

**Andreas Hüttemann**

# Kausalität, Determinismus und Physik

Schlicks frühe Überlegungen zum Kausalbegriff  
im Lichte der zeitgenössischen Diskussion

Moritz Schlick hat sich an verschiedenen Stellen mit der Frage der Kausalität beschäftigt, u.a. in seiner *Allgemeinen Erkenntnislehre* – insbesondere aber in zwei Aufsätzen, die 1920 und 1931 in der Zeitschrift *Die Naturwissenschaften* erschienen.<sup>1</sup> Ich werde mich hier mit dem Aufsatz »Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip« von 1920 beschäftigen. Zunächst werde ich im ersten Abschnitt den historischen Kontext und damit die Probleme, auf die Schlick reagiert hat, darstellen. Im zweiten und dritten Abschnitt werde ich Schlicks Lösungsvorschläge für diese Probleme rekonstruieren und diskutieren.

## 1. Der historische Kontext der Kausaldebatte

Ein gemeinsamer Bezugspunkt derjenigen Autoren, die für Schlick relevant waren, ist die Kausaltheorie John Stuart Mills. Mill hat den Begriff der Ursache eines Phänomens wie folgt definiert:

To certain facts certain facts always do, and, as we believe, will continue to, succeed. The invariable antecedent is termed the cause; the invariable consequent the effect.<sup>2</sup>

Mill macht klar, dass es sich bei dem Verhältnis von Ursache und Wirkung um ein *Bedingungsverhältnis* handelt. Von Ursachen im Sinne des Hervorbringens (*ontological causes*), wie man sie in älteren Kausal-

1 Vgl. Schlick, *Allgemeine Erkenntnislehre, Kausalprinzip und Kausalität*.

2 Mill, *Logic*, III, v, § 2.

vorstellungen findet, unterscheidet Mill seinen Begriff ganz explizit. Die zitierte Passage legt nahe, dass eine Ursache eine sowohl hinreichende als auch notwendige Bedingung der Wirkung sein muss. Andere Stellen, an denen Mill bekräftigt, dass es verschiedene Arten von Ursachen ein und derselben Art von Wirkung geben kann (*plurality of causes*) machen deutlich, dass Ursachen für Mill hinreichende Bedingung für Wirkungen sind – notwendige Bedingungen müssen sie nicht sein.

Wenn Ursachen hinreichende Bedingungen für Wirkungen sind und es in unserer Welt Ursachen und Wirkungen tatsächlich gibt, dann muss es in unserer Welt Regularitäten der Form »Immer dann wenn ein Ereignis des Ursachentyps auftritt, dann tritt ein Ereignis des Wirkungstyps auf« geben. Kausalität setzt also Regularitäten voraus. Wenn Ursachen hinreichende Bedingungen für Wirkungen sind, dann sind nicht etwa (wie später bei Mackie<sup>3</sup> *Teile* einer hinreichenden Bedingung, sondern die Gesamtheit aller Teile die Ursache einer Wirkung. Diese beiden Implikationen der Mill'schen Kausaltheorie wurden von Autoren wie Fechner, Mach, Russell und Schlick unhinterfragt vorausgesetzt.

Von der Frage, was mit »Ursache« gemeint ist, ist die Frage danach, was das Kausalgesetz ist, zu unterscheiden. Manche Formulierungen des Kausalgesetzes nehmen auf »Ursachen« nicht einmal explizit Bezug. Das gilt auch für Mills Formulierung:

The law of Causation, the recognition of which is the main pillar of inductive science, is but the familiar truth that invariability of succession is found by observation to obtain between every fact in nature and some other fact which has preceded it, [...]⁴

Mills zentrale Formulierung ist die »invariability of succession«. Bei Mill selbst und im Anschluss an Mill wird das, was mit einer solchen Formulierung gemeint sein könnte, unterschiedlich ausbuchstabiert. Mindestens folgende Formulierungen lassen sich unterscheiden:

- (1) Jede Veränderung hat eine vollständige Ursache.
- (2) Unter denselben Bedingungen treten immer auch dieselben Wirkungen auf.

3 Mackie, *Cement*, Kap. 3.

4 Mill, *Logic*, III, v, § 2.

- (3) Jede Wirkung ist durch ihre Ursache vollständig bestimmt.
- (4) Alles, was geschieht, fällt unter Naturgesetze.

