

Die Metaphysik dispositionaler Eigenschaften

Michael Esfeld

Universität Lausanne, Sektion Philosophie, CH-1015 Lausanne

Michael-Andreas.Esfeld@unil.ch

(erschienen in *Zeitschrift für philosophische Forschung* 62 (2008), S. 323-342)

Zusammenfassung

Sind die Eigenschaften, die es in der Welt gibt, rein kategorial oder sind sie dispositional und damit als solche selbst kausal? Der Artikel führt zunächst ein rein philosophisches Argument für die kausal-funktionale Theorie von Eigenschaften an und geht dann auf die Relevanz der fundamentalen physikalischen Theorien für dieses Thema ein: Diese legen uns auf Strukturen statt intrinsischer Eigenschaften fest. Die Strukturen als rein kategorial anzusehen, führt jedoch zu keiner kohärenten Position. Auf dieser Grundlage argumentiert der Artikel für eine Metaphysik dispositionaler Eigenschaften in Form kausal-funktionaler Strukturen, aus denen sich die kausal-funktionalen Eigenschaften der Einzelwissenschaften ergeben.

1. *Dispositionale vs. kategoriale Eigenschaften*

Seit den achtziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts erfreuen sich Dispositionen erneut eines regen Interesses in der philosophischen Reflexion darüber, was Eigenschaften sind. Eine Position hat an Gewicht gewonnen, die nicht nur bestreitet, dass Dispositionen an kategoriale Basiseigenschaften gebunden sind, sondern so weit geht, alle Eigenschaften als dispositional aufzufassen. Das Ziel von diesem Artikel ist, Argumente für diese Sicht von Eigenschaften aufzuzeigen. Dieser Abschnitt stellt ein Problem heraus, das sich für eine Theorie rein kategorialer Eigenschaften stellt und das den Weg für die Metaphysik dispositionaler Eigenschaften ebnet. Der folgende Abschnitt präzisiert, was dispositionale Eigenschaften sind. Dann stelle ich Argumente aus der fundamentalen Physik vor, lege dar, wie diese Argumente zu einem Strukturenrealismus führen und plädiere für eine Konzeption kausal-funktionaler und damit dispositionaler Strukturen (Abschnitte 3 und 4). Schließlich gehe ich auf die Einzelwissenschaften ein und zeige, wie die Konzeption kausal-funktionaler Strukturen zu einer vollständigen und kohärenten Metaphysik der Natur führen kann (Abschnitt 5).

Dispositionale Eigenschaften sind kausale Eigenschaften. Das, was diese Eigenschaften sind, besteht in dem, was sie bewirken können. Man kann daher sagen, dass dispositionale Eigenschaften Kräfte sind, bestimmte Wirkungen hervorzubringen. Dem gegenüber stehen kategoriale Eigenschaften. Diese bestehen einfach darin, etwas bestimmtes Qualitatives zu sein. Das, was diese Eigenschaften sind, ist unabhängig von den Kausalrelationen, in denen sie stehen. Die Unterscheidung zwischen kategorialen und dispositionalen Eigenschaften ist vollständig: Eigenschaften sind entweder als solche selbst nicht kausal oder sie bestehen in dem, was sie bewirken können.

Betrachten wir ein klassisches Beispiel: Der Genuss von Opium macht schläfrig. Man kann daher sagen, dass Opium die dispositionale Eigenschaft (die kausale Kraft) hat, Lebewesen schläfrig zu machen. Wenn man jedoch nach einer Erklärung dafür sucht, wieso Opium schläfrig macht, dann ist der Verweis auf diese Disposition nicht erhellend. Dass Opium schläfrig macht, erklärt sich durch dessen molekulare Zusammensetzung. Die molekulare

Zusammensetzung ist nach gängiger Auffassung eine kategoriale Eigenschaft – zumindest wenn man sie als Stellvertreter für eine fundamentale physikalische Eigenschaft betrachtet bzw. wenn man bis zu den fundamentalen physikalischen Eigenschaften vordringt. Die Aussage „Opium macht schläfrig“ ist demnach aufgrund der molekularen Zusammensetzung von Opium wahr, die eine kategoriale Eigenschaft ist (vgl. Prior, Pargetter & Jackson 1982).

Wie bringt es die molekulare (oder atomare oder subatomare) Zusammensetzung von Opium zustande, Lebewesen schläfrig zu machen? Wenn diese Zusammensetzung eine rein kategoriale Eigenschaft ist, dann gibt es keine Disposition oder Kraft dieser Zusammensetzung, atomare oder molekulare Effekte in Lebewesen hervorzubringen, deren makroskopische Manifestation darin besteht, dass die Lebewesen schläfrig werden. So plausibel es auf den ersten Blick erscheint, Dispositionen auf kategoriale Basiseigenschaften zurückzuführen, so problematisch erweist sich diese Position bei näherem Hinsehen, weil rein kategoriale Eigenschaften keine kausalen Eigenschaften sind. Was dann bleibt, das ist einfach eine reguläre Abfolge zwischen der Einnahme von Opium und dem Schläfrigwerden, ohne dass man sagen kann, dass das eine das andere hervorbringt.

Die Theorie, gemäß der die fundamentalen Eigenschaften rein kategorial sind, führt auf diese Weise zu der Regularitätstheorie der Kausalität, die auf David Hume zurückgeht. Hume zufolge besteht zwischen zwei Ereignissen im Sinne von Vorkommnissen von Eigenschaften e_1 und e_2 genau dann eine Kausalbeziehung, wenn Folgendes gilt: Immer wenn ein Ereignis von der gleichen Art wie e_1 auftritt, gibt es ein Ereignis von der gleichen Art wie e_2 , das zeitlich unmittelbar auf das erste Ereignis folgt und das räumlich unmittelbar mit diesem benachbart ist. Allein diese Regularität ist der Grund dafür, dass raumzeitlich benachbarte Ereignisse in einer Kausalbeziehung stehen (siehe Hume, *Treatise of human nature* (1739), Buch I, Teil III, und *Enquiries concerning human understanding* (1748), Abschnitt VII). Ob eine solche Regularität besteht oder nicht, hängt von der Verteilung der Eigenschaften in der gesamten Raumzeit ab. Ob zwischen zwei einzelnen Ereignissen im Sinne von Vorkommnissen von Eigenschaften eine Kausalbeziehung besteht, hängt somit nicht von diesen Ereignissen selbst ab, sondern von der Verteilung der Eigenschaften in der gesamten Raumzeit. Die Eigenschaften sind rein kategorial.

