

Gibt es Gesetze der speziellen Wissenschaften?

Andreas Hüttemann

1. Einleitung

Die Autonomie der speziellen Wissenschaften, d.h. die Frage, ob die speziellen Wissenschaften eigene Gesetze besitzen, wird häufig mit der Position des Funktionalismus in Verbindung gebracht. So schreibt z. B. Jerry Fodor:

So, then, the conventional wisdom in the philosophy of mind is that psychological states are functional and the laws and theories that figure in psychological explanations are autonomous.¹

Fodor expliziert den Begriff der Autonomie durch den der Reduzierbarkeit.

I will say that a law or theory that figures in bona fide empirical explanations, but that is not reducible to a law or theory of physics, is ipso facto *autonomous*.²

Die multiple Realisierbarkeit funktionaler Makroeigenschaften wird dann als Hinweis auf die Irreduzibilität dieser Eigenschaften aufgefaßt.

Letztlich ist also die Frage der Explizierbarkeit – also ein epistemologischer Sachverhalt – entscheidend dafür, ob die Gesetze einer speziellen Wissenschaft autonom sind. Implizit unterstellt wird in dieser Argumentation, daß dann, wenn sich die Gesetze der speziellen Wissenschaften durch jene der Mikrophysik erklären ließen, sie nicht mehr autonom seien. Wenn der Begriff der Autonomie epistemologisch verstanden wird, ist diese Behauptung trivialerweise zutreffend. Lassen sich die speziellen Gesetze durch die Mikrogesetze erklären, dann sind sie in *diesem* Sinne von ihnen abhängig.

Ich werde die Autonomie der Gesetze als einen ontologischen Sachverhalt auffassen. Sie betrifft das, was durch die Gesetze beschrieben wird (wenn man Gesetze, wie ich es hier tue, als Beschreibungsinstrumente und nicht als Teil der beschriebenen Welt auffaßt). Im folgenden werde ich die Frage untersuchen, ob der Erfolg von Mikroerklärungen eine so verstandene Autonomie unterminiert.

Was die Erklärungsabhängigkeit betrifft, werde ich annehmen, daß die Gesetze der speziellen Wissenschaften, die ich im folgenden „Makrogesetze“ nennen werde, sich durch die Mikrogesetze erklären lassen, d. h., daß die Makroeigenschaft oder das Makroverhalten, das durch das Makrogesetz beschrieben wird, mikroerklärt werden kann. Ich werde weiterhin davon ausgehen, daß in den Makrogesetzen keine Begriffe vorkommen, die nicht

auch in den Mikrogesetzen auftreten. Trotz dieser starken Vorgaben, so werde ich zeigen, unterminiert der Erfolg der Mikroerklärungen die Autonomie der Gesetze der speziellen Wissenschaften nicht.

2. Mikroerklärungen

Ich werde mich darauf beschränken Mikroerklärungen in der Physik zu untersuchen, weil es allein in der Physik eine explizite Konzeption von Mikroerklärung gibt. Eine Mikroerklärung ist die Erklärung des Verhaltens zusammengesetzter Systeme auf der Basis des Verhaltens der Teile.

Was heißt in diesem Zusammenhang „Verhalten“? Das Verhalten eines Systems wird durch die Konstanten, den Zustand und das gesetzmäßige Verhalten, d. h. das Verhalten insofern es durch Gesetze beschrieben wird, bestimmt. Im Falle eines klassischen Teilchens ist die Masse des Teilchens eine Konstante, der Zustand wird durch Ort und Impuls charakterisiert und die zeitliche Entwicklung des Zustandes durch ein Gesetz. Eine Mikroerklärung kann alle drei betreffen. In dem Sinne, der hier relevant ist, betrifft sie gesetzmäßiges Verhalten. Es geht also um die Erklärung des Verhaltens von Systemen, insofern es unter Gesetze fällt, durch das Verhalten der Teile, insofern auch dieses unter Gesetze fällt.

Wie sieht eine Mikroerklärung in der klassischen Mechanik aus? Das vollständige Verhalten eines *einzelnen* Teilchens wird in der klassischen Mechanik durch seinen Weg im 6-dimensionalen Phasenraum beschrieben. Die Dimensionen dieses Phasenraumes werden durch die drei räumlichen Koordinaten und drei Koordinaten für den Impuls bzw. die Geschwindigkeit gebildet. Ein Punkt im Phasenraum repräsentiert den Zustand des Systems zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die zeitliche Entwicklung des Systems wird durch die Hamiltongleichungen bestimmt. Dabei ist die sogenannte Hamiltonfunktion entscheidend, die in diesem einfachen Fall die Form $H = \mathbf{p}^2/2m$ hat. Das Gesetz für das isolierte Teilchen lautet, daß es sich gemäß den Hamiltongleichungen mit der genannten Hamiltonfunktion verhält, was nichts anderes bedeutet, als daß es sich geradeaus mit konstanter Geschwindigkeit durch den Raum bewegt.

