Evolutionstheorie und Zoologie der 1870er und 1880er Jahre ausging, bezeugt auch der zuweilen überaus wissenschaftskritisch gesonnene Zoologe, Geologe und Paläontologe Carl Vogt. Vogt – im übrigen einer der gefürchtetesten Kontrahenten unseres Jenaer Naturforschers – verewigte Haeckels „Monere“ anhand einer Illustration von Haeckels Hand (vgl. Abb. 1) als Figur 31 der Tafel 33 seines *Atlas der Zoologie* (1875). Seinem stichhaltigen Vorbehalt bezüglich der Existenz dieses sog. „Urplasmas“ zum Trotz – er erwähnt, dass dem *Bathybius Haekkelii* „[…] viele Naturforscher das Leben abgesprochen […]“ (Vogt, 1875, S. 115) hätten – stellte er den vermeintlichen Tiefseebewohner im Textteil seines reich bebilderten Kompendiums in den „Kreis der Urthiere (Protozoa)“ und ordnete ihn in die „Klasse der Moneren (Monera)“ (Vogt, ebd., S. 113, 115) ein. Vogt, der den häufig spekulativen „Haeckelismus“ als Gegner der Philosophie und radikaler Empirist massiv bekämpfte (vgl. Kokkerbeck, ebd., S. 61–65), erteilte dem *Bathybius* weder eine höhere naturphilosophische Weihe a` la Haeckel noch bewertete er ihn als missing link zwischen Anorganik und Organik. Auch erwog Vogt nicht die Beweiskraft des „seltsamen Gastes der Tiefe“ (Bölsche, ebd., S. 56) für die Urzeugungshypothese. Vielmehr verwies der Genfer Naturforscher als entschiedener Gegner der romantischen Naturphilosophie sowohl deren Vorstellungen vom Urzeugungsgeschehen als auch das in seinen Augen philosophisch-weltanschauliche Urzeugungsproblem insgesamt in den Bereich metaphysischer Spekulation. (vgl. Vogt, 1877) Mangels einer weiteren Auflage seines zoologischen Atlanten konnte Vogt seinen Irrtum hinsichtlich der Existenz des *Bathybius* nicht korrigieren und das Werk nicht entsprechend aktualisieren.

15 Büchner gibt hier zu bedenken, dass uns „Jedoch […] die Paläontologie oder die Erforschung der versteinerten Ueberreste über diese ersten Anfänge nichts sagen […]“ könne. (Büchner, ebd.)

Literatur

Bölsche, W. (1896). *Entwickelungsgeschichte der Natur*. Bd. II. Hausschatz des Wissens. Abtheilung I., Neudamm

Büchner, L. (1869). *Die Stellung des Menschen in der Natur in Vergan-*

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

genheit, Gegenwart und Zukunft. Oder: Woher kommen wir? Wer sind wir? Wohin gehen wir? Allgemeinverständlicher Text mit zahlreichen wissenschaftlichen Erläuterungen und Anmerkungen, Leipzig

(1890). *Die Darwin'sche Theorie von der Entstehung und Umwandlung der Lebe-Welt. Ihre Anwendung auf den Menschen, ihr Verhältniß zur Lehre vom Fortschritt und ihr Zusammenhang mit der Erfahrungs- oder Wirklichkeits-Philosophie der Vergangenheit und Gegenwart*. Fünfte sehr vermehrte und mit Hülfe der neuesten Forschungen ergänzte Auflage, Leipzig

di Gregorio, M. (1995). „The Importance of Beeing Ernst: Thomas Henry Huxley zwischen Karl Ernst von Baer und Ernst Haeckel.", in: Eve Marie Engels (Hrsg.): *Die Rezeption von Evolutionstheorien im 19. Jahrhundert*, 182–213, Frankfurt am Main

Engels, F. (1925). *Dialektik der Natur*, Berlin 1971

Haeckel, E. (1866). *Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. Bd. 1: Allgemeine Anatomie der Organismen, Bd. 2: Allgemeine Entwickelungsgeschichte der Organismen*,. Berlin

(1870). „Das Leben in den grössten Meerestiefen. Vortrag, gehalten am 2. März 1870 im akademischen Rosensaale zu Jena.", *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge*, hrsg. von Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorf, V. Serie, Heft 97–120. Berlin

(1877). „Bathybius und die Moneren.", *Kosmos. Zeitschrift für Einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwicklungslehre* Bd. 1, 293–309

(1889). *Natürliche Schöpfungsgeschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe und Lamarck im Besonderen*. 8. umgearbeitete und vermehrte Auflage, Berlin

Huxley, Thomas H. (1868). "On Some Organisms Living at Great Depths in the North Atlantic Ocean.", *Quarterly Journal of Microscopical Science*, New Series Bd.8, 203–212

(1875). "On Some of the Results of the Expedition of H.M.S. Challenger.", in: Thomas Henry Huxley: *Collected Essays*. Bd. VIII, 69–109

Kockerbeck, C. (1999). *Carl Vogt, Jacob Moleschott, Ludwig Büchner und Ernst Haeckel. Briefwechsel.* herausgegeben, eingeleitet und

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.

kommentiert von Christoph Kockerbeck. Acta Biohistorica Bd. 4, Marburg/Lahn

Krauße, E. (1984). *Ernst Haeckel*. Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 70, Leipzig

Lange, F. A. (1875). *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. Zweites Buch: Geschichte des Materialismus seit Kant*. Herausgegeben und eingeleitet von Alfred Schmidt, Frankfurt am Main 1974

Lefèvre, W. (2000). „Darwin, Marx und der garantierte Fortschritt – Materialismus und Entwicklungsdenken im 19. Jahrhundert.", in: Andreas Arndt/Walter Jaeschke (Hg.): *Materialismus und Spiritualismus. Philosophie und Wissenschaften nach 1848*, S.167–187, Hamburg

Pfannenstiel, M. (1970). „Das Meer in der Geschichte der Geologie.", *Geologische Rundschau*, Bd.60, 3–72

Rehbock, P. F. (1975). "Huxley, Haeckel and the Oceanographers. The case of Bathybius haeckelii.", *Isis*, Bd.66, 504–533

Rupke, N. A. (1976). „Bathybius haeckelii and the Psychology of Scientific Discovery", *Studies in the History and Philosophy of Science*, Bd.7, 53–62

(2005). "Neither Creation nor Evolution: the Third Way in Mid-Nineteenth Century Thinking about the Origin of Species.", *Annals of the History and Philosophy of Biology*, Bd. 10, 143–172

Vogt, C. (1875). *Atlas der Zoologie*. 33 Tafeln in Holzschnitt nebst erläuterndem Texte, Leipzig

(1877). „Apostel-, Propheten- und Orakelthum in der Wissenschaft.", *Frankfurter Zeitung und Handelsblatt,* Nr. 74 (15. März) Morgenblatt., 1–3, Nr. 75 (16. März) Morgenblatt, 1–3, Nr. 81 (22. März) Morgenblatt, 1–3, Nr. 95 (5. April) Morgenblatt, 1–3, Nr. 100 (10. April) Morgenblatt 1–3

Virchow, R. (1877). *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat. Rede gehalten in der dritten allgemeinen Sitzung der fünfzigsten Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu München am 22. September 1877*. 2. Auflage, Berlin

© Vittorio Klostermann GmbH, Frankfurt am Main. Alle Rechte vorbehalten.