Dieses ist der Kern der Position, die in der heutigen Diskussion als *Humesche Metaphysik* bekannt ist und deren prominentester Vertreter David Lewis ist. Lewis schreibt prägnant:

... alles, was zu der Welt gehört, ist ein großes Mosaik lokaler, einzelner Fakten, hier ein kleines Ding und dann ein anderes. [...] Wir haben eine Geometrie: ein System von externen Relationen raumzeitlichen Abstands zwischen Punkten. ... Und an diesen Punkten haben wir lokale Qualitäten: völlig natürliche intrinsische Eigenschaften, die nicht mehr als einen Punkt benötigen, um aufzutreten. Kurz gesagt: Wir haben eine Verteilung von Qualitäten. Und das ist alles. ... Alles andere superveniert darauf. (Lewis 1986, S. ix-x; eigene Übersetzung)

Lewis bezeichnet diese Position als „Humesche Supervenienz“. Sie setzt zweierlei als unhintergehbaren Ausgangspunkt voraus:

- Das Netz von raumzeitlichen Relationen zwischen Punkten; dieses Netz hält die Welt zusammen.
- Die Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften in der gesamten Raumzeit. Fundamental sind alle und nur diejenigen physikalischen Eigenschaften, die an einem Raumzeitpunkt auftreten können. Ort, Impuls, Ruhemasse, Ladung, Spin etc. sind

Kandidaten für solche Eigenschaften. Lewis zufolge sind die fundamentalen physikalischen Eigenschaften intrinsisch und kategorial.

Die gesamte Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften in der Raumzeit als etwas Ursprüngliches zu akzeptieren heißt, dass diese Verteilung insgesamt kontingent ist. Nicht nur ist es kontingent, dass es genau diejenige Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften als Ganze genommen gibt, die tatsächlich vorhanden ist, sondern jede einzelne Eigenschaft innerhalb dieser Verteilung ist ebenfalls kontingent. Man kann daher keine Antwort auf die Frage geben, wieso die Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften in der Welt sich so entwickelt hat, wie sie sich tatsächlich entwickelt hat. Man muss diese Eigenschaftsverteilung insgesamt als Ausgangspunkt akzeptieren, und dann kann man Fragen beantworten. Keine fundamentale physikalische Eigenschaft, die an einem Raumzeitpunkt auftritt, legt irgendetwas in Bezug darauf fest, welche weiteren Eigenschaften – derselben Art oder anderer Art – an anderen, insbesondere benachbarten Raumzeitpunkten auftreten können (vgl. Beebe 2006).

Gegeben die Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften 326 in der gesamten Raumzeit superveniert alles weitere, was es in der Welt gibt, auf dieser Verteilung. Das gilt insbesondere für die Naturgesetze und die Kausalbeziehungen. Es gibt Regularitäten in dieser Verteilung. Die Tatsache, dass solche Regularitäten bestehen, muss als etwas Kontingentes akzeptiert werden, für das es keinerlei Grund gibt. Einige herausragende Regularitäten sind Naturgesetze (siehe z. B. Lewis 1994). Kausalbeziehungen sind abhängig von den Naturgesetzen: Sie bestehen Lewis zufolge zwar nicht, wie gemäß Hume, in einfachen Regularitäten, sondern in Beziehungen der kontrafaktischen Abhängigkeit zwischen Ereignissen; aber der Wahrheitswert der entsprechenden kontrafaktischen Aussagen hängt wesentlich von den Naturgesetzen ab (siehe Lewis 1973). Kurz, der Ausgangspunkt der Humeschen Metaphysik ist die gesamte Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften in der Raumzeit. Diese Eigenschaften sind intrinsisch und kategorial. Naturgesetze und Kausalbeziehungen sind von der gesamten Verteilung dieser Eigenschaften abhängig, indem sie auf ihr supervenieren. Sie können also nicht erklären, wieso sich diese Verteilung in der Weise entwickelt hat, wie sie faktisch besteht.

Wenn die Eigenschaften rein kategorial sind, dann ist das, was die Eigenschaften sind, unabhängig von den Naturgesetzen und den Kausalbeziehungen, in denen sie stehen. Der Humeschen Metaphysik zufolge variieren die Kausalrelationen und die Naturgesetze insgesamt von einer möglichen Welt zur nächsten: Sie sind abhängig davon, was es sonst noch in einer Welt gibt, in der Eigenschaften der Art F vorkommen. Daraus ergibt sich der wesentliche Einwand gegen die Humesche Metaphysik rein kategorialer Eigenschaften: Sei F zum Beispiel die Eigenschaftsart, die wir in der realen Welt als Ladung charakterisieren, und G die Eigenschaftsart, die wir in der realen Welt als Masse charakterisieren. Dann gibt es gemäß der Humeschen Metaphysik eine mögliche Welt, in der die Eigenschaften der Art F in den Kausalbeziehungen und den Gesetzen stehen, in denen die Eigenschaften der Art G in der realen Welt stehen, und die G s stehen in jener Welt in den Kausalbeziehungen und den Gesetzen, in denen die F s in der realen Welt stehen. Anders ausgedrückt, die kausalen und die nomologischen Rollen von Ladung und Masse sind in diesen beiden Welten vertauscht: Die Ladung nimmt in jener anderen Welt die Rolle ein, die die Masse in der realen Welt hat, und die Masse nimmt in jener anderen Welt die Rolle ein, die die Ladung in der realen Welt hat. Was die betreffenden Eigenschaften sind, ist von diesem Rollentausch unabhängig. Daraus

folgt: Diese Eigenschaften besitzen eine 327 primitive Washeit (quidditas), unabhängig von den Naturgesetzen und den Kausalbeziehungen, in denen sie stehen.

Eine primitive Washeit ist eine problematische Annahme, weil es unmöglich ist zu sagen, worin diese Washeit besteht. Wenn wir die Eigenschaften beschreiben, die es in der Welt gibt, so können wir dies nur tun, indem wir die Beziehungen angeben, in denen diese Eigenschaften untereinander stehen, insbesondere die Kausalbeziehungen. Kurz, wir können Eigenschaften nur bis zu kausal-strukturaler Äquivalenz spezifizieren. Eine primitive Washeit ist nichts, zu dem wir einen erkenntnismäßigen Zugang haben können. Wenn sich das, was die Eigenschaften sind, nicht aus den Beziehungen ergibt, in denen sie stehen, dann können wir das, was die Eigenschaften sind, nicht erkennen. Aus der Theorie fundamentaler intrinsischer und rein kategorialer Eigenschaften folgt also, dass es prinzipiell unmöglich ist, diese Eigenschaften zu erkennen (siehe Lewis 2001).

Wenn behauptet wird, dass es etwas gibt, wir dieses aber prinzipiell nicht erkennen können, dann braucht man ein Argument dafür, wieso man annehmen sollte, dass es die betreffende Sache gibt. Das Problem für die Theorie intrinsischer und rein kategorialer Eigenschaften ist, dass kein solches Argument ersichtlich ist. Denn selbstverständlich kann man vertreten, dass das, was die Eigenschaften sind, sich in den Beziehungen manifestiert, in denen sie stehen, insbesondere den Kausalbeziehungen. Mit anderen Worten, die Festlegung auf unerkennbare, primitive Washeiten ist das wesentliche rein metaphysische Argument gegen die Theorie kategorialer, intrinsischer Eigenschaften und für eine Form einer kausal-strukturalen Theorie von Eigenschaften.

2. *Die kausal-funktionale Theorie von Eigenschaften*

Der Gegenspieler der Theorie kategorialer Eigenschaften ist die kausal-funktionale Theorie: Eigenschaften bestehen in den Wirkungen, die sie hervorbringen können, bzw. in den Wirkungen, welche die Objekte oder Ereignisse hervorbringen können, indem sie die betreffenden Eigenschaften haben. Alle Eigenschaften sind in dem Sinne funktionale Eigenschaften, dass sie darin bestehen, bestimmte Wirkungen zu haben. Alle Eigenschaften sind mithin dispositionale Eigenschaften: Sie sind die Kraft, bestimmte Wirkungen hervorzubringen (siehe Mumford 1998, Kapitel 9, zum Zusammenhang von funktionalen und dispositionalen Eigenschaften).