Diese Thesen sind nicht identisch. (4) z.B. ist mit probabilistischen Gesetzen verträglich, dann wären (1) und (2) falsch. (2) wiederum kann wahr sein, ohne dass jedes Ereignis eine Ursache hat – ist also damit verträglich, dass (1) falsch ist usw.<sup>5</sup> Mill unterscheidet nicht zwischen den verschiedenen Lesarten. Er scheint alle vier Thesen zu vertreten. Das ist entschuldbar, denn wenn Kausalität Regularitäten voraussetzt und eine Ursache eine hinreichende Bedingung für das Auftreten der Wirkung ist, dann folgt aus (1) dass (2), (3) und (4) wahr sind.

Vor dem Hintergrund der Auffassung, dass Ursachen als hinreichende Bedingungen ihre Wirkungen vollständig bestimmen, festlegen oder determinieren, kritisieren Mach und Russell den Begriff der Ursache und das Kausalprinzip.

Gustav Theodor Fechner hat 1849 folgenden Einwand gegen sein im Anschluss an Mill formuliertes Kausalgesetz formuliert:

Man könnte den Einwand erheben, unser Gesetz sei von vorn herein illusorisch, da für jedes Geschehen doch eigentlich die Totalität der Umstände in Zeit und Raum als bedingend in Betracht komme, mithin von einer Wiederholung derselben in Zeit und Raum als Gründen des Geschehens nicht die Rede sein könne.<sup>6</sup>

Zwar verwarf Fechner diesen Einwand, aber Mach, der den Einwand Fechners kannte,<sup>7</sup> benutzt ihn nun, um die Rede von Ursachen und Wirkungen grundsätzlich in Frage zu stellen. In Machs *Mechanik* heißt es:

5 So lautet etwa bei Gustav Theodor Fechner das Kausalgesetz folgendermaßen (*Causalgesetz*, S. 99/100): »Jedenfalls lässt sich ein solches Gesetz denken, und zwar ein solches, welches das materielle und geistige Geschehen zugleich umfasst; ja es lässt sich eben nur eins als das allgemeinst-mögliche Gesetz denken, und zwar dieses: Dass überall und zu allen Zeiten, insoweit dieselben Umstände wiederkehren, auch derselbe Erfolg wiederkehrt; soweit nicht dieselben Umstände wiederkehren, auch nicht derselbe Erfolg wiederkehrt.« Fechner weist explizit darauf hin, dass mit seiner Formulierung des Kausalgesetzes ein Indeterminismus verträglich ist.

6 Fechner, *Causalgesetz*, S. 101.

7 Mach, *Arbeit*, S. 57, Fußnote 7.

In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung. Die Natur ist nur einmal da. Wiederholungen gleicher Fälle, in welchen A immer mit B verknüpft wäre, also gleiche Erfolge unter gleichen Umständen, also das Wesentliche des Zusammenhangs von Ursache und Wirkung, existieren nur in der Abstraktion, die wir zum Zweck der Nachbildung der Tatsachen vornehmen.<sup>8</sup>

Wenn Ursachen als hinreichende Bedingungen aufgefasst werden und z.B. wegen der Gravitation, alles mit allem zusammenhängt, dann kommen nur Zustände der Welt als Ganzer als hinreichende Bedingungen in Frage. Wiederholungen solcher Weltzustände gibt es aber nicht, es sei denn man akzeptiert die ewige Wiederkehr des Gleichen. Dass wir als Ursache der Bewegung einer Billardkugel eine Bewegung einer anderen Billardkugel herausgreifen, ist eine vielleicht nützliche, aber weiter nicht zu rechtfertigende Abstraktion. Tatsächlich hängt der genaue Verlauf der Bewegung der Billardkugel auch von der Bewegung des Mondes und vieler weiterer Faktoren ab. Da Kausalität Wiederholungen gleicher Fälle voraussetzt, diese Wiederholungen aber nicht gegeben sind, sind die Anwendungsbedingungen der Begriffe von Ursache und Wirkung in unserer Welt nicht gegeben. Die Begriffe von Ursache und Wirkung, sind nicht nur wenig hilfreich, sondern ihre Anwendung scheitert – und zwar daran, dass die Dinge in der Welt auf komplexe Weise miteinander zusammenhängen. Dieses Problem wird für Schlick eine wichtige Rolle spielen. Ich nenne es das *Holismusproblem*.