Wenn wir uns dann als nächstes einem nicht-wechselwirkenden Zweiteilchensystem zuwenden, dann beginnen wir mit zweien solcher Phasenräume. Sie liefern uns aber noch nicht die Beschreibung eines Zweiteilchensystems sondern lediglich die Beschreibung zweier separater Einteilchensysteme. Was wir weiterhin benötigen ist ein Zusammensetzungsgesetz. Ein solches Zusammensetzungsgesetz, teilt uns erstens mit, daß der Phasenraum für das Zweiteilchensystem das Cartesische Produkt der Phasenräume für die Einteilchensysteme ist, und zweitens, daß die Hamiltonfunktion für das Zweiteilchensystem die direkte Summe der Hamiltonfunktionen für die Einteilchensysteme ist.

Daraus ergibt sich für unser nicht-wechselwirkendes Zweiteilchensystem folgendes Gesetz:

Ein nicht-wechselwirkendes Zweiteilchensystem verhält sich gemäß den Hamiltongleichungen mit der Hamiltonfunktion $H = \mathbf{p}_1^2/2m_1 + \mathbf{p}_2^2/2m_2$.

Falls die Teilchen als wechselwirkende beschrieben werden sollen, ist die Hamiltonfunktion um einen Wechselwirkungsterm zu ergänzen (Gm_1m_2/r , dabei ist G die Gravitationskonstante und r der Abstand zwischen den Teilchen).

Ähnlich verhält es sich in der Quantenmechanik. Ein Zustand eines physikalischen Systems wird zu einem Zeitpunkt t durch einen Vektor im Hilbertraum repräsentiert. Die zeitliche Entwicklung dieses Zustandes, d. h. der gesetzmäßige „Anteil“ des Systemverhaltens, wird durch die Schrödingergleichung beschrieben. Dazu muß der Hamiltonoperator des Systems spezifiziert werden.

Das quantenmechanische Zusammensetzungsgesetz verlangt – falls wir es nicht mit sogenannten identischen Teilchen zu tun haben – erstens, daß wir das Tensorprodukt der Einteilchenhilberträume bilden, um das Zweiteilchensystem zu repräsentieren, und daß zweitens der Hamiltonoperator für das zusammengesetzte System die direkte Summe der Einteilchenhamiltonoperatoren ist (sowie Operatoren, die die Wechselwirkung beschreiben).

Die hier beschriebene Strategie der Mikroklärung besteht darin, in einem ersten Schritt das zusammengesetzte Makrosystem gewissermaßen in einem Gedankenexperiment in voneinander unabhängige Teilsysteme aufzuspalten. In einem zweiten Schritt wird das Verhalten dieser unabhängig gedachten Teilsysteme durch Gesetze beschrieben. Schließlich werden in einem dritten Schritt die Beiträge der Teilsysteme mittels eines Zusammensetzungsgesetzes zusammengerechnet und damit das Verhalten des Gesamtsystems beschrieben. (Sind Wechselwirkungen vorhanden, müssen diese im Hamiltonoperator zusätzlich berücksichtigt werden.) Das allgemeine Schema einer solchen Erklärung läßt sich wie folgt charakterisieren:

- (ME) Das Verhalten eines zusammengesetzten Systems ist *mikroerklärt*, wenn es sich – im Prinzip – auf den Grundlage von
- (i) allgemeinen Gesetzen über das Verhalten der isolierten Teilsysteme,
 - (ii) allgemeinen Gesetzen der Zusammensetzung und
 - (iii) allgemeinen Wechselwirkungsgesetzen
- erklären läßt.

Ein ähnliches Schema wurde bereits 1925 von C. D. Broad diskutiert. Wenn das Verhalten nicht mikroerklärt oder „mechanistisch“ erklärt werden kann, wie Broad selbst es nannte, dann handelt es sich bei dem fraglichen Verhalten in seiner Diktion um „emergentes“ Verhalten.³

Zwei Punkte dieses Schemas verdienen hervorgehoben zu werden. Erstens müssen alle Gesetze allgemein sein. Es dürfen in die Erklärungen kei-

ne spezifischen Gesetze eingehen, die nur auf die Systeme zutreffen, deren Verhalten man gerade erklären will. Andernfalls wäre das Verhalten als emergent zu charakterisieren. Zweitens, sind die Gesetze, die die Teilsysteme beschreiben, in *keinem* Fall ausreichend, um das zusammengesetzte System zu beschreiben. Es bedarf immer und grundsätzlich eines Gesetzes, das beschreibt, wie sich die Teile in Kombination verhalten.

Auf der Basis dieser Analyse werde ich nun untersuchen, ob mit erfolgreiche Mikroerklärungen die Autonomie der speziellen Gesetze, d. h. der Makrogesetze, verträglich ist.