328 Man kann zwei Varianten der Metaphysik dispositionaler Eigenschaften in der gegenwärtigen Literatur unterscheiden:

- (1) Die eine Variante sieht jede Eigenschaft als dispositional und kategorial in einem an. Die Begriffe „dispositional“ und „kategorial“ bezeichnen nicht verschiedene Gruppen von Eigenschaften, sondern es handelt sich um zwei verschiedene Typen von Prädikaten, die sich auf dieselben Eigenschaften beziehen (siehe vor allem Martin 1997, Abschnitte 3 und 12; Mumford 1998, Kapitel 9; Heil 2003, Kapitel 11; Jansen 2004).
- (2) Die andere Variante setzt Eigenschaften mit Kräften gleich. Jede Eigenschaft ist eine bestimmte Kraft (siehe vor allem Shoemaker 1980 und Bird 2007).

Man kann sagen, dass es sich bei diesen beiden Varianten um verschiedene Akzentsetzungen innerhalb derselben Position handelt. Die erste Variante sieht den Unterschied zwischen „dispositional“ und „kategorial“ nicht als einen ontologischen an. Infolgedessen ist es nicht einmal möglich, von kategorialen und dispositionalen Aspekten von Eigenschaften zu sprechen. Die zweite Variante sieht Kräfte nicht als reine Potentialitäten an, sondern als reale

und aktuelle Eigenschaften (und damit in gewisser Weise als etwas Kategoriales, Qualitatives). Ferner kann jede Kraft insofern als etwas Qualitatives aufgefasst werden, als sie die Kraft ist, *bestimmte* Wirkungen hervorzubringen. Wir können diesen beiden Varianten gerecht werden, indem wir Folgendes sagen: *Indem Eigenschaften bestimmte Beschaffenheiten (Qualitäten) sind, sind sie Kräfte, weitere Eigenschaften – derselben Art oder von anderer Art – hervorzubringen.*

Wichtig ist, dass Kräfte keine zusätzlichen Eigenschaften sind. Die Anhänger einer Theorie rein kategorialer Eigenschaften und ihre Gegner stimmen darin überein, welche Eigenschaften es in der Welt gibt. Sie unterscheiden sich in der Metaphysik der Eigenschaften – darin, ob die Eigenschaften in der Welt einfach aufeinander folgen oder ob sie so sind, dass jede Eigenschaft weitere Eigenschaften hervorbringt (bzw. jedes Ereignis, aufgrund seiner Eigenschaften, weitere Ereignisse hervorbringt). Wenn die fundamentalen physikalischen Eigenschaften Kräfte sind, dann benötigen sie keine äußeren Manifestationsbedingungen, sondern bringen von selbst die Wirkungen hervor, die sie produzieren können. Als Modell dienen nicht makrophysikalische Dispositionen wie die Disposition von Opium, schläfrig zu machen. Wenn man ein Modell sucht, 329 eignet sich der Zerfall radioaktiver Atome, der ein spontaner Prozess ist, unabhängig von äußeren Manifestationsbedingungen.

Gemäß der kausal-funktionalen Theorie von Eigenschaften ergeben sich die Naturgesetze aus den Eigenschaften: Das, was Eigenschaften einer bestimmten Art bewirken können, bestimmt die Naturgesetze, die für die betreffende Eigenschaftsart gelten. Wenn es ein Naturgesetz ist, dass alle *F*s raumzeitlich benachbart mit *G*s auftreten, dann ist das deshalb so, weil die *F*s die Kraft sind, *G*s hervorzubringen. Statt kontingente Regularitäten zu sein, sind die Naturgesetze in folgendem Sinne metaphysisch notwendig: in jeder möglichen Welt, in der Eigenschaften der Art *F* vorkommen, gilt das Gesetz, dass die Eigenschaften der Art *F* Eigenschaften der Art *G* hervorbringen. Die Naturgesetze, in denen die Eigenschaften stehen, sind somit nicht von dem getrennt, was die Eigenschaften sind (vgl. Bartels 2000).

Das gleiche gilt für Kausalität. Wenn jede Eigenschaft, indem sie etwas Qualitatives ist, die Kraft ist, weitere Eigenschaften hervorzubringen, dann ist Kausalität nicht das bloße regelmäßige Auftreten raumzeitlich benachbarter Eigenschaften derselben Arten. Kausalität besteht vielmehr darin, dass jede Eigenschaft weitere Eigenschaften hervorbringt in dem Sinne, dass sie der Grund von deren Existenz ist. Kausalität ist mithin ein ursprünglicher Zug der Welt: Die Eigenschaften sind als solche selbst kausal. Damit sind Kausalverbindungen auch keine zusätzlichen Beziehungen in der Welt, die zu dem hinzukommen, was in einer Theorie kategorialer Eigenschaften anerkannt wird. Die Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften sieht vielmehr einige Beziehungen zwischen den Eigenschaften in der Welt so an, dass diese qualitativen, physikalischen Beziehungen Kausalverbindungen im Sinne dessen sind, dass einige Eigenschaften in der Welt andere Eigenschaften in der Welt hervorbringen.

Infolgedessen braucht die Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften nicht die gesamte Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften als unhintergehbaren Ausgangspunkt hinzunehmen. Ein Teil der Eigenschaften in dieser Verteilung hat den Grund seiner Existenz in anderen dieser Eigenschaften, indem er von diesen hervorgebracht wird. Im Fall einer deterministischen Welt mit eindeutigen Anfangszustand braucht man nur die Eigenschaften im Anfangszustand der Welt (z. B. dem Urknall) als unhintergehbaren Ausgangspunkt anzuerkennen, und die Kräfte, welche diese Eigenschaften sind, bringen die weitere Entwicklung der Welt hervor.

3. *Physik und Strukturenrealismus*

330 Man kann nicht eine Metaphysik der Eigenschaften entwickeln, ohne zu berücksichtigen, was die fundamentalen und universellen physikalischen Theorien über die Eigenschaften in der Welt aussagen. Diese Theorien, die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantentheorie, bestärken zunächst den Einwand gegen die Theorie kategorialer und intrinsischer Eigenschaften, den ich am Ende des vorletzten Abschnitts dargestellt habe. Sie geben dann aber der ganzen Debatte um die Metaphysik der Eigenschaften eine neue Stossrichtung, indem sie uns gemäß allen rationalen Kriterien der Interpretation wissenschaftlicher Theorien auf Strukturen statt auf intrinsische Eigenschaften festlegen.

Wie oben ausgeführt wurde, setzt David Lewis in seiner Metaphysik Humescher Supervenienz nicht nur die gesamte Verteilung der fundamentalen physikalischen Eigenschaften an den Punkten der Raumzeit als unhintergehbaren Ausgangspunkt voraus, sondern auch das Netz der metrischen Relationen zwischen den Raumzeitpunkten als dasjenige, was die Welt zusammenhält. Die metrischen Relationen sind nach Lewis die einzigen Relationen, die nicht auf intrinsische Eigenschaften zurückgeführt werden können. Wir sind damit auf Raumzeitpunkte als fundamentale Objekte und auf metrische Relationen als irreduzible Relationen zwischen diesen Objekten festgelegt.