Ein weiteres Argument für die Elimination des kausalen Vokabulars beruht auf der Beobachtung, dass in den physikalischen Wissenschaften funktionale Abhängigkeiten beschrieben werden. Während Mach zunächst mittels des Begriffs der funktionalen Abhängigkeit den Ursachebegriff neu bestimmen wollte, scheint es ihm später sinnvoller, dieses Verhältnis als eine Ersetzung des Ursachebegriffs aufzufassen.

In den höher entwickelten Naturwissenschaften wird der Gebrauch der Begriffe Ursache und Wirkung immer mehr eingeschränkt, immer seltener. Es hat dies seinen guten Grund darin, daß diese Begriffe nur sehr vorläufig und unvollständig einen Sachverhalt

8 Mach, *Mechanik*, S. 459.

bezeichnen, daß ihnen die Schärfe mangelt, [... Es] läßt sich die Abhängigkeit der Elemente voneinander durch den Funktionsbegriff viel vollständiger und präziser darstellen, als durch so wenig bestimmte Begriffe wie Ursache und Wirkung. [...] Die Physik mit ihren Gleichungen macht dieses Verhältnis deutlicher, als es Worte tun können.<sup>9</sup>

Halten wir also fest: In der Physik (den höher entwickelten Naturwissenschaften) werden die Begriffe Ursache und Wirkung immer seltener verwendet, so Mach, denn der Begriff der funktionalen Abhängigkeit bringt das, worauf Physiker abzielen, viel besser zum Ausdruck als kausales Vokabular.

Russells Aufsatz »On the Notion of Cause« aus dem Jahre 1912/13 ist auch heute noch Ausgangspunkt zahlreicher Arbeiten zum Thema Kausalität.<sup>10</sup> Russells Kritik erstreckt sich auf eine Reihe unterschiedlicher Gesichtspunkte, die mit der kausalen Begrifflichkeit zusammen hängen.<sup>11</sup> Insbesondere verweist Russell auf das Holismusproblem, um zu zeigen, dass das Kausalprinzip schon allein deshalb keine Voraussetzung der Naturwissenschaften sein kann, weil die Anwendungsbedingungen bestenfalls selten erfüllt sind:

The principle »same cause, same effect,« which philosophers imagine to be vital to science, is therefore utterly otiose. As soon as the antecedents have been given sufficiently full to enable the consequent to be calculated with some exactitude, the antecedent have become so complicated that it is very unlikely they will ever recur.<sup>12</sup>

Aber selbst wenn die Physik das Prinzip »gleiche Ursache, gleiche Wirkung« nicht voraussetzt, könnte sie gleichwohl von Ursachen handeln. Doch auch diese These weist Russell zurück. Er glaubt, dass mit dem Begriff der Ursache bestimmte Annahmen verknüpft sind, die mit der Physik unverträglich sind. Von besonderem Interesse ist dabei die Vorstellung, dass die Ursache die Wirkung auf eine Art und Weise fest-

9 Mach, *Irrtum*, S. 278.

10 Siehe z.B. Price/Corry, *Causation, Physics, and the Constitution of Reality*.

11 Hitchcock, *Russell*.

12 Russell, *Notion*, S. 9.

legt, wie dies umgekehrt nicht der Fall ist. »The cause compels the effect in some sense in which the effect does not compel the cause.«<sup>13</sup> Diese Asymmetrieannahme ist unverträglich mit den Gesetzen der Physik, so Russell. Die Gesetze der Physik sind symmetrisch in Bezug auf eine Determination der Zukunft oder Vergangenheit: »the future ›determines‹ the past in exactly the same sense in which the past ›determines‹ the future.«<sup>14</sup> Auf dieses *Asymmetrieproblem* wird auch Schlick eingehen – wenn auch nur ganz kurz.

