

**Seminar über philosophische Aspekte der Physik:
Was sind und warum gelten Naturgesetze?**

**Martin Leckey und John Bigelow:
Naturgesetze und Notwendigkeit**

Einleitung:

Der folgende Aufsatz entstand im Rahmen des Seminars über philosophische Aspekte der Physik: „Was sind und warum gelten Naturgesetze“, das im Sommersemester 2004 stattfand. In diesem Aufsatz sollen die wichtigsten Ergebnisse des zugehörigen Seminarvortrages festgehalten und ausgearbeitet werden. Dazu werde ich zunächst allgemein die Grundideen des Notwendigkeitsansatzes vorstellen und dann speziell auf den Text [1] von Leckey und Bigelow und den darin diskutierten Ansatz zur Notwendigkeit in den Naturgesetzen eingehen.

Der Notwendigkeitsansatz:

Die Idee der natürlichen Notwendigkeit wurde erstmals von Armstrong (1983) vorgeschlagen als Reaktion auf die Probleme des Regularitätsansatzes, zwischen ‚echten‘ und zufälligen Regelmäßigkeiten zu unterscheiden. Unter ‚echten‘ Regelmäßigkeiten sollen in unserem Zusammenhang jene verstanden werden, die auf Naturgesetze zurückgehen, bzw. in denen sich Naturgesetze ausdrücken, während die zufälligen Regelmäßigkeiten solche sind, die nur durch eine künstlich beschränkte Stichprobe auftreten (z.B. ‚alle Steine in diesem Sack sind aus Granit‘).

Armstrong schreibt:

It is a law that Fs are Gs
should not be analysed as,
All Fs are Gs
but as,
It is physically necessary that Fs are Gs. ([2], S.41)

Armstrong schlägt also vor, die Formulierung ‚Es ist ein (Natur-)Gesetz, dass Fs auch Gs sind‘ nicht wie die Vertreter der Regularitätsauffassung als ‚Alle Fs sind Gs‘ zu analysieren, sondern stattdessen als ‚Es ist physikalisch notwendig, dass Fs auch Gs sind‘.

Die Übersetzung des Begriffs ‚physically‘ ist dabei ein wenig problematisch. Ich verwende in meinen weiteren Ausführungen die Übersetzung ‚physikalisch‘, allerdings muss man sich bewusst sein, dass damit keine Einschränkung auf die Begriffe der Physik gemeint ist. Der Begriff ist vielmehr weiter gefasst, im Sinne von ‚physisch‘ bzw. ‚natürlich‘, also auf die gesamte uns umgebende Welt bezogen.

Unter physikalischer Notwendigkeit versteht Armstrong eine Relation, die in ihrer Stärke zwischen logischer Notwendigkeit und Zufälligkeit steht. In seinem System ist ein Naturgesetz keine universelle Wahrheit über Klassen materieller Objekte der Welt, sondern eine Beziehung zwischen universellen Qualitäten dieser Objekte (die Eigenschaft, F bzw. G zu sein) oder auch quantitativen Eigenschaften (vgl. [2], S. 41).

Was unterscheidet nun logische und physikalische Notwendigkeit? In [2], S. 39 lesen wir:

While logical necessity can be characterized as true in all possible worlds, physical necessities are only true in some possible worlds which stand in a suitably qualified relation with the actual world.

Logische Notwendigkeiten gelten also in allen überhaupt möglichen (vorstellbaren) Welten, während physikalische Notwendigkeiten nur in einigen dieser Welten gelten. Diese Welten sind die physikalisch möglichen Welten, ‚unsere‘ Welt ist trivialerweise eine von ihnen. Die anderen physikalisch möglichen Welten sind Welten, die mit unserer dieselben Naturgesetze teilen, aber anderen Randbedingungen unterliegen. Man kann sich die Struktur, die hinter dieser Einteilung steht, über ein Mengenschaubild verdeutlichen (Abb.1).