Diese Sicht kann unter Bezugnahme auf die allgemeine Relativitätstheorie verstärkt werden. Man kann mit guten Gründen vertreten, dass diese Theorie auf Raumzeitpunkte als fundamentale Objekte festgelegt ist, welche die Träger der metrischen Relationen sind. Diese Theorie lässt beispielsweise zu, dass die Raumzeit mit dem metrischen Feld existiert, ohne dass Felder der nicht-gravitationellen Energie-Materie existieren. Die Raumzeitpunkte sind jedoch nichts darüber hinaus als dasjenige zu sein, was in den metrischen Relationen steht. Sie haben keine intrinsischen Eigenschaften, und sie haben auch keine eigenschaftslose, primitive Diesheit. Wenn man annähme, dass die Punkte der Raumzeit – unerkennbare – intrinsische Eigenschaften oder eine primitive Diesheit haben, die ihre Identität stiften, dann ergäbe sich eine Konsequenz, die innerhalb der allgemeinen Relativitätstheorie nicht akzeptabel ist.

Die allgemeine Relativitätstheorie ist eine deterministische Theorie: Gegeben die Einsteinschen Feldgleichungen, eine Aufteilung der vierdimensionalen Raumzeit in dreidimensionalen Raum und eindimensionale 331 Zeit mittels eines Koordinatensystems und die vollständige Beschreibung des Zustands der Welt zu einer Zeit sind alle weiteren Zustände der Welt festgelegt. Dieser Determinismus bräche zusammen, wenn die Punkte der Raumzeit – unerkennbare – intrinsische Eigenschaften oder eine primitive Diesheit hätten. Wie ein Argument, das auf Einstein zurückgeht – das sogenannte Loch-Argument –, zeigt, ergäbe sich dann folgende Situation: Gegeben eine beliebige Menge von Modellen der allgemeinen Relativitätstheorie, die identisch für ein bestimmtes, beliebig großes Gebiet der Raumzeit sind, sich aber in Bezug auf den Rest der Raumzeit (das Loch) unterscheiden, wäre dann nicht determiniert, welches dieser Modelle den Rest der Raumzeit beschreibt; denn es wäre dann nicht determiniert, welche Punkte die Träger der metrischen Feldeigenschaften in dem Rest der Raumzeit sind (siehe dazu Earman & Norton 1987, Hofer 1996 und Bartels 1996). Es ist nicht akzeptabel, dann, wenn eine physikalische Theorie einen Determinismus impliziert, diesen Determinismus aufgrund rein apriorischer, metaphysischer Annahmen – wie identitätsstiftender intrinsischer Eigenschaften oder einer primitiven Diesheit von

Objekten – fallenzulassen, ohne stichhaltige unabhängige Gründe für diese Annahmen zur Verfügung zu haben.

Die allgemeine Relativitätstheorie spricht daher für die Metaphysik des *Strukturenrealismus*. Mit Strukturen sind hier konkrete physikalische Relationen zwischen Objekten gemeint, die nichts weiter sind als dasjenige, was in den Relationen steht. Die Raumzeit ist in diesem Sinne ein Netz konkreter metrischer Relationen zwischen Punkten, die nichts darüber hinaus sind, als die Relata dieser Relationen zu sein (siehe dazu ausführlich Esfeld & Lam 2008).

Lewis' Humesche Metaphysik kann den Strukturenrealismus in Bezug auf die Raumzeit akzeptieren, da sie das Netz der metrischen Relationen als unhintergehbaren Ausgangspunkt anerkennt. Die allgemeine Relativitätstheorie lässt jedoch keine eindeutige Trennung zwischen Raumzeit und Materie zu. Man kann die Raumzeit nicht als eine Art passive Arena ansehen, in welche die Materie eingefügt ist, diese bestehend in intrinsischen Eigenschaften, die an Raumzeitpunkten auftreten. Denn das metrische Feld schließt die Gravitation ein, und die Gravitation ist eine physikalische Interaktion wie die anderen materiellen Interaktionen (zum Beispiel der Elektromagnetismus) auch.

Mehr noch, die fundamentale Theorie der Materie, die Quantentheorie, stimmt mit der Sicht intrinsischer Eigenschaften, die an Punkten der Raumzeit auftreten, nicht überein, sondern stützt vielmehr ebenfalls den 332 Strukturenrealismus. Die Quantenobjekte haben nicht je für sich intrinsische Eigenschaften, sondern sind durch Relationen der Zustandsverschränkung miteinander verbunden. Diese Relationen schließen es aus, jedem Quantenobjekt je für sich genommen einen Zustand zuzuordnen. Vielmehr ist nur jeweils ein Gesamtsystem bestehend aus mehreren Quantenobjekten, die durch Relationen der Zustandsverschränkung miteinander verbunden sind, in einem wohldefinierten Zustand. Bells Theorem zeigt, dass man nicht annehmen kann, dass den Relationen der Zustandsverschränkung intrinsische Eigenschaften zugrunde liegen, auf denen diese Relationen supervenieren und die die Identität der Quantenobjekte stiften. Diese Konsequenz könnte man nur durch methodologisch nicht akzeptable Ad-hoc-Annahmen umgehen, wie zum Beispiel Wechselwirkungen mit Überlichtgeschwindigkeit oder zeitlich rückwärts gerichtete Kausalität. Die Quantentheorie spricht daher ebenfalls für den Strukturenrealismus: Quantenobjekte sind nichts weiter als dasjenige, was in den Relationen der Zustandsverschränkung steht (siehe dazu detailliert mit Diskussion der Literatur Esfeld 2004).

Die beiden fundamentalen physikalischen Theorien des zwanzigsten Jahrhunderts führen somit zu der gleichen philosophischen Position des Strukturenrealismus: Die fundamentalen physikalischen Eigenschaften sind in erster Linie Strukturen im Sinne von Netzen konkreter physikalischer Relationen (metrische Relationen, Relationen der Zustandsverschränkung) zwischen Objekten, die nichts weiter sind als dasjenige, was in den Relationen steht. Da die Frage der Vereinigung von Quantentheorie und allgemeiner Relativitätstheorie eine offene Frage der physikalischen Forschung ist, bleibt auf dem gegenwärtigen Stand der Forschung jedoch offen, ob es sich bei den Raumzeitpunkten und den Quantenobjekten um zwei verschiedene Arten von Objekten handelt oder ob die einen auf die anderen zurückgeführt werden können.