Schließlich macht Russell noch auf ein weiteres Problem aufmerksam, das für Schlick sehr relevant ist: Wir hatten gesagt, dass das Kausalprinzip in einer Fassung postuliert, dass die Ursache die Wirkung *festlegt*. Eine Festlegung liegt vor, wenn es eine funktionale Abhängigkeit gibt. Das gilt nicht nur für den Zusammenhang eines früheren und eines späteren Zustandes spezifischer innerweltlicher Systeme, sondern auch im Blick auf die Welt als Ganzer (Determinismusthese):

A system is said to be ›deterministic‹ when, given certain data,  $e_1, e_2, \dots e_n$ , at times  $t_1, t_2, \dots t_n$  respectively, concerning this system, if  $E_t$  is the state of the system at any time  $t$ , there is a functional relation of the form  $E_t = F(e_1, t_1, e_2, t_2, \dots e_n, t_n, t)$ .<sup>15</sup>

Das Problem ist nun, dass sich eine solche Funktion immer finden lässt. Demnach wäre jedes System ein deterministisches. Damit wird die Determinismusthese aber trivial (*Trivialitätsproblem*).

## 2. Kausalität in einer komplexen Welt

In Schlicks Aufsatz »Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip« werden eine Reihe von Fragen diskutiert, von denen ich zwei herausgreifen möchte. Die erste dieser beiden Fragen behandelt Schlick nur am Rande: Wie lässt sich vor dem Hintergrund des Holismusproblems noch sinnvoll von Ursachen und Wirkungen reden (das

13 Ebenda, S. 10.

14 Ebenda, S. 15.

15 Ebenda, S. 18.

tun wir ja immerhin in vielen Kontexten). Schlick spricht von »gewissen Schwierigkeiten« bei der Anwendung der Begriffe Ursache und Wirkung:

Die bedeutsamste dieser Schwierigkeiten entsteht aus der Erkenntnis der unendlichen Verkettung aller Naturvorgänge untereinander. ... Man würde dazu nichts Geringeres als die Gesamtheit der bis dahin abgelaufenen Zustände des Universums heranzuziehen haben. (461)<sup>16</sup>

Einerseits müsste man – solange die Gravitationskraft als Fernkraft konzipiert wird – alle zeitgleichen Ereignisse zu einer beliebigen Wirkung als Teil der Ursache (die ja eine hinreichende Bedingung sein soll) berücksichtigen, denn die Bewegung des Mondes oder anderer beliebig weit entfernter Körper üben unter der genannten Annahme einen Einfluss auf z.B. das Fallen eines Buchenblattes im Herbst aus. Aber nicht nur die zeitgleichen, sondern auch die vorangegangenen Ereignisse müssen berücksichtigt werden – also der gesamte bis zum zu erklärenden Ereignis abgelaufene Weltverlauf.

Diese »Verkettung aller Naturverläufe« (Holismusproblem) ist aus zwei Gründen problematisch. Die erste Schwierigkeit ergibt sich für diejenigen, die das Vorliegen einer Ursache-Wirkungsbeziehung an die Existenz einer Regularität knüpfen. Wenn als Ursache eines Ereignisses nur der gesamte (vergangene) Weltverlauf in Frage kommt, dann kann es keine Wiederholungen gleicher Fälle geben, also keine Ursachen. Das war das Argument von Mach.<sup>17</sup> Aber auch wenn man kein Regularitäts-

16 Hier und im Folgenden beziehen sich bloße Seitenangaben wie z.B. »(461)« immer auf Schlick, *Kausalprinzip*.

17 Man könnte einwenden, dass eine Regularität auch dann vorliegen oder existieren könne, wenn es keine Wiederholungen gleicher Fälle gibt. Die Aussage  $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$  kann sogar wahr sein, wenn kein  $x$  ein  $F$  ist, insbesondere bedarf es aber nicht mehrerer Vorkommnisse von  $F$  und  $G$ . Dazu ist zu sagen, dass die prädikatenlogische Explikation des Regularitätsbegriffs erst im mittleren Drittel des 20. Jahrhunderts erfunden wurde und den Sinn verfehlt, den frühere Regularitätstheoretiker mit ihr verbunden haben. Regularitäten im ursprünglichen Sinne setzten tatsächliche Wiederholungen voraus, weil nur so verständlich wird, weshalb die Notwendigkeit, die wir mit Kausalität und Naturgesetzen verbinden, auf eine gewohnheitsmäßige Assoziation der Vorstellungen von der Ursache und der Wirkung zurückgeführt werden kann.

theoretiker ist, führt die »Verkettung aller Naturverläufe« zu einer Schwierigkeit. Jedenfalls dann, wenn man unterstellt, dass Ursachen raumzeitlich begrenzte Ereignisse – und in diesem Sinne *lokal* – sein sollten. Man könnte argumentieren, dass diese Lokalität zum Begriff der Ursache gehört, oder – und das ist der Gesichtspunkt den Schlick anführt – darauf hinweisen, dass Ursachen nie bestimmbar wären, wenn sie den gesamten (vergangenen) Weltverlauf umfassten. Schlick unterstellt also, dass der Begriff der Ursache sinnvoll nur auf einigermaßen begrenzte Raumzeitregionen anwendbar ist.