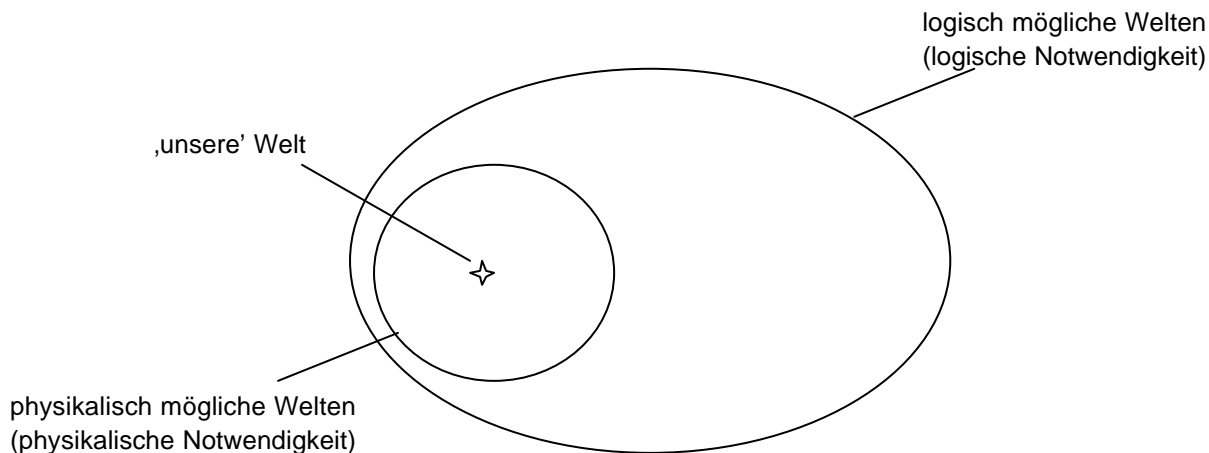


Abb. 1

Die dringlichste Aufgabe beim weiteren Durchdenken des Notwendigkeitsansatzes ist nun zu klären, was man unter der ‚physikalischer Notwendigkeit‘ zu verstehen hat, bzw. ob man dieses Konzept weiter analysieren kann oder als grundlegend anerkennen muss.

Um dem Verständnis von physikalischer Notwendigkeit in dem Text von Leckey und Bigelow [2] näher zu kommen, gilt es zunächst zu klären, was die Autoren überhaupt unter Naturgesetzen verstehen. Im Allgemeinen wird zwischen phänomenologischen, üblicherweise in ihren Geltungsbereich stark beschränkten Gesetzen auf der einen und den fundamentalen Gesetzen auf der anderen Seite unterschieden. Dazwischen spannt sich ein weites Kontinuum von mehr oder minder fundamentalen Gesetzen. Viele betrachten phänomenologische Gesetze nicht als ‚vollwertige‘ Naturgesetze, sondern fordern eine gewisse Allgemeinheit, um diesen Status zuzubilligen. Stellt man sich auf diesen Standpunkt, ergibt sich allerdings das Problem, dass die Grenzlinie, bzw. der Grad an Allgemeinheit, den man von einem Naturgesetz fordert mit einem gewissen Maß an Willkür behaftet ist. Leckey und Bigelow arbeiten daher mit einer anderen Definition von Naturgesetz:

We take the defining feature of laws to be the fact that a contrary state of affairs to that specified by the law under the given circumstances would be a non-natural state of affairs.

([1], S. 98)

Für Leckey und Bigelow kommt es also bei der Beurteilung eines Gesetzes nur darauf an, ob ein Geschehen, das dem Gesetz zuwiderläuft, unter den gegebenen Umständen zu einem 'nicht-natürlichen' Zustand der Welt führen würde. Damit fallen auch sämtliche phänomenologischen Gesetze vollständig unter die Definition eines Naturgesetzes. Weiter drückt sich schon hier aus, dass der entscheidende Punkt in der Theorie Leckey und Bigelows die Unterscheidung zwischen ‚natürlichen‘ und ‚nicht-natürlichen‘ Zuständen der Welt ist.

Als formalen Ausdruck für ein Gesetz schreiben die Autoren:

$$\hat{x}(Cx) \text{ bedingt } \hat{x}(Rx)$$

Gelesen wird dieser Ausdruck ‚In einem System x (bzw. einer Klasse von Systemen), das sich im Zustand C befindet (Cx) bedingt dies, dass sich das System (bzw. die Klasse von Systemen) auch im Zustand R (Rx) befindet‘. Hier handelt es sich noch um eine rein logische Bedingtheit. Da wir aber eine Theorie der natürlichen Bedingtheit aufstellen wollen, muss eine weitere Bedingung hinzutreten, die sog. ‚Natürlichkeitsbedingung‘ $N_{@x}$. Gelesen wird diese nach Leckey und Bigelow als

the states of x are natural states for the actual world.

([1], S.104f.)

Erweitert man obigen Ausdruck mit der Natürlichkeitsbedingung erhält man die von den Autoren als allgemeinen Ausdruck für ein Naturgesetz verwendete Formulierung:

$$\hat{x}(Cx \ \& \ N_{@x}) \text{ bedingt } \hat{x}(Rx)$$

Betrachten wir nun, wie sich erlaubte, bzw. nicht erlaubte Zustände in diesem Formalismus darstellen.

- | | | |
|---|---|----------------------|
| I. $\hat{x}(Cx \ \& \ Rx)$ | } | erlaubte Zustände |
| II. $\hat{x}(\sim Cx \ \text{oder} \ Rx)$ | | |
| III. $\hat{x}(Cx \ \& \ \sim Rx)$ | | unerlaubte r Zustand |

Das heißt, ausgehend von einem Gesetz ist es einem System ‚erlaubt‘, gleichzeitig im Zustand Cx und Rx zu sein (I), bzw. wenn es nicht im Zustand Cx ist kann es sowohl den Zustand Rx annehmen oder auch nicht (II). Ausgeschlossen ist allerdings, dass es sich zwar im Zustand Cx, aber nicht im Zustand Rx befindet (III).

