

WWU Münster

Fachbereich Physik

Sommersemester 2004

Seminar: „Was sind und warum gelten Naturgesetze?“

Leitung: Prof. Dr. Münster und Dr. Suhm

Ausarbeitung zum Referat

Systematische Einführung Teil II: Warum gelten Naturgesetze?

Mathias Dietz

Legdenweg 108

48161 Münster

5. Semester Physik (Diplom)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Präzision der Frage „Warum gelten Naturgesetze?“	3
3. Ist die Frage „Warum gelten Naturgesetze?“ sinnvoll?	3
4. Bedarf es für verschiedene Arten von Gesetzen stets einer Erklärung?.....	5
5. Antwortmöglichkeiten:.....	7
5.1 Naturgesetze sind durch eine nicht hinterfragbare Instanz, etwa einen Gott oder den Urknall, geschaffen worden.	7
5.2 Aus statistischen Gründen.	7
5.3 Das ist in einer Welt, die Beobachter enthält, gar nicht anders möglich. (Schwaches anthropisches Prinzip)	7
5.4 Naturgesetze gelten a priori.....	8
5.5 Naturgesetze sind durch Evolution entstanden.	8
6. Resümee	9
7. Literaturverzeichnis.....	9

1. Einleitung

Das Referat zum Thema „Warum gelten Naturgesetze?“ wurde als zweiter Teil der systematischen Einführung im Seminar „Was sind und warum gelten Naturgesetze?“ am 29.04.2004 gehalten. Es baut auf dem ersten Teil der Systematischen Einführung mit dem Titel „Was sind Naturgesetze?“ auf. Diese Ausarbeitung sollte aber auch ohne den Teil I verständlich sein. Als Primärquelle liegt der Text „Was sind und warum gelten Naturgesetze?“ von Gerhard Vollmer (vgl. Vollmer S. 219ff) zugrunde.

2. Präzision der Frage „Warum gelten Naturgesetze?“

Das Wort „Naturgesetz“ wurde – soweit möglich – in Teil I definiert. Auch wenn dabei gezeigt wurde, wie kontrovers die Auffassungen von diesem Begriff sind, so sollte für diesen Teil die Charakterisierung „Naturgesetze sind (Beschreibungen von) Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme“ (Vollmer, S. 206) für das Verständnis ausreichend sein.

Mit „gelten“ meint Vollmer „wahr“ sein, wobei „Wahrheit etwas Objektives ist“ (Vollmer, S. 219). Damit wird ausgesagt, dass das, was wir mit Naturgesetz meinen, etwas ist, was unabhängig davon gilt, ob es jemand kennt oder anerkennt.

Das Fragewort lautet „Warum“. Das heißt insbesondere, dass die Geltung von Naturgesetzen vorausgesetzt wird und hier nur nach der Erklärung für diese Tatsache gefragt wird.

3. Ist die Frage „Warum gelten Naturgesetze?“ sinnvoll?

Auch wenn eine Frage auf den ersten Blick sinnvoll erscheint, so kann sie sich bei genauerer Betrachtung als sinnlos erweisen, zum Beispiel weil das Hinterfragte gar nicht existieren kann.

Vollmer gibt dazu Beispielfragen wie: „Was war vor dem Urknall?“ (Vollmer, S.221.)

Da nach dem Standardmodell der Kosmologie Raum und Zeit erst mit dem Urknall entstanden sind, gab es keine Zeit vor dem Urknall und somit überhaupt kein „vor dem Urknall“, weil das Wort „vor“ Zeit voraussetzt. Das hat nicht nur zur Folge, dass man nicht beantworten kann, was vor dem Urknall war, sondern mehr noch: Die Frage „Was war vor dem Urknall?“ (Vollmer, S.221) macht keinen Sinn. In diesem speziellen Fall kann die Frage Sinn machen, wenn wir uns mit einem anderen kosmologischen Modell als dem

Standardmodell beschäftigen, das muss aber speziell erwähnt werden, da es eine Abweichung von einem als Standard vereinbarten Modell ist.

Offensichtlicher ist vielleicht die folgende Beispielfrage: „Wie erreiche ich den 91.

Breitengrad?“ (Vollmer, S.221). Diese Frage ist sinnlos, da es per Definition nur Breitengrade von -90° bis $+90^\circ$ gibt. Wenn man mit Grad zum Beispiel wie früher in Südeuropa den 400. Teil eines Vollwinkels meint, muss das aus dem Kontext klar hervorgehen, damit die Frage sinnvoll sein kann.

Im Falle einer Warum - Frage wird allerdings Existenz vorausgesetzt (hier: Naturgesetze existieren), so dass man sich, auch wenn Vollmer diesen Schluss in seinem Text nicht zieht, über dieses Problem im weiteren Verlauf keine Sorgen machen muss.

Stattdessen birgt eine Warum - Frage ein anderes Problem: Was passiert, wenn das Fragewort als *kausales* „warum“ gemeint ist? Die Frage würde mit einem kausalen „Warum“ äquivalent zur folgenden Frage sein: Aus welchem (natürlichen) Grund gelten (alle) Naturgesetze?

Bei dieser Formulierung wird offensichtlich, dass letztlich nach einem Naturgesetz hinter allen Naturgesetzen gefragt wird. Damit wird die Frage sinnlos, da sich das Naturgesetz hinter den Naturgesetzen nicht selbst erklären kann, das müsste es aber, weil es alle Naturgesetze erklären muss.

Wenn ein kausales „Warum“ eine sinnlose Frage ergibt, wie kann das „Warum“ noch gemeint sein? Folgendes Zitat schränkt die Möglichkeiten vorerst noch weiter ein: „Nicht gemeint ist die Frage woher wir wissen, dass Naturgesetze gelten. Es handelt sich also nicht um ein epistemisches Warum: Wir wollen nicht erklären, warum wir meinen, dass Naturgesetze gelten, und wir wollen auch nicht begründen, warum wir oder andere die Geltung von Naturgesetzen überhaupt oder von bestimmten Naturgesetzen annehmen sollen.“ (Vollmer, S.220)

Hier sei angemerkt, dass das „Warum“ im späteren Verlauf durchaus epistemisch gemeint sein wird. Den sich damit bei Vollmer womöglich ergebenden Widerspruch habe ich im Seminar angesprochen, und dabei wurde geklärt, dass es mehrere Verwendungsweisen des Ausdrucks „epistemisch“ gibt, die Vollmer nicht unterscheidet und die mir leider auch nicht klar genug sind, um sie hier im Detail zu schildern. Obwohl bereits klar ist, dass ein kausales „Warum“ nicht zu einer sinnvollen Antwort führen kann, wird es erneut aufgegriffen werden. Bevor verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgestellt werden, bietet es sich an, die triviale Antwort für eine bestimmte Gruppe von Naturgesetzen voranzustellen:

Ist ein