Die Strukturen, um die es hier geht, sind etwas Partikuläres – konkrete physikalische Relationen – im Unterschied zu abstrakten mathematischen Strukturen (Universalien). Man könnte natürlich sagen, dass diese konkreten physikalischen Strukturen Instantiationen

abstrakter mathematischer Strukturen sind; aber da das behauptete Verhältnis der Instantiation zwischen Universalien und Partikulärem seit Platon alles andere als klar ist, ist diese Redeweise wenig erhellend. Andererseits ist es auch nicht passend, die physikalischen Strukturen als Tropen aufzufassen. Denn die Metaphysik von Eigenschaften als Tropen geht in der Regel mit der Sicht von Objekten als Bündel von Tropen zusammen. Es 333 ist jedoch nicht verständlich, wie Objekte Bündel von physikalischen Relationen sein könnten oder in einer anderen Weise als sekundär gegenüber Strukturen (Relationen) ausgewiesen werden könnten. Vielmehr gilt offenbar, dass es keine Relationen ohne Relata geben kann. Mit anderen Worten, Relationen und damit Strukturen erfordern Objekte als dasjenige, was in den Relationen steht (auch wenn es ein Irrtum ist zu meinen, dass diese Objekte unabhängig von den Relationen eine Identität besitzen müssen, die durch intrinsische Eigenschaften oder eine primitive Diesheit gestiftet wird). Mit der Anerkennung von Objekten als demjenigen, was in den Strukturen steht, gelangt man zu einer Position, die man als moderaten Strukturenrealismus bezeichnen kann: Strukturen und Objekte sind gleichursprünglich; das eine kann nicht auf das andere zurückgeführt werden (siehe dazu ausführlich Esfeld 2008, Kapitel 4.1; vgl. auch die Position, die Lyre 2004, S. 190-193, als intermediären Strukturenrealismus bezeichnet; siehe gegen die Anerkennung von Objekten French & Ladyman 2003 sowie – etwas abgeschwächt – Ladyman & Ross 2007, Kapitel 3).

Wenn die Bündel-Theorie von Objekten nicht in Frage kommt, weil die fundamentalen Eigenschaften Strukturen (Relationen) statt intrinsischer Eigenschaften sind und Relationen Objekte als deren Relata voraussetzen, dann liegt es nahe, die Strukturen als *Modi* aufzufassen. Eigenschaften qua Modi sind je konkrete, partikuläre Weisen, wie Objekte sind (siehe dazu Heil 2003, Kapitel 13). Objekte und ihre Existenzweisen sind unzertrennlich. Die Objekte sind nicht nackte Einzeldinge mit einer primitiven Diesheit, die dann mit Eigenschaften ausgestattet werden, sondern ihre Eigenschaften sind die Weisen, wie sie existieren. Der moderate Strukturenrealismus besagt, dass die Weisen, wie die fundamentalen physikalischen Objekte (Raumzeitpunkte, Quantenobjekte) existieren, in erster Linie Strukturen sind. Das heißt, die fundamentalen physikalischen Objekte sind so, dass sie eo ipso als durch Relationen miteinander verbunden existieren (metrische Relationen, Relationen der Zustandsverschränkungen).

4. *Kategoriale vs. kausal-funktionale Strukturen*

Aus den fundamentalen physikalischen Theorien ergibt sich mithin ein starkes Argument gegen die Metaphysik kategorialer, intrinsischer Eigenschaften, die durch eine unerkennbare, primitive Washeit gekennzeichnet 334 sind. Wenn solche unerkennbaren Eigenschaften existierten, welche die Identität der physikalischen Objekte stiften, dann ergäben sich empirische Konsequenzen für die betreffenden physikalischen Theorien, die innerhalb dieser Theorien nicht akzeptabel sind. Mit anderen Worten, aus den genannten physikalischen Theorien ergibt sich ein schlagkräftiges Argument dafür, dass die fundamentalen Objekte in der Welt nichts über das hinaus sind, was in den kausal-strukturalen Beschreibungen von deren Eigenschaften spezifiziert werden kann. Insofern bestätigt die Bezugnahme auf die Physik die Schlussfolgerung des ersten Abschnitts oben.

Diese Schlussfolgerung ist jedoch doppeldeutig, und diese Ambiguität wird durch die betrachteten Argumente aus der Physik erhellt. Die Argumente, die im vorigen Abschnitt angesprochen wurden, sprechen für Strukturen im Sinne konkreter physikalischer Relationen

statt intrinsischer Eigenschaften. In der Form, wie diese Argumente bisher dargestellt wurden, lassen sie jedoch offen, ob diese Strukturen rein kategorial sind oder ob sie als solche selbst kausal und damit dispositional sind. Diese Argumente beziehen für sich genommen nicht Stellung in der Debatte um kategoriale vs. kausal-funktionale Eigenschaften. Es besteht daher die Möglichkeit, einen *kategorialen Strukturenrealismus* zu vertreten. Mehr noch, der Anhänger der Metaphysik kategorialer Eigenschaften kann sich den durch physikalische Argumente gestützten Strukturenrealismus zunutze machen, um den rein philosophischen Einwand gegen diese Metaphysik, den ich am Ende des ersten Abschnitts ausgeführt habe, zu umgehen. Dieser Einwand entfällt, wenn die fundamentalen physikalischen Eigenschaften nicht als kategoriale, intrinsische Eigenschaften gedacht werden, die folglich unerkennbar sind, sondern als kategoriale Strukturen im Sinne konkreter physikalischer und kategorialer Relationen. Diese Relationen sind erkennbar: Sie sind so, wie sie von den physikalischen Theorien beschrieben werden.

Diese Position steht im Rahmen der Humeschen Metaphysik: Es gibt keine notwendigen Verbindungen in der Welt, weil die Eigenschaften als solche selbst nicht kausal und damit nicht dispositional sind. Kausalverbindungen, Naturgesetze, Wahrheitswerte dispositionaler Aussagen etc. supervenieren auf der gesamten Verteilung der fundamentalen physikalischen und kategorialen Strukturen. Wie der Anhänger kategorialer intrinsischer Eigenschaften die gesamte Verteilung der fundamentalen intrinsischen Eigenschaften in der Welt als unhintergehbaren Ausgangspunkt anerkennen muss, so akzeptiert der Anhänger kategorialer Strukturen die gesamte Verteilung der fundamentalen physikalischen Relationen in der Welt als unhintergehbaren Ausgangspunkt.

Dennoch sprechen eine Reihe von physikalischen Argumenten gegen den kategorialen Strukturenrealismus. Man kann insbesondere die folgenden vier Punkte anführen, von denen der erste der wichtigste und der letzte am wenigsten schwerwiegend ist:

(1) Die Strukturen, auf die sich der Strukturenrealismus bezieht, sind zwar erkennbar, indem sie durch eine fundamentale physikalische Theorie beschrieben werden; aber sie sind nicht unbedingt beobachtbar. Es handelt sich um theoretische Entitäten, deren Existenz wir annehmen, um die beobachteten Phänomene zu erklären. Beispielsweise kann man die Quantenrelationen der Zustandsverschränkung nicht beobachten. Aber die Tatsache, dass es diese Relationen gibt, ist der Grund für die beobachteten Korrelationen zwischen Messergebnissen in den entsprechenden Experimenten. Der Anhänger einer Metaphysik kategorialer Strukturen kann jedoch nicht vertreten, dass die unbeobachteten Strukturen der Grund der Existenz der beobachteten Phänomene sind, indem jene diese hervorbringen. Sein Problem ist infolgedessen, dass kein Argument dafür ersichtlich ist, wieso man Realist statt Instrumentalist in Bezug auf die unbeobachtbaren Strukturen sein soll. Der Humesche Ansatz rein kategorialer Eigenschaften ist ein Empirismus, der sich auf Regularitäten innerhalb der beobachteten Phänomene bezieht; unbeobachtbare, theoretische Entitäten, die den Phänomenen zugrunde liegen, kommen nicht in das Blickfeld dieses Ansatzes.