Die zweite Schwierigkeit, die mit dem Holismusproblem zusammenhängt, läßt sich – so Schlick – beheben. Dies hängt mit zwei kontingenten Sachverhalten zusammen. Erstens gibt es keine räumlichen Fernwirkungen. Auch die Gravitationskraft ist keine Fernkraft; das war ein Ergebnis der allgemeinen Relativitätstheorie. Jede Kraft wird durch den Raum hindurch vermittelt. Zweitens gibt es keine unmittelbaren Abhängigkeiten über Zeitabschnitte hinweg. Die zeitlichen Verläufe von Naturprozessen sind markowsch, d.h. der Zustand eines Systems wird durch einen beliebigen vorangegangenen Zustand zu einer Zeit *t* *vollständig* bestimmt, was auch immer sich vor *t* zugetragen haben mag. Diese beiden kontingenten Umstände führen dazu, dass wir zur Angabe hinreichender Bedingungen nicht den gesamten Weltverlauf kennen müssen:

Wir brauchen also nur den Zustand an der Oberfläche während einer bestimmten Zeit zu kennen, und außerdem den Zustand in dem gesamten Raumteil zu Anfang dieser Zeit, um alle während jener Zeit im Innern sich abspielenden Prozesse vollständig angeben zu können, also lauter Größen, die im Prinzip der Erfahrung restlos zugänglich sind. (462)

Er fährt dann fort:

Dies ist eine dem mathematischen Physiker wohlbekanntes Wahrheit: sind die »Anfangsbedingungen« und die »Grenzbedingungen« gegeben, so ist alles Geschehen in dem betrachteten Gebiet durch die Differentialgleichungen der Physik eindeutig bestimmt und zu berechnen. Das ist also die nunmehr einwandfreie und erfahrungsmäßig prüfbar Form, in welcher der Kausalsatz in der exaktesten Wissenschaft erscheint [...] (462)

Das erste Ergebnis lautet also, dass sich der Kausalsatz bzw. das Kausalprinzip auch unter Voraussetzung der »Verkettung aller Naturverläufe« formulieren lässt – so scheint es zumindest auf den ersten Blick. Schlick diskutiert dies noch ausführlich (siehe Abschnitt 3). Dieser Kausalsatz ist nichts anderes als die These des Determinismus: Gegeben den Gesamtzustand eines Systems zu einem Zeitpunkt (Anfangsbedingungen) und die Grenzbedingungen (im einfachsten Fall ist das System isoliert), sind alle späteren (und auch alle früheren) Zustände eindeutig festgelegt oder determiniert.<sup>18</sup>

Schlick meint allerdings nicht, dass damit schon gezeigt ist, dass auch die Begriffe der Ursache und der Wirkung sinnvoll verwendet werden können:

Den durchgängigen Zusammenhang der Vorgänge untereinander, der seinen Ausdruck in der unabänderlichen Bestimmtheit alles Geschehens findet, dürfen wir als einen *kausalen* bezeichnen; die Kausalbegriffe Ursache und Wirkung werden wir nur als eine Formulierung – und nicht als die glücklichste – ansehen, die jenen Tatbestand wieder zu geben sucht. Die beiden Begriffe behalten eine hervorragende praktische Brauchbarkeit besonders in den Fällen, wo die Abhängigkeiten der Natur sich in gewisser Weise voneinander isolieren lassen [...] (463)

Der Grund für Schlicks Vorbehalte gegenüber den Begriffen Ursache und Wirkung besteht darin, dass ein gegebener Zustand (die Wirkung) durch *sehr viele* andere Zustände des Systems eindeutig festgelegt oder determiniert ist. Es gibt also zahlreiche hinreichende Bedingungen, sogar zeitlich spätere. Es gibt aber keinen Grund, irgendeinen dieser Zustände als *die* Ursache auszuzeichnen, insbesondere gibt es keinen sachlichen Grund, spätere Zustände als Ursachen von früheren Zuständen auszuschließen. (Das ist Russells Asymmetrieproblem.)