3. Erklärung und Determination

Als erstes werde ich der Frage nachgehen, ob die Autonomie der Makroebene dadurch unterminiert wird, daß die Mikroebene diese determiniert. Das Argument lautet, daß die Erklärungsabhängigkeit der Makrogesetze von den Mikrogesetzen eine ontologische Abhängigkeit zum Ausdruck bringt. Eine solche Meinung vertritt Robert Klee:

Micro-explanation is powerful in virtue of the fact that when a level of organization within a system can be explained in terms of lower-levels of organization this must be because the lower-levels (i.e. the micro-properties) determine the higher levels (i.e. the macro-properties). This is why micro-explanation makes sense – the direction of explanation recapitulates the direction of determination.⁴

Klee fährt dann fort:

The intuition behind this is that when we have something explained to us we understand it, and a large part of understanding something is knowing how it is determined.⁵

Klee behauptet also, Erklärung setze Determination voraus. Diese Prämisse werde ich Klee zugestehen. In einer Erklärung müssen die explanans-Aussagen die explanandum-Aussage in irgendeinem Sinne unumgänglich machen, sie gewissermaßen erzwingen. In einer mathematischen Erklärung und einer Kausalerklärung geschieht dies auf unterschiedliche Weise. Gemeinsam ist aber beiden Erklärungen, daß es eine zugrundeliegende Determinationsrelation gibt, die das Festlegen oder Erzwingen ermöglicht. In dem einen Falle ist es die logische Notwendigkeit, im anderen die Kausalrelation. Als Determinationsrelation werde ich folgenden jede Beziehung werten, die die folgende Determinationsbedingung ermöglicht.

♣ explanans-Aussagen → explanandum-Aussage (D)

Diese Bedingung ist nicht sehr spezifisch. Sie läßt verschiedene modale Relationen wie z. B. nomologische Notwendigkeit oder logische Notwendigkeit zu. „♣“ steht für den jeweiligen Notwendigkeitsoperator, in Abhängigkeit von der jeweiligen Erklärung, mit der man es gerade zu tun hat.

Somit gebe ich Klee also zu, daß unsere Erklärungspraxis einen Schluß auf zugrundeliegende ontologische Strukturen zuläßt: Erklärung setzt Determination voraus. Allerdings – und darauf kommt es hier an – lassen sich zwei Arten von Determinationsrelationen unterscheiden: die hegemoniale Determination und die einfache oder schlichte Determination. Mein Argument lautet, daß Mikroerklärung nur dann, wenn sie *hegemoniale* Determination voraussetzte, die Autonomie der speziellen Wissenschaften unterminierte. Das tut sie aber nicht. Erstens setzt Erklärung im Allgemeinen lediglich die schlichte, nicht-hegemoniale Determinationsrelation voraus. Zweitens ist die fragliche Determinationsrelation im Falle der Mikroerklärung tatsächlich nicht-hegemonial. Dieses Argument werde ich nun ausführen.

Um hegemoniale von nicht-hegemonialen Determinationsrelationen zu unterscheiden, möchte ich den folgenden Fall betrachten. Dem idealen Gasgesetz zufolge verhalten sich ideale Gase gemäß der Gleichung $pV = \nu RT$. Nehmen wir nun einmal an, daß, aus welchen Gründen auch immer, wir den Temperaturwert des idealen Gases auf der Basis der Werte für Druck und Volumen erklären. Dabei verlassen wir uns auf eine Determinationsbeziehung. Das ist die Beziehung zwischen den Größen p , V und T , die das ideale Gasgesetz beschreibt. Die Werte für Druck und Volumen legen den Wert der Temperatur fest, wegen des Zusammenhangs, der durch das ideale Gasgesetz beschrieben wird.

♣ Druck, Volumen \rightarrow Temperatur

Wenn wir uns nun an Klees Behauptung erinnern, daß die Erklärungsrichtung die Determinationsrichtung rekapituliert, so wird deutlich, daß wir es hier mit einem Gegenbeispiel zu seiner Behauptung zu tun haben. Die *Erklärungsrichtung* verläuft zwar von Druck und Volumen zu Temperatur. Aber ist auch die zugrundeliegende Determinationsbeziehung in irgendeinem Sinne gerichtet? Nur dann, wenn es eine solche Richtung gäbe, dann könnten wir behaupten, daß es eine hegemoniale Festlegung der Temperatur durch Druck und Volumen gäbe. Das ist aber offensichtlich nicht der Fall. Die Gleichung $pV = \nu RT$ zeichnet keine der Beziehungen zwischen p , V und T in irgendeiner Weise aus. Wenn durch die Determinationsrelation eine Hegemonie etabliert würde, müßte irgend etwas durch diese Relation vor etwas anderem ausgezeichnet werden. Die Determinationsrelation müßte in irgendeinem Sinne gerichtet sein. Das ist aber nicht der Fall. Vielmehr legen zwei dieser Werte immer den jeweils dritten fest.