Wenn das betrachtete Gesetz mit einem Naturgesetz korrespondiert, können wir anstatt von erlaubten oder verbotenen Zuständen auch von natürlichen, bzw. nicht-natürlichen Zuständen sprechen. Unter diesen Umständen kann der Zustand

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x \& \sim Rx)$$

in unserer Welt nicht existieren, und genau die Nichtexistenz dieses Zustandes erzwingt im Umkehrschluss die Folgerung

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x) \text{ bedingt } \hat{x}(Rx).$$

Um einige Gesetzeskandidaten auszuschließen, die ansonsten ungewollt unter unsere neue Definition von Naturgesetzen fallen würden, müssen wir noch zwei weitere Bedingungen stellen.

Zunächst sollen sog. ‚vacuos laws‘ ausgeschlossen werden. Unter diese Kategorie fallen Gesetze, die Gegebenheiten und Zustände der Natur beschreiben, deren Anfangsbedingungen (Cx) nie eintreten. Man könnte dann den bedingten Zustand (Rx) beliebig definieren, da niemals die Situation einträte, in der sich das Gesetz ‚beweisen‘ müsste. Um solche Gesetze trotzdem ausschließen zu können, wird gefordert, dass der Zustand

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x \& Rx)$$

instantiiert ist, dass heißt zumindest prinzipiell in unserer Welt realisiert ist.

Die zweite Kategorie von Gesetzen, die nicht unter die Definition Naturgesetz fallen sollen, sind die logischen und mathematischen Gesetze. Mit unserer bisherigen Definition würde nach der einfachen Beweiskette

$$\begin{aligned} \hat{x}(Cx \& Rx) & \text{ existiert} \\ \hat{x}(Cx \& \sim Rx) & \text{ existiert nicht} \\ \text{also} \\ \hat{x}(Cx) & \text{ bedingt } \hat{x}(Rx) \\ \text{und trivialerweise damit} \\ \hat{x}(Cx \& N_{@}x) & \text{ bedingt } \hat{x}(Rx) \end{aligned}$$

jedes logische bzw. mathematische Gesetz auch in den Status eines Naturgesetzes erhoben werden. Um dies zu verhindern, muss gefordert werden, dass der Zustand

$$\hat{x}(Cx \& \sim Rx)$$

existiert. Das bedeutet wohlgermerkt nur, dass die logische Möglichkeit besteht, dass das Gesetz verletzt werden kann – die Welt sich also nicht schon aus rein logischen

Gesichtspunkten nicht anders verhalten kann als es durch das Gesetz angegeben wird.

Zusammenfassung:

Es ergeben sich also insgesamt folgende Bedingungen, damit einem Gesetz der Status eines Naturgesetzes zugesprochen wird:

$$\left. \begin{array}{l} \hat{x}(Cx \& N_{@}x \& Rx) \\ \hat{x}(Cx \& \sim Rx) \end{array} \right\} \text{ müssen existieren}$$

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x \& \sim Rx) \text{ darf nicht existieren}$$

Sind diese Bedingungen erfüllt, dann gilt notwendigerweise

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x) \text{ bedingt } \hat{x}(Rx)$$

und die ‚unerwünschten‘ Kandidaten für Naturgesetze (‚vacuous laws‘ und logisch-mathematische Gesetze) fallen aus der Definition heraus. Wenn man möchte, kann man dieses Bedingungsverhältnis auch als ‚natürliche Bedingtheit‘ schreiben, und zwar in der Form

$$\hat{x}(Cx) \text{ bedingt natürlich } \hat{x}(Rx).$$

Aus dem neuen Formalismus lassen sich problemlos wieder die Regelmäßigkeiten ableiten, die im Regularitätsansatz als Gesetzeskandidaten fungieren:

Wenn gilt

$$\hat{x}(Cx \& N_{@}x) \text{ bedingt } \hat{x}(Rx)$$

dann folgt

$$\forall x(Cx \& N_{@}x \supset Rx)$$

Beachtet man, dass x nur natürliche Zustände annehmen kann/soll

$$\forall x N_{@}x,$$

dann ergibt sich der schon bekannte Ausdruck für eine Regelmäßigkeit:

$$\forall x(Cx \supset Rx).$$

Zu beachten ist jedoch, dass die Regelmäßigkeit keineswegs mit dem Naturgesetz identisch ist, sondern aus einer natürlichen Notwendigkeit folgt.