18 Schlick erwähnt zwar an einer Stelle die »Erfahrungen der Quantentheorie« (*Kausalprinzip*, S. 462), bezieht sich dort aber auf den Gesichtspunkt, dass bestimmte Größen in quantisierter Form auftreten können. Diejenigen Theorieteile der Quantenmechanik, die zu Diskussionen über die Gültigkeit der Determinismusthese geführt haben, wie z.B. die Heisenbergsche Unschärferelation, wurden erst in den 1920er Jahren entwickelt. Darauf hat Schlick dann in *Kausalität* reagiert.

Sinnvoll, meint Schlick, sei die Verwendung dieser Terminologie unter ganz bestimmten Bedingungen, nämlich dann, wenn sich die »Abhängigkeiten der Natur voneinander isolieren lassen«. Damit ist gemeint, dass sich die Änderung in einer Variable oder Größe allein oder vorwiegend der Änderung einer anderen Größe zuschreiben lässt, während andere Abhängigkeiten vernachlässigt werden können. Man kann dies als einen Versuch ansehen, Grenzbedingungen zu beschreiben, unter denen die Anwendung kausaler Terminologie sinnvoll ist. In diesem Sinne leistet Schlick hier einen – skizzenhaften und ihn nicht wirklich vordringlich interessierenden – Beitrag zu einer Frage, die heute wieder ausführlich diskutiert wird: Lässt die Physik Kausalbeziehungen, wie wir sie gewöhnlich charakterisieren, überhaupt zu? Diese Frage ist kürzlich von Hartry Field als die Hauptfrage der Metaphysik der Kausalität bezeichnet worden.<sup>19</sup> Die Antwort die Schlick andeutet, dass dies nur unter bestimmten kontingenten Bedingungen möglich ist, scheint mir auch heute noch verteidigbar zu sein.<sup>20</sup>

### 3. Das Kausalprinzip und seine Voraussetzungen

In einer vorläufigen Formulierung hatte Schlick das Kausalprinzip unter Verwendung der Ausdrücke »Ursache« und »Wirkung« definiert (wenn auch unter Verwendung von Anführungsstrichen):

Nach dem Kausalprinzip ist jeder beliebige Vorgang V als »Wirkung« eines vorhergehenden Vorgangs U (der »Ursache«) aufzufassen *und* durch ihn vollständig bestimmt zu denken. (461)

Entscheidend ist nun – und das gilt in gleicher Weise für die Formulierung des Kausalgesetzes, die wir im Abschnitt 2 diskutiert haben –, dass der Begriff der Bestimmung genauer bestimmt werden muss:

diese Aussage hat nur Sinn, unter der Voraussetzung, dass es Regeln gibt, die angeben, welche Vorgänge U es denn nun sind, die zu ge-

19 Field, *Causation*, S. 443.

20 Vgl. dazu Hüttemann, *Ursachen*.

wissen gegebenen Vorgängen V als deren Ursachen gehören. Nur dadurch, dass solche Regeln gelten wird V durch U bestimmt. Die Behauptung der durchgehenden Bestimmtheit der Ereignisse, welche das Kausalprinzip ausspricht, ist daher identisch mit der Behauptung des durchgehenden Bestehens von Naturgesetzen. (461)

Die Frage, die sich Schlick nun stellt, ist, ob aus dem Kausalprinzip bzw. dem durchgehenden Bestehen der Naturgesetze folgt, dass die Natur gleichförmig ist. Mach, auf den er an dieser Stelle zurückkommt, hatte behauptet, die Natur sei nur einmal da, Wiederholungen gleicher Fälle gebe es nicht (Holismusproblem). Schlick fragt sich nun, ob in einer solchen Welt, in der es keine Wiederholungen gibt, das Kausalgesetz gelten kann, d.h. das durchgehende Bestehen von Naturgesetzen möglich ist.