Wir können diese Überlegung in folgender Weise präzisieren: Wenn die fundamentalen physikalischen Strukturen kategorial wären, dann könnten verschiedene solche Strukturen mit den gleichen beobachtbaren Phänomenen korreliert werden – genauso wie in der orthodoxen Humeschen Metaphysik kategorialer und intrinsischer Eigenschaften verschiedene solche Eigenschaften mit den gleichen Kausalrelationen korreliert sein können, so dass wir diese Eigenschaften prinzipiell nicht erkennen können. Es gäbe dann zwei mögliche Welten, die

sich in den fundamentalen physikalischen Strukturen unterscheiden, in Bezug auf den gesamten Bereich der beobachtbaren Phänomene jedoch ununterscheidbar sind. Infolgedessen könnten wir prinzipiell nicht erkennen, welches die fundamentalen physikalischen Strukturen der realen Welt sind. Wenn diese Strukturen hingegen als solche kausal sind, dann ist jeder Unterschied zwischen ihnen ein kausaler Unterschied. Da diese Strukturen als fundamentale Kräfte von selbst die Wirkungen hervorbringen, die sie hervorbringen können, manifestiert sich ein solcher Unterschied irgendwo im Bereich der beobachtbaren Phänomene, so dass es in diesem Falle kein prinzipielles Hindernis der Erkenntnis dieser Strukturen gibt (vgl. auch French 2006, S. 178–182, zu kausalen Strukturen sowie Ladyman & Ross 2007, Kapitel 2 bis 5, welche die physikalischen Strukturen anti-Humesch als modale Strukturen konzipieren).

(2) Die Relationen der Zustandsverschränkung zwischen Quantenobjekten betreffen deren zeitabhängige Eigenschaften wie Ort, Impuls, Wert des Spin in jeder Raumrichtung etc. Quantenobjekte haben jedoch auch zeitunabhängige Eigenschaften wie Ladung und Ruhemasse. Diese Eigenschaften sind nicht in der Lage, eine Identität für einzelne Quantenobjekte zu stiften, weil alle Quantenobjekte der gleichen Art immer denselben Wert dieser Eigenschaften haben. Es ist möglich, auch von diesen Eigenschaften eine Beschreibung in strukturalen und rein kategorialen Begriffen zu geben, nämlich als Eigenschaften, die invariant unter bestimmten Symmetrie-Transformationen sind. Aus der Möglichkeit einer solchen Beschreibung folgt jedoch nicht, dass die betreffenden Eigenschaften selbst in bestimmten Symmetrie-Relationen bestehen. Es fehlt im Falle von Eigenschaften wie Ladung und Ruhemasse ein Argument wie im Falle der metrischen Relationen und der Relationen der Zustandsverschränkung, das zeigt, dass die Eigenschaften selbst nichts weiter sind als dasjenige, was durch die betreffenden strukturalen Beschreibungen erfasst wird. Eigenschaften wie Ladung und Ruhemasse sind prima facie dispositionale Eigenschaften. Man kann, wie zu Beginn des Artikels angesprochen, Dispositionen auf intrinsische und rein kategoriale Eigenschaften zurückführen, aber nur um den Preis unerkennbarer Washeiten. Es ist somit unklar, wie Eigenschaften wie Ladung und Ruhemasse in einem kategorialen Strukturenrealismus behandelt werden können.

(3) Die beobachteten Phänomene weisen nahezu alle eine Zeitrichtung auf, indem es sich um irreversible Prozesse handelt. Bereits jeder Messprozess einer fundamentalen physikalischen Größe ist ein irreversibler Prozess. In der Verteilung intrinsischer und kategorialer Eigenschaften bzw. kategorialer Strukturen in der gesamten Raumzeit ist jedoch keinerlei Zeitrichtung ausgezeichnet. Man kann versuchen, eine Zeitrichtung durch eine statistische Erklärung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik einzuführen (vgl. z. B. Loewer 2007), aber es ist auch unter Humeanern umstritten, ob man auf diese Weise zu einer Erklärung der Zeitrichtung gelangen kann (siehe z. B. Earman 2006).

(4) Die gängige Erklärungspraxis in den Naturwissenschaften besteht darin, das Auftreten bestimmter Eigenschaften durch Randbedingungen und Naturgesetze zu erklären. Gemäß der Humeschen Metaphysik supervenieren die Naturgesetze jedoch auf der gesamten Verteilung der fundamentalen Eigenschaften. Sie können also nicht zur Erklärung von etwas in dieser Verteilung eingesetzt werden. Dieses Problem, nicht mit der gängigen Erklärungspraxis unter Bezugnahme auf Gesetze übereinstimmen zu können, stellt sich auch dann, wenn man von kategorialen intrinsischen Eigenschaften zu kategorialen Strukturen

übergeht. Die Gesetze supervenieren dann auf der gesamten Verteilung der kategorialen Strukturen und können mithin nichts innerhalb dieser Verteilung erklären.

Diese Einwände motivieren das Projekt, die fundamentalen physikalischen Strukturen so zu verstehen, dass sie als solche selbst kausal sind. Mit anderen Worten, man kann die Metaphysik dispositionaler Eigenschaften, die oben in Abschnitt 2 als rein philosophische Position vorgestellt wurde, auf den Strukturenrealismus beziehen – und man muss dieses tun, wenn man diese Metaphysik so ausarbeiten möchte, dass sie im Einklang mit den heutigen physikalischen Theorien ist. Das Ergebnis ist eine Position, die man als *kausal-funktionalen Strukturenrealismus* bezeichnen kann: Die fundamentalen physikalischen Strukturen sind als solche selbst kausal. Indem sie bestimmte qualitative Strukturen sind, sind sie Kräfte, bestimmte weitere solche Strukturen oder bestimmte intrinsische Eigenschaften hervorzubringen.

Es ist nicht erforderlich, Kräfte automatisch als intrinsische Eigenschaften zu konzipieren. Auch physikalische Relationen (Strukturen) können so sein, dass sie bestimmte Kräfte sind. Man muss dann die Sicht von Kausalität als rein lokaler Beziehung zwischen einzelnen Ereignissen, die unter Vertretern der Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften immer noch verbreitet ist, fallen lassen. Die heutige Physik schließt eine solche Sicht der Kausalität jedoch in jedem Fall aus; sie ist unvereinbar mit der Konzeption der Gravitation in der allgemeinen Relativitätstheorie und der Konzeption von Zustandsverschränkungen in der Quantentheorie.

Die philosophische Position des kausal-funktionalen Strukturenrealismus kann auf die heutige Physik bezogen werden, und sie vermeidet die genannten Einwände gegen die Humesche, rein kategoriale Weise, den Strukturenrealismus auszubuchstabieren. Die Rede von Dispositionen ist in der Beschreibung der Relationen der Zustandsverschränkung zwischen Quantenobjekten weit verbreitet. Diese Relationen enthalten sowohl die Disposition, weitere Zustandsverschränkungen hervorzubringen 338 (Zeitentwicklung der Zustände von Quantenobjekten gemäß der Schrödinger-Dynamik), als auch die Disposition, zu Zustandsreduktionen zu führen, welche die Zustandsverschränkungen auflösen. Auf die Anerkennung von Prozessen der Zustandsreduktion ist man im Rahmen einer realistischen Interpretation der Quantentheorie dann festgelegt, wenn man die Existenz definiter numerischer Werte als Ergebnisse von Messprozessen akzeptiert. Die physikalisch am besten ausgearbeitete Dynamik von Zustandsreduktionen (die Dynamik von Ghirardi, Rimini und Weber) lässt eine solche Interpretation in Begriffen von fundamentalen Dispositionen zu Zustandsreduktionen zu (siehe dazu Dorato 2006, Frigg & Hoefer 2007 und Suárez 2007).