Schlussbemerkungen:

Von zentraler Bedeutung für den Ansatz von Leckey und Bigelow ist die Unterscheidung von natürlichen und nicht-natürlichen Zuständen der Welt. Sie schreiben daher:

If there were no such distinction among states, we maintain, then there would be no real distinction between laws and mere regularities.

([1], S. 117)

Sollte diese Unterscheidung also nicht gelten, gäbe es auch keinen Unterschied zwischen (echten) Regelmäßigkeiten und Naturgesetzen.

Leckey und Bigelow sprechen in ihren Schlussbemerkungen auch noch schärfere Definitionen von natürlicher Notwendigkeit an, die zwar prinzipiell auf dem gleichen Ansatz fußen, aber durch ihre Verschärfung der Kriterien für die Autoren einige unerwünschte Konsequenzen haben. In diesen Ansätzen würde eine auch noch so geringe Verletzung der Naturgesetze (logisch) sofort dazu führen, dass die betroffenen Systeme ‚nicht mehr von dieser Welt‘ seien, bzw. die Welt ‚nicht mehr unsere‘ sei. Die Autoren fassen dieses Problem plakativ wie folgt:

If Murphy had walked on water, as she said she did, then she would not have been a woman and it would not have been water she walked on, and indeed this world, a world of this kind, would not have existed.

([1], S. 117)

An diesem überspitzten Beispiel erkennt man, wie kontraintuitiv die Konsequenz einer so verschärften Auslegung des Notwendigkeitsprinzips wäre. Auch wenn ein Naturgesetz einmal verletzt werden sollte – die entsprechenden Prozesse oder Zustände sollten trotzdem noch als Bestandteile unserer Welt betrachtet werden können. Daher entschließen sich Leckey und Bigelow für folgende Sichtweise:

Miracles and anomalies may not actually happen in the actual world. Perhaps there are laws of nature that are truly exceptionless, who knows? Yet, we maintain, it is possible to be confident that there are laws of nature, without being confident that these laws are obeyed absolutely without exception, through all space and time. We urge a gentler, kinder conception of laws.

([1], S. 117)

Diese aus der Sicht eines Physikers zunächst seltsam anmutende ‚Entschärfung‘ des Naturgesetzbegriffes ist aus geisteswissenschaftlicher Perspektive besser zu verstehen. Es geht nicht unbedingt darum, einen Freibrief für Wunder auszustellen oder das plötzliche Außer-Kraft-Treten der etablierten Naturgesetze anzunehmen, sondern vielmehr, die Theorie des Notwendigkeitsansatz offen und kompatibel zu anderen philosophischen Ansätzen, z.B. zu Theorien des freien Willens, zu halten, oder vielleicht sogar Eingriffe eines Gottes in die Welt nicht schon prinzipiell unmöglich zu machen.

Bei der Bewertung dieses Ansatzes ist zu beachten, dass Leckey und Bigelow sich gar nicht mit dem Problem beschäftigen wollen, ob und wie wir die natürlichen und nicht-natürlichen Zustände der Welt erkennen, bzw. unterscheiden können. Es geht ihnen auch nicht darum, die letzte Natur der ‚natürlichen Bedingtheit‘ aufzudecken:

Our theory is neutral on the ultimate grounds of natural entailments
among properties. All that our theory requires is that these natural
entailments among properties exist.

([1], S. 118)

Es handelt sich bei ihrer Arbeit vielmehr um den Versuch eines konsequenten Durchdenkens der Konsequenzen einer Unterscheidung zwischen natürlichen und nicht-natürlichen Zuständen, so es sie denn in der ‚realen Welt‘ gibt. Wie wir gesehen haben, kann auf diese Unterscheidung ein Verständnis von Naturgesetzen mittels ‚natürlicher Notwendigkeit‘ aufgebaut werden. Dass solche Zustände in der Natur existent sind, ist meiner Meinung nach eine intuitiv plausible und naheliegende Annahme, die auch der Sichtweise vieler (der meisten?) heutigen Physiker sehr nah kommt. Solange allerdings keinerlei Bestrebung in die Richtung zur Unterscheidung dieser Zustände aus unserer beschränkten Sicht von innerhalb der Welt gemacht werden, steht das ganze Unterfangen aus streng empirischer Sicht natürlich auf wackligen Füßen und muss sich zumindest den Vorwurf einer hinterrücks eingeführten Metaphysik stellen.

Literaturangaben:

[1]

Martin Leckey und John Bigelow:

The Necessitarian Perspective: Laws as Natural Entailments

In: Weinert, Laws of Nature – Essays on the Philosophical, Scientific and Historical Dimensions (Walter de Gruyter, 1995)

[2]

Friedel Weinert:

Laws of Nature – Laws of Science

In: Weinert, Laws of Nature – Essays on the Philosophical, Scientific and Historical Dimensions (Walter de Gruyter, 1995)