Die Frage lässt sich auch so formulieren: Muss jedes Naturgesetz *allgemein* sein, d.h. auf eine Mehrzahl realer Fälle passen, die nur durch Raum und Zeit getrennt sind – oder sind auch individuelle Naturgesetze möglich, derart, dass jeder Vorgang der Welt seiner eigenen, besonderen Regel folgt, die für keinen anderen gilt und daher jede Gleichförmigkeit im Universum ausschließt? Könnte man auch im letzteren Falle sagen, die Welt unterstehe restlos der Kausalität, weil ja doch für jedes Geschehen in ihr ein Gesetz seines Verlaufs da sei, nach dem es sich richtet? (464)

Die Frage, die Schlick hier stellt, lässt zwei Lesarten zu. Um diese auseinanderzuhalten, ist es hilfreich, folgende Unterscheidung einzuführen:

- Einfache Machwelt: Eine Welt, in der es *de facto* keine Wiederholungen gleicher Fälle, keine Gleichförmigkeit gibt.
- Verschärfte Machwelt: Eine Welt, in der es keine Wiederholungen gleicher Fälle, keine Gleichförmigkeit *geben kann*.

Jede verschärfte Machwelt ist eine einfache Machwelt. Die Umkehrung gilt nicht. Mit diesen Begriffen können wir folgende Lesarten der Schlick'schen Frage unterscheiden:

Lesart I: Kann das Kausalgesetz in einer einfachen Machwelt gelten?

Lesart II: Kann das Kausalgesetz in einer verschärften Machwelt gelten?

Schlicks erster Punkt, ist, dass wir Naturgesetze ohne Wiederholungen nicht *erkennen* würden. Gleichwohl könnte ein solches Universum, in dem das Kausalgesetz gilt, aber *möglich* sein.

Schlick möchte zeigen, dass die Annahme eines solchen Universums zu nicht hinnehmbaren Konsequenzen führt. Dazu stellt Schlick sich eine Welt vor, in der die Naturgesetze von Raum- und Zeitpunkten derart abhängen, dass auf gleiche Vorgänge niemals gleiche Wirkungen erfolgen *können*. Die Bestimmungsbeziehungen oder Gesetze variieren in Abhängigkeit von Orten und Zeiten. Die Gesetzeskonformität scheint erfüllt zu sein, auch dann, wenn es keine Wiederholungen gleicher Fälle gibt – ja nicht einmal geben *kann*.

Denn wenn das Weltgeschehen durch Regeln dieser Art bestimmt wird, *können* [meine Hervorhebung] im Universum auf gleiche Vorgänge niemals gleiche Wirkungen, sondern immer nur andere folgen. (464)

Schlick konstruiert also ein Beispiel einer *verschärften* Machwelt und fragt sich, ob dort das Kausalgesetz gelten kann. Der nächste Schritt der Schlick'schen Überlegung besteht darin, genauer zu fragen, was es heißt, dass Vorgänge durch Regeln bestimmt sind:

Man wird zuerst dazu geneigt sein, das Wesen der kausalen Notwendigkeit darin zu erblicken, dass der folgende Zustand auf den vorhergehenden nicht bloß *folgt*, sondern durch ihn *bestimmt* ist. Und welchen Sinn hat hier das Wort »bestimmen«? Es muss jedenfalls bedeuten, dass es eine Regel gibt, mit Hilfe deren, das Kommende aus dem Vergangenen abgeleitet werden kann. (465)

Das Problem ist nun aber – wie wir schon wissen und Schlick auch gleich hinzufügt –, dass eine solche Regel *immer* angegeben werden kann (Russells *Trivialitätsproblem*). Die Aussage, dass alles in der Welt durch Gesetze bestimmt ist oder dass das Universum deterministisch ist, ist inhaltsleer, wenn auch für ein völlig zufälliges und chaotisches Universum gilt, dass sich Bestimmungsregeln finden lassen.

Wenn man unterstellt, dass die Unterscheidung zwischen einem zufälligen und einem deterministischen Universum nicht inhaltsleer ist, dann müssen für die zulässigen Regeln oder Gesetze zusätzliche Be-

dingungen gelten. (Das ist letztlich das Problem, wie man akzidentelle Regularitäten von Naturgesetzen unterscheidet.) Wenn man also annimmt, dass das Kausalgesetz bzw. die Determinismusthese nicht inhaltsleer ist, dann muss man Regeln bzw. Gesetze, die es erlauben, beliebige Weltverläufe als deterministische auszuzeichnen, verbieten. Wenn man zulässt, dass es Gesetze gibt, die nur einmal instantiiert werden können, dann verschwindet der Unterschied zwischen deterministischen und nicht-deterministischen Welten. (Schlick lässt genuin modale Unterschiede nicht gelten.) Verschärfte Machwelten – insbesondere auch das imaginierte Szenario mit orts- und zeitabhängigen Gesetzen – müssen also zurückgewiesen werden. Schlick zieht dann den folgenden Schluss:

nicht bloß zur *Auffindung* der Gesetze bedarf es der Gleichförmigkeit der Natur, sondern sie ist auch nötig um den *Begriff der Gesetzmäßigkeit* überhaupt einen angebbaren, von der Zufälligkeit unterschiedenen Sinn zu geben. Es genügt nicht, dass überhaupt eine Formel denkbar ist, durch welche sich das Naturgeschehen darstellen lässt – dies ist *ausnahmslos* möglich –, sondern die Formel muss auch bestimmter Art sein. Es müssen nämlich beliebig viele Fälle ihrer Anwendung möglich sein. (467)

Schlicks Schlussfolgerung changiert zwischen zwei Lesarten. Mir scheint er kann bestenfalls aus seinen Überlegungen schließen, dass das Kausalgesetz mit einer verschärften Machwelt nicht verträglich ist. Das ist die Schlussfolgerung, die er im letzten Satz des angegebenen Zitats zieht. Aber selbst wenn es richtig wäre, dass aus der nicht-trivialen Geltung des Kausalgesetzes, also aus der nicht-trivialen Geltung der These, dass alles Geschehen durch Naturgesetze eindeutig festgelegt ist, folgt, dass Naturgesetze beliebig viele Fälle ihrer Anwendung zulassen müssen, so wäre das auch mit einer einfachen Machwelt verträglich. Warum sollten die Gesetze, die in einer schlichten Machwelt je einmal instantiiert sind, nicht beliebig viele Instantiierungen zulassen? Mit anderen Worten: Auch wenn Schlick gezeigt hat, dass mit der nicht-trivialen Geltung des Kausalgesetzes eine verschärfte Machwelt unvereinbar ist, könnte das Kausalgesetz in einer einfachen Machwelt gelten. Dass die Gleichförmigkeit der Natur für den Begriff der Gesetzmäßigkeit vorausgesetzt werden muss, hat Schlick also nicht gezeigt.

Interessant ist nun aber, welchen Schluss Schlick aus dieser Bedingung für Gesetzmäßigkeit zieht: Der Begriff der Gesetzmäßigkeit hat überhaupt nur Sinn, wenn Wiederholbarkeit möglich ist. Das wiederum führt, wie Schlick im Anschluss an Maxwell zeigen möchte, zu einem interessanten begrifflichen Zusammenhang zwischen Gesetzmäßigkeit einerseits und Raum und Zeit andererseits.

Sollen nun gleiche Fälle im Naturgeschehen existieren können, so muss irgend ein Prinzip der Trennung vorausgesetzt werden, welches da macht, dass die Vorkommnisse gleich sein können, ohne doch identisch zu sein. Das Prinzip muss gleiche Dinge auseinanderhalten können ohne sie inhaltlich irgendwie zu beeinflussen. (467)

Die faktisch vorfindbaren Bedingungen, die es erlauben, dass es mehrere Instantiierungen eines Gesetzes, also Wiederholungen, geben kann, sind Raum und Zeit. Raum und Zeit müssen nun, so Schlick, *homogen* sein, denn nur die Homogenität des Raumes gewährleistet, dass das oben imaginierte Szenario mit orts- und zeitabhängigen Gesetzen, die nur je einmal instantiiert werden, ausgeschlossen ist.

Das ist aus wenigstens zwei Gründen eine interessante These: Die bloße Möglichkeit von mehrfach instantiiertem Naturgesetzen hat nach dieser Annahme inhaltliche physikalische Konsequenzen: Die Homogenität des Raumes und der Zeit.<sup>21</sup> Zweitens motiviert der von Schlick postulierte begriffliche Zusammenhang eine ideengeschichtliche Hypothese: vielleicht ist es ja kein Zufall, dass der Begriff des Naturgesetzes im 17. Jahrhundert zu einem bedeutsamen Begriff für das Selbstverständnis der Naturwissenschaften wurde, als aristotelische Raumkonzeptionen zurückgewiesen und die Homogenität des Raumes akzeptiert wurde.

21 Ob es Gesetze geben kann, die nur an bestimmten Orten instantiiert sind (»Smith's garden case«), ist auch am Ende des 20. Jahrhunderts diskutiert worden. Vgl dazu Armstrong, *Law of Nature*, S. 25–27