Die allgemeine Relativitätstheorie konzipiert die Raumzeit selbst als etwas Dynamisches. Die metrischen Relationen schließen die Gravitation ein, und die Gravitation ist eine physikalische Wechselwirkung. Diese Sicht der Raumzeit erlaubt es, einen unbefriedigenden Dualismus zwischen physikalischen Eigenschaften als kausal-funktionalen Eigenschaften einerseits und raumzeitlichen Eigenschaften als rein kategorialen Eigenschaften andererseits zu vermeiden. Man kann die gravitationelle Wechselwirkung so verstehen, dass das metrische Feld eine Art Kraft im Sinne der Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften ist: Es schließt die Kraft ein, Veränderungen in sich selbst und in der nicht-gravitationellen Energie-Materie hervorzubringen. Ebenso schließt die nicht-gravitationelle Energie-Materie die Kraft ein, Veränderungen im metrischen Feld (Krümmung der Raumzeit) hervorzubringen.

Der kausal-funktionale Strukturenrealismus vermeidet die oben genannten vier Probleme, denen der kategoriale Strukturenrealismus ausgesetzt ist: (1) Die fundamentalen physikalischen Strukturen bringen die beobachteten Phänomene hervor, indem sie deren Existenzgrund sind. So bringen zum Beispiel die Strukturen der Zustandsverschränkung durch die Prozesse der Zustandsreduktion die beobachteten korrelierten Messergebnisse in den betreffenden Experimenten hervor. (2) Diese Position erkennt Eigenschaften wie Ladung und Ruhemasse als fundamentale dispositionale Eigenschaften an, die an die kausal-funktionalen Strukturen gebunden sind. (3) Kausalität als einen grundlegenden Zug der Welt zu denken, der darin besteht, dass die Eigenschaften als solche selbst kausal sind, impliziert, dass Kausalprozesse zeitlich gerichtete Prozesse sind: Die Eigenschaft, die Wirkung ist, liegt in der Zukunft der Eigenschaft, die Ursache ist, weil Erstere die Letztere hervorbringt. Die Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften und Strukturen ist folglich in der Lage zu erklären, wieso es zeitlich gerichtete Prozesse – und mit diesen eine Zeitrichtung – in der Welt gibt. Diese gibt es deshalb, weil die Eigenschaften Kräfte sind. (4) Wie oben in Abschnitt 2 erwähnt wurde, ergeben sich die Naturgesetze aus der Natur der Eigenschaften in der Welt. Infolgedessen sind die Naturgesetze in der Lage zu erklären, wieso bestimmte Eigenschaften bzw. Strukturen in der Welt auftreten. Wenn es einen Anfangszustand der Welt gibt und wenn die Welt deterministisch ist, dann genügen die Gesetze, die sich aus den Eigenschaften bzw. Strukturen ergeben, die im Anfangszustand der Welt vorhanden sind, um die gesamte Entwicklung der Welt zu erklären (wenn die Welt probabilistisch ist, erhält man Erklärungen, die auf irreduzible Wahrscheinlichkeiten Bezug nehmen).

Tim Maudlin entwickelt in seinem 2007 erschienenen Buch *The metaphysics in physics* ebenfalls eine anti-Humesche Philosophie der Natur: Er plädiert dafür, einen Anfangszustand der Welt – den Urknall –, die Zeitrichtung und die Naturgesetze als Ausgangspunkt zu akzeptieren. Der Anfangszustand bringt zusammen mit den Naturgesetzen und unter Voraussetzung einer Zeitrichtung die weitere Entwicklung der Welt hervor und erklärt diese (siehe Maudlin 2007, Kapitel 6). Es ist jedoch nicht ersichtlich, wie Naturgesetze etwas hervorbringen könnten im Sinne von Kausalität als Produktion von etwas. Der kausal-funktionale Strukturenrealismus unterscheidet sich von der Position von Maudlin in folgender Weise: Wenn man akzeptiert, dass die Eigenschaften, die im Anfangszustand der Welt vorhanden sind, kausal-funktionale Strukturen sind, dann gewinnt man mit diesen Strukturen die Zeitrichtung, die Naturgesetze und etwas, das der Existenzgrund für die weitere Entwicklung der Welt ist, in einem (siehe dazu ausführlich Esfeld 2008, Kapitel 5). Deshalb führt der kausal-funktionale Strukturenrealismus zu einer Metaphysik der fundamentalen Beschaffenheit der Natur, die in hohem Maße kohärent ist: Er bietet eine umfassende Interpretation der fundamentalen physikalischen Theorien, die zugleich die Verbindung zu der Welt, wie wir sie erfahren, herstellt.

5. *Kausal-funktionale Strukturen und die Einzelwissenschaften*

Der Haupteinwand gegen den kategorialen Strukturenrealismus ist, dass dieser die Verbindung zu der Welt, wie wir sie erfahren, nicht herstellen kann. Daher gibt es keine Grundlage dafür, Realist statt Instrumentalist in Bezug auf die Strukturen zu sein, von denen die fundamentalen physikalischen Theorien handeln. Die Kluft zwischen den fundamentalen 340 Strukturen und den beobachteten Phänomenen besteht deshalb, weil kategoriale Strukturen keine Kausalität als Hervorbringen von etwas und damit auch keine Zeitrichtung

einschließen. Dieser Einwand einer Kluft wird noch verstärkt, wenn man die Einzelwissenschaften berücksichtigt. Darunter versteht man in erster Linie diejenigen Wissenschaften, welche von Strukturen handeln, die nicht durch ihre physikalische Zusammensetzung definiert sind, sondern durch ihre Funktion im Sinne des Hervorbringens bestimmter charakteristischer Wirkungen (und gegebenenfalls auch einer bestimmten kausalen Geschichte).

Die Biologie zum Beispiel ist ein paradigmatischer Fall einer Einzelwissenschaft. Sie handelt von kausal-funktionalen Strukturen. Ein Gen beispielsweise besteht darin, unter normalen Umweltbedingungen bestimmte phänotypische Wirkungen in dem betreffenden Organismus hervorzubringen. Gene sind mit Konfigurationen von Molekülen identisch, deren charakteristische Wirkung qua Konfigurationen die betreffenden phänotypischen Effekte sind. Deshalb kann man biologische Eigenschaften wie Gene etc. als kausal-funktionale Strukturen auffassen: Aufgrund bestimmter Relationen zwischen den betreffenden Molekülen sind einige Molekülkonfigurationen Gene, weil sie die phänotypischen Wirkungen hervorbringen, die bestimmte Arten von Genen definieren.