Unsere *Erklärung* ist zwar gerichtet, insofern der Temperaturwert durch die anderen Werte erklärt wird und nicht umgekehrt. Das setzt eine Deter-

mination des Temperaturwertes durch die anderen Werte voraus aber man darf nicht schließen, daß die anderen Werte sich nicht auch wechselseitig determinieren. Es gilt also folgendes: Aus dem Vorliegen einer Erklärungsrichtung darf nicht darauf geschlossen werden, daß die zugrundeliegende Determinationsrelation eine bestimmte Richtung auszeichnet. Nur dann, wenn die Determinationsrelation gerichtet wäre, könnte man von einer Hegemonie der determinierenden Faktoren über die determinierten sprechen.

Das Kriterium für eine hegemoniale Determination, auf das ich mich in der vorangegangenen Argumentation gestützt habe, ist die folgende:

- (H) Um die Hegemonie von B, C, D, etc. über A – aufgrund einer Relation R – behaupten zu können, muß gelten, daß R *hinsichtlich der Determination* nicht invariant unter Permutationen ist.

Die Beziehung, die aufgrund des idealen Gasgesetzes zwischen p, V und T gilt ist invariant hinsichtlich der Determination unter Permutationen: Jeweils zwei der drei legen den dritten fest.

Das Beispiel der obigen Erklärung hat nicht nur dazu gedient, den Unterschied zwischen hegemonialen und nicht-hegemonialen Determinationsbeziehungen einzuführen, sondern zugleich dazu, zu zeigen, daß Erklärungen zwar Determinationsrelationen voraussetzen (das hatte ich ja schon zugegeben), diese Relationen aber durchaus schlicht, d. h. nicht-hegemonial, sein dürfen.

Unserer Argumentation zufolge ist also der Schluß von der Gerichtetheit der Erklärung auf die Gerichtetheit der zugrundeliegenden Determinationsrelation unzulässig. Dennoch könnte die Schlußfolgerung, die Klee gezogen hat, im speziellen Fall der Mikroerklärungen wahr sein. Um das zu untersuchen, müssen wir die ontologischen Voraussetzungen erfolgreicher *Mikroerklärungen* genauer betrachten.

Unserer Analyse von Mikroerklärungen zufolge legt das Verhalten der Teilsysteme dasjenige des Gesamtsystems vermittelt durch ein Zusammensetzungsgesetz fest. Die durch die Zusammensetzungsgesetze beschriebene Beziehung zwischen Teilen und Ganzem ist diejenige Determinationsrelation, die Mikroerklärungen ermöglicht.

Im Falle der klassischen bzw. der Quantenmechanik handelt es sich bei den Zusammensetzungsgesetzen im wesentlichen um Vorschriften für die Hamiltonfunktion bzw. den Hamiltonoperator des zusammengesetzten Systems. Im Falle fehlender Wechselwirkung gilt:

$$H_1 + H_2 + \dots + H_n = H_{\text{zus}}$$

Die Frage ist nun, ob derartige Zusammensetzungsgesetze die Grundlage für die Behauptung bilden können, alles werde durch Mikrogesetze *hegemonial*

determiniert. Dazu müssen wir die Frage beantworten, ob die minimale Hegemoniebedingung (H) in diesem Falle erfüllt ist.

Betrachten wir den Fall eines aus drei Teilsystemen zusammengesetzten Gesamtsystems. Dann gilt $H_1 + H_2 + H_3 = H_{\text{zus}}$. Das Zusammensetzungsgesetz gibt uns diese Beziehung zwischen den Hamiltonfunktionen/operators an. Dank dieser Beziehung legt das Verhalten der Teilsysteme (H_1 , H_2 und H_3) das Verhalten des Gesamtsystems (H_{zus}) fest. Es gilt also:

$$\clubsuit H_1, H_2, H_3 \rightarrow H_{\text{zus}}.^6$$

Die Determinationsbeziehung gilt, weil wir es mit einer Gleichung zu tun haben, und sobald die drei Terme auf der linken Seite spezifiziert sind, ist der Term auf der rechten Seite festgelegt. Es ist aber ganz klar, daß dies für jeden der vorkommenden Hamiltonoperatoren gilt. Wenn H_{zus} , H_1 und H_2 gegeben sind, dann ist H_3 determiniert, gemäß der Gleichung $H_3 = H_{\text{zus}} - H_1 - H_2$, und so weiter. In einem solchen Fall gilt:

$$\clubsuit H_1, H_2, H_{\text{zus}} \rightarrow H_3.$$

Jeder der vier Hamiltonoperatoren/funktionen ist determiniert sobald die anderen drei gegeben sind. Somit ist die Hegemoniebedingung (H) verletzt. Die Beziehung des Verhaltens der Teilsysteme und des Verhaltens des Gesamtsystems ist *nicht-hegemonial*. Alle vier stehen zueinander in der gleichen Art von Determinationsbeziehung. Die Zusammensetzungsgesetze, auf die der Erfolg der Mikroerklärungen beruht, sind nicht von der Art, daß sie entweder die Mikroebene oder die Makroebene in irgendeiner Hinsicht bevorzugen. Mikroerklärung setzt eine Determination oder Festlegung voraus. Hier ist Klee beizupflichten, aber diese Determination ist wechselseitig. Wenn die diskutierte Determinationsrelation die Autonomie der Makrogesetze, als oder Gesetze der speziellen Wissenschaften, unterminiert, dann untergräbt sie in gleicher Weise die Autonomie der Mikrogesetze. Die Determinationsrelation führt also dazu, daß wir es – streng genommen – weder in der Physik noch in den speziellen Wissenschaften mit autonomen Gesetzen zu tun haben. Im folgenden werde ich der Frage nachgehen, ob die Autonomie der Makrogesetze in einem noch stärkeren Maße (und damit in einem stärkeren Maße als die der Mikrogesetze) durch den Erfolg der Mikroerklärungen untergraben wird.

4. Naturgesetz, Disposition und Instantiierung

Als nächstes werde ich der Behauptung nachgehen, der Erfolg der Mikroerklärung zeige, daß es eigentlich nur Mikrogesetze „gebe“. Um diese Behauptung zu untersuchen, ist es notwendig, den Begriff des Naturgesetzes ein wenig zu erläutern. Zunächst einmal gehe ich davon aus, daß Naturge-

setze Aussagen über das Verhalten von Gegenständen oder Systemen sind. Wasserstoffatome verhalten sich gemäß der Schrödingergleichung mit einem Hamiltonoperator, der das Coulombpotential berücksichtigt. Ein Stein im Vakuum fällt gemäß der Formel $s = \frac{1}{2} gt^2$. Es sind jedenfalls Gesetze dieser Art, die in Mikroerklärungen verwendet werden. Die Makrogesetze beschreiben das Verhalten der zusammengesetzten Systeme, die Mikrogesetze beziehen sich auf das Verhalten der Teilsysteme. Es geht hier immer um Gesetze, die spezifisch sind: nicht um das zweite Newtonsche Gesetz oder die Schrödingergleichung schlechthin, sondern um das zweite Newtonsche Gesetz mit einer bestimmten Kraftfunktion oder die Schrödingergleichung mit einem spezifizierten Hamiltonoperator. Der Grund dafür ist, daß die spezifischen nicht aber die abstrakten Gesetze im explanans und im explanandum von Mikroerklärungen verwendet werden.

In unserer Erklärungspraxis machen wir auf zweierlei Art von solchen Gesetzen Gebrauch. Manchmal geht es darum, das tatsächliche Verhalten eines bestimmten Systems genau zu beschreiben. Ein reales Gas verhält sich gemäß der van der Waals-Gleichung: $(p+a/V^2)(V-b) = \nu RT$. Der Widerstand eines Halbleiters in Abhängigkeit von der Temperatur hat diesen oder jenen Verlauf. Wir sind in solchen Fällen an *gelungenen Beschreibungen* des tatsächlichen Verhaltens von Systemen interessiert.

Das ist nicht immer der Fall. Betrachten wir z. B. das erste Newtonsche Gesetz:

Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, sofern er nicht durch eingedrückte Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird.⁷

Es gibt vermutlich kein einziges System (abgesehen von dem Universum als Ganzem), auf das nicht irgendwelche äußeren Kräfte einwirken. Wenn man glaubte, der einzige Zweck von Naturgesetzen bestünde darin, gelungene Beschreibungen tatsächlichen Systemverhaltens zu geben, dann wäre das erste Newtonsche Gesetz für die Erklärung des Verhaltens innerweltlicher Systeme belanglos. Diese Einschätzung wäre aber völlig verfehlt. Vielmehr ist es so, daß dieses Gesetz eine kontrafaktische Situation beschreibt, die auch für das tatsächliche Verhalten von Systemen bedeutsam ist. In der Physik stützt man sich auf die Kenntnis des Umstandes, daß sich Systeme dann, wenn sie isoliert sind, wie beschrieben verhalten. Daraus wird geschlossen, daß das Systemverhalten desto mehr dem im Gesetz beschriebenen ähnelt, je schwächer die Kräfte sind, die auf einen Gegenstand wirken. Daß wir mit dieser Art von Unterstellung erfolgreich sind, läßt sich am besten dadurch erklären, daß Systeme Dispositionen besitzen, sich unter bestimmten Bedingungen (typischerweise: Isolationsbedingungen) auf die im Gesetz beschriebene Art und Weise zu verhalten, und daß diese Dispositionen kontinuierlich manifestierbar sind, d. h., daß, je mehr die Isolationsbe-

dingungen erfüllt sind, desto mehr das im Gesetz beschriebene Verhalten realisiert wird.⁸ Die Zuschreibung solch dispositionellen Verhaltens ist keineswegs auf das erste Newtonsche Gesetz beschränkt ist. Es ist vielmehr *typisch* für Naturgesetze, daß in ihnen Systemverhalten unter Bedingungen beschrieben wird, die oft nicht gegeben sind. So gilt Galileis Fallgesetz nur im Vakuum, Gesetze die die Leitfähigkeit oder spezifische Wärme von Festkörpern beschreiben, nur dann, wenn keine Störfaktoren vorhanden sind. Diese Bedingungen sind selten erfüllt. Die Gesetze sind aber dennoch in unseren Erklärungen von Nutzen, weil sie die Dispositionen der Systeme beschreiben, die auch für die Erklärung des Verhaltens von Systemen bei Anwesenheit von Störfaktoren relevant sind.

5. Welche Gesetze gibt's?

Der Umstand, daß auf diese zwei Arten von Gesetzen in unserer Erklärungspraxis Gebrauch gemacht wird, hat – grob gesprochen – zu zwei Interpretationen geführt, was es heißen könnte, daß es Gesetze „gibt“ oder daß sie für Systeme „gelten“. Regularitätstheorien, aber auch die Auffassungen von Lewis⁹ oder Armstrong¹⁰, stützen sich dabei auf gelungene Beschreibungen oder die Instantiation des fraglichen Gesetzes. Wenn man dagegen den Begriff der Disposition für zentral hält, dann ist das „Gelten“ eines Gesetzes oder die Rede davon, daß es ein Gesetz gibt oder aber nicht gibt, an das Vorhandensein einer entsprechenden Disposition geknüpft. Folglich gibt es zwei Lesarten der Behauptung, es „gebe“ eigentlich keine Makrogesetze oder Gesetze der speziellen Wissenschaften:

- 1) Allein den Mikrosystemen, d. h. den Teilsystemen, aus denen Makrosysteme zusammengesetzt sind, werden durch die in den Mikroerklärungen verwendeten Naturgesetze Dispositionen zugeschrieben, nicht aber den Makrosystemen.
- 2) Allein die Mikrosysteme, d. h. die Teilsysteme, aus denen Makrosysteme zusammengesetzt sind, *instantiieren* die in den Mikroerklärungen verwendeten Naturgesetze, nicht aber die Makrosysteme.

Unsere Analyse von Mikroerklärungen zeigt, daß beide Behauptungen falsch sind. Um das deutlich zu machen ist es nützlich ein Beispiel heranzuziehen. Kohlenstoffmonoxidmoleküle haben ein ganz bestimmtes Absorptionsverhalten, d. h. sie absorbieren Licht bestimmter Wellenlänge, das für sie charakteristisch ist. Das Verhalten der Kohlenstoffmonoxidmoleküle läßt sich durch das folgende Makrogesetz beschreiben:

- 1) Das Verhalten aller Kohlenstoffmonoxidmoleküle wird durch die Schrödingergleichung mit dem Hamiltonoperator $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{\text{KoMo}}$

Dieses Gesetz beschreibt das naturgesetzliche Verhalten der entsprechenden Moleküle. Dazu zählt auch das Absorptionsverhalten. Das Verhalten, das durch dieses Gesetz beschrieben wird, ist das, was durch eine Mikroerklärung erklärt werden soll. Dazu werden die Kohlenstoffmonoxidmoleküle – gedanklich – in Teilsysteme aufgeteilt – in einen Rotator und einen Oszillator. Für diese Teilsysteme gilt:

- 2) Alle Rotatoren werden durch die Schrödingergleichung mit dem folgenden Hamiltonoperator beschrieben: $\mathbf{H}_{\text{rot}} = \mathbf{L}^2/2\mathbf{I}$, mit \mathbf{L} als Drehmomentoperator und \mathbf{I} als Trägheitstensor.
- 3) Oszillatoren werden durch die Schrödingergleichung mit dem folgenden Hamiltonoperator beschrieben: $\mathbf{H}_{\text{osc}} = \mathbf{P}^2/2\mu + \mu\omega^2\mathbf{Q}^2/2$, mit \mathbf{P} als Impulsoperator, \mathbf{Q} als Ortsoperator, ω als Frequenz des oszillierenden Gegenstandes und μ als reduzierter Masse.

D. h., wenn diese System isoliert wären, dann verhielten sie sich diesen Gesetzen entsprechend. Auf der Basis dieser Mikrogesetze sowie des in Abschnitt 3 erwähnten Zusammensetzungsgesetzes für die Quantenmechanik ergibt sich, daß das Verhalten der Kohlenstoffmonoxidmoleküle folgendermaßen charakterisiert werden kann:

- 4) Das Verhalten aller Kohlenstoffmonoxidmoleküle läßt sich als das Verhalten rotierender Oszillatoren beschreiben, d. h. es wird durch die Schrödingergleichung mit dem Hamiltonoperator $\mathbf{H}_{\text{KoMo}} = \mathbf{H}_{\text{rot}} \otimes \mathbf{I} + \mathbf{I} \otimes \mathbf{H}_{\text{osc}}$, beschrieben, wobei \mathbf{I} der Identitätsoperator ist.