Die Humesche Metaphysik rein kategorialer Eigenschaften kann hingegen keine funktionalen Eigenschaften anerkennen. Sie kann die kausal-funktionalen Beschreibungen der Einzelwissenschaften als wahr akzeptieren und deren Wahrheit darauf zurückführen, dass die Verteilung der rein kategorialen Eigenschaften bzw. Strukturen aufgrund der Regularitäten, die innerhalb dieser Verteilung insgesamt bestehen, diese Aussagen wahr macht. Nichtsdestoweniger besteht damit eine Kluft zwischen dem, wovon die Einzelwissenschaften handeln, und dem, was es gemäß der Humeschen Metaphysik in der Welt gibt.

Der kausal-funktionale Strukturenrealismus erweist sich auch in diesem Zusammenhang als die kohärente Position. Da gemäß dieser Sicht die fundamentalen physikalischen Strukturen als solche selbst kausal sind, erkennt diese Position kausal-funktionale Eigenschaften an. Sie kann daher mit gutem Grund sowohl in Bezug auf die fundamentalen physikalischen Strukturen als auch in Bezug auf die Eigenschaften, von denen die Einzelwissenschaften handeln, eine realistische Haltung einnehmen. Mehr noch – und darin besteht die Kohärenz – diese Position schließt eine Theorie der Verbindung zwischen beiden ein: Die Quanten-Strukturen der Zustandsverschränkung beispielsweise umfassen die 341 Disposition zu Zustandsreduktionen und damit zur Produktion von Konfigurationen klassischer physikalischer Eigenschaften mit definiten numerischen Werten. Von diesen Konfigurationen aus entwickeln sich in der kosmischen Evolution die kausal-funktionalen Strukturen, von denen die Einzelwissenschaften handeln. Die Metaphysik kausal-funktionaler Eigenschaften bzw. Strukturen führt daher zu einer vollständigen und in sich kohärenten Philosophie der Natur.

Die vorgestellte Argumentation für die Metaphysik dispositionaler Eigenschaften lässt sich auf folgende Weise zusammenfassen:

- 1) Die Metaphysik rein kategorialer, intrinsischer Eigenschaften hat zur Konsequenz, dass wir die fundamentalen Eigenschaften in der Welt prinzipiell nicht erkennen können.
- 2) Die fundamentalen physikalischen Theorien des zwanzigsten Jahrhunderts legen uns gemäß allen rationalen Kriterien der Interpretation wissenschaftlicher Theorien auf Strukturen (Relationen) statt intrinsischer, kategorialer Eigenschaften fest.

- 3) Die Strukturen rein kategorial zu denken führt zu keiner stabilen Position in der Metaphysik der Eigenschaften. Insbesondere ergibt sich eine Kluft zwischen dem, was als fundamentaler Zug der Welt angesehen wird, und der Welt, wie wir sie erfahren.
- 4) Vor diesem Hintergrund erweist sich die Metaphysik kausal-funktionaler Strukturen als eine kohärente Position, die sowohl die fundamentalen physikalischen Eigenschaften als auch die Eigenschaften, von denen die Einzelwissenschaften handeln, berücksichtigt.

Zitierte Literatur

- Bartels, Andreas 1996: Modern essentialism and the problem of individuation of spacetime points, in: *Erkenntnis* 45, 25–43.
- Bartels, Andreas 2000: The idea which we call power. Naturgesetze und Dispositionen, in: *Philosophia Naturalis* 37, 255-268.
- Beebe, Helen 2006: Does anything hold the world together?, in: *Synthese* 149, 509-533.
- Bird, Alexander 2007: *Nature's metaphysics. Laws and properties*, Oxford: Oxford University Press.
- Dorato, Mauro 2006: Properties and dispositions: some metaphysical remarks on quantum ontology, in: A. Bassi, D. Dürr, T. Weber & N. Zanghi (Hgg.): *Quantum mechanics: Are there quantum jumps? On the present state of quantum mechanics*. American Institute of Physics Conference Proceedings 844. New York, 139–157.
- Earman, John 2006: The 'past hypothesis': not even false, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 37B, 399-430.
- Earman, John & Norton, John 1987: What price spacetime substantivalism? The hole story, in: *British Journal for the Philosophy of Science* 38, 515-525.
- Esfeld, Michael 2004: Quantum entanglement and a metaphysics of relations, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 35B, 601-617.
- Esfeld, Michael 2008: *Naturphilosophie als Metaphysik der Natur*, Frankfurt (Main): Suhrkamp 2008.
- Esfeld, Michael & Lam, Vincent 2008: Moderate structural realism about space-time, in: *Synthese* 108, 27-46.
- French, Steven 2006: Structure as a weapon of the realist, in: *Proceedings of the Aristotelian Society* 106, 167–185.
- French, Steven & Ladyman, James 2003: Remodelling structural realism: quantum physics and the metaphysics of structure, in: *Synthese* 136, 31-56.
- Frigg, Roman & Hoefer, Carl 2007: Probability in GRW theory, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 38B, 371-389.
- Heil, John 2003: *From an ontological point of view*, Oxford: Oxford University Press.
- Hoefer, Carl 1996: The metaphysics of space-time substantivalism, in: *Journal of Philosophy* 93, 5-27.
- Jansen, Ludger 2004: Dispositionen und ihre Realität, in: C. Halbig & C. Suhm (Hgg.), *Was ist wirklich? Neuere Beiträge zu Realismusdebatten in der Philosophie*, Frankfurt (Main): Ontos-Verlag, 117-137.
- Ladyman, James & Ross, Don mit Spurrett, David & Collier, John 2007: *Every thing must go. Metaphysics naturalised*, Oxford: Oxford University Press.
- Lewis, David 1973: Causation, in: *Journal of Philosophy* 70, 556-567.
- Lewis, David 1986: *Philosophical papers. Volume 2*, Oxford: Oxford University Press.
- Lewis, David 1994: Humean supervenience debugged, in: *Mind* 103, 473-490.
- Lewis, David 2001: Ramseyan humility, Manuskript, datiert 7. Juni 2001, erscheint in: D. Braddon-Mitchell & R. Nola (Hgg.), *The Canberra plan*, Oxford: Oxford University Press.
- Loewer, Barry 2007: Counterfactuals and the second law, in: H. Price & R. Corry (Hgg.) (2007), *Causation, physics, and the constitution of reality. Russell's republic revisited*, Oxford: Oxford University Press, 293-326.
- Lyre, Holger 2004 *Lokale Symmetrien und Wirklichkeit. Eine naturphilosophische Studie über Eichtheorien und Strukturenrealismus*, Paderborn: Mentis.
- Martin, C. B. 1997: On the need for properties: the road to Pythagoreanism and back, in: *Synthese* 112, 193-231.

Maudlin, Tim 2007: *The metaphysics in physics*, Oxford: Oxford University Press.

Mumford, Stephen 1998: *Dispositions*, Oxford: Oxford University Press.

Prior, Elisabeth W., Pargetter, Robert & Jackson, Frank 1982: Three theses about dispositions, in: *American Philosophical Quarterly* 19, 251-257.

Shoemaker, Sydney 1980: Causality and properties, in: P. van Inwagen (Hg.): *Time and cause*. Dordrecht: Reidel, 109-135.

Suárez, Mauricio 2007: Quantum propensities, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 38B, 418-438.