Entscheidend für unsere Fragestellung ist nun, daß in der Mikroerklärung sowohl Gesetze für das Gesamtsystem, d. h. Makrogesetze, (im explanandum) als auch Gesetze für die Teilsysteme, d. h. Mikrogesetze, (im explanans) auftreten. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß sowohl den Teilsystemen als auch dem Gesamtsystem Dispositionen zugeschrieben werden, nämlich die Dispositionen, sich so zu verhalten, wie in den Gesetzen beschrieben, falls keine Störfaktoren vorhanden sind. Auf keines dieser Gesetze und somit auf keine der Dispositionen kann in der Mikroerklärung verzichtet werden

Könnte es nicht aber sein, daß die Mikrodispositionen eine ontologische Priorität gegenüber den Makrodispositionen besitzen? Auf der Basis erfolgreicher Mikroerklärungen läßt sich zur Stützung dieser Behauptung allenfalls auf die Determinationsrelation zurückgreifen. Diese priorisiert aber weder die Mikro- noch die Makroebene, wie wir in Abschnitt 3 gesehen haben.

Der zweite Versuch, die die Behauptung auszubuchstabieren, es gebe allein Mikrogesetze, und damit die Autonomie der Gesetze der speziellen Wissenschaften zu untergraben, besteht darin, zuzugeben, daß Makrosystemen in gleicher Weise wie Mikrosystemen Dispositionen zugeschrieben

werden, dann aber zu behaupten, daß die Mikrosysteme anders als die Makrosysteme, diese Gesetz auch instantiierten.

Aber auch dafür liefern erfolgreiche Mikroerklärungen kein Argument. Es ist ja vielmehr so, daß das, was es in einer Mikroerklärung zu erklären gilt, das *tatsächliche Verhalten* eines Makrosystems ist. Wenn das Makrogesetz, das in einer Mikroerklärung verwendet wird, keine gelungene Beschreibung tatsächlichen Verhaltens wäre, dann gäbe es für eine Mikroerklärung nichts zu erklären. Es ist also sicherlich nicht der Fall, daß erfolgreiche Mikroerklärungen den Schluß zulassen, allein die in ihnen auftretenden Mikrogesetze seien instantiiert, Makrogesetze hingegen nicht.

Folgender Einwand kann erhoben werden. Es mag ja sein, daß sowohl die Makrogesetze als auch die Mikrogesetze instantiiert sind. Das liegt aber bloß daran, daß die Makrogesetze *identisch* sind mit der Gesamtheit der Gesetze für die Teilsysteme. Es gibt eigentlich nur die Mikrosysteme, sowie ihr Verhalten, das durch Mikrogesetze beschrieben wird – sonst nichts.

Diese Identitätsthese ist falsch. Wenn wir zu dem Beispiel des Kohlenstoffmonoxidmoleküls zurückkehren, so gilt, daß das Gesetz 1) bzw. 4), die das Molekül als Ganzes betreffen, mehr als die Gesetze 2) und 3) für die Teilsysteme aussagen. Die Gesetze 1) bzw. 4) machen nämlich eine Aussage darüber, wie die Beiträge der beiden Teilsysteme *aufaddiert* werden. Das Gesetz für das zusammengesetzte System berücksichtigt das Zusammensetzungsgesetz. Zusammensetzungsgesetze sind nicht-trivial. Sie sehen in der klassischen Mechanik anders aus als in der Quantenmechanik. Hinzu kommt, daß es in der Quantenmechanik für bestimmte Systeme (für sogenannte identische Teilchen) eigene Zusammensetzungsgesetze gibt. Zusammensetzungsgesetze haben empirische Konsequenzen.¹¹ Das beobachtbare Energiespektrum des Kohlenmonoxids kann nur auf der Basis des quantenmechanischen Zusammensetzungsgesetzes, das oben erwähnt wurde, verstanden werden. Es ist also falsch, zu behaupten, daß das Verhalten, das durch das Makrogesetz beschrieben wird, nichts anderes als das Verhalten der Teilsysteme ist, die durch die Mikrogesetze beschrieben werden. Damit scheitert auch dieser Versuch, auf der Basis von Mikroerklärungen die Autonomie der Makrogesetze zu untergraben.

Zentral für die Fehleinschätzung letztlich „gebe“ es nur das Verhalten der Mikrosysteme, darüber hinaus aber nichts, ist die Annahme, die mereologische Beschreibung zusammengesetzter Systeme sei eine angemessene Beschreibung zusammengesetzter *physikalischer* Systeme. Die mereologische Beschreibung zusammengesetzter Systeme wird durch den Begriff der *Fusion* bezeichnet. David Lewis erwähnt das folgende Beispiel:

To be sure, if we accept mereology, we are committed to the existence of all manner of mereological fusions. But given a prior commitments to cats, say, a commitment to cat-fusions is not a *further* commitment. The fusion is nothing over and above the cats that compose it.¹²

Ein zusammengesetztes physikalisches System läßt sich so nicht charakterisieren. Es ist keine Fusion. Es ist mehr als die die bloßen Teile. Es ist die Summe seiner Teile. Aus genau diesem Grund benötigen wir Zusammensetzungsregeln, um solche Systeme zu beschreiben. Nur dann, wenn auf sie verzichtet werden könnte, wäre die Mereologie eine angemessene Theorie physikalischer Teil-Ganzes-Beziehungen.

6. Zusammenfassung

Das Ergebnis der vorangegangenen Untersuchung ist, daß selbst dann, wenn wir darauf verzichten, zu behaupten, in den speziellen Wissenschaften gebe es genuin funktionale, multipel realisierte Zustände, und somit den Unterschied der Systeme, mit denen die speziellen Wissenschaften zu tun haben, allein durch die Teil-Ganzes-Beziehung explizieren, dennoch kein Grund zu der Annahme besteht, aus dem Erfolg der Mikroerklärungen folge, daß die Autonomie der Gesetze der speziellen Wissenschaften unterminiert werde – es sei denn man akzeptiert, daß auch die Mikrogesetze nicht autonom sind (Abschnitt 3).

Auch die speziellen Gesetze der Vielteilchenphysik – wie das folgende – :

- (F) Ferromagneten verhalten sich gemäß der Schrödingergleichung mit dem Hamiltonoperator der Form: $H = M \sum_i S_i + J \sum_{ij} S_i S_j$. (Das sogenannte nächste-Nachbarn-Isingmodell)

sind autonom. (F) läßt sich vollständig mikrophysikalisch *erklären*, wie man bereits der Form des Hamiltonoperators entnehmen kann. Daraus folgt aber nicht, wie ich gezeigt habe, daß das gesetzmäßige Verhalten, das durch diese Gesetz beschrieben wird, nichts anderes ist als das Verhalten der Teilsysteme, aus denen es sich zusammensetzt. Das aber ist der entscheidende Sachverhalt für eine ontologisch aufgefaßte Autonomie der Gesetze der speziellen Wissenschaften.¹³

Anmerkungen

¹ Fodor (1997), 149.

² Fodor (1997), 149.

³ Zu Broads Konzeption von mechanistischer Erklärung und Emergenz siehe Broad (1925), Kap. 2.

⁴ Klee (1984), 59/60.

⁵ Klee (1984), 60.

⁶ Genauer gesagt gilt das folgende: Teilsystem 1 verhält sich gemäß der Schrödingergleichung mit dem Hamiltonoperator H_1 , und entsprechend für die anderen Teilsysteme. Das zusammengesetzte System verhält sich gemäß der Schrödingergleichung mit dem Hamiltonoperator $H_{\text{zus}} = H_1 +$

$H_2 + H_3$. Das gesetzmäßige Verhalten des zusammengesetzten Systems, wird durch das Verhalten, das durch die Gesetze für die Teilsysteme beschrieben wird, mittels der Determinationsbeziehung, die durch das Zusammensetzungsgesetz beschrieben wird, determiniert.

⁷ Newton (1988), 52.

⁸ Dazu siehe: Hüttemann (1998).

⁹ Lewis (1973).

¹⁰ Armstrong (1983).

¹¹ Dazu siehe: Kennedy (1995).

¹² Lewis (1991), 81.

¹³ Für die These der Autonomie der speziellen Wissenschaften argumentiere ich ausführlicher in Hüttemann (in Vorbereitung).

Literatur

Armstrong, D. M.: *What is a Law of Nature*, Cambridge 1983.

Broad, C. D.: *Mind and its Place in Nature*, London 1925.

Fodor, J.: Special Sciences: Still Autonomous After All These Years, in: *Philosophical Perspectives* 11, 1997: Tomberlin, J. E. (Hrsg.): *Mind, Causation, and World*, S. 149-163.

Hüttemann, A.: Laws and Dispositions, in: *Philosophy of Science* 65, 1998, S. 121-135.

Hüttemann, A.: *Micro-explanation and the Multi-layered Conception of Reality*, in Vorbereitung.

Kennedy, J. B.: On the Empirical Foundations of the Quantum No-signalling Proofs, in: *Philosophy of Science* 62, 1995, S. 543-560.

Klee, R.: Micro-Determinism and Concepts of Emergence, in: *Philosophy of Science* 51, 1984, S. 44-63.

Lewis, D.: *Counterfactuals*, Oxford 1973.

Lewis, D.: *Parts of Classes*, Oxford 1991.

Newton, I.: *Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie*, übersetzt von E. Dellian, Hamburg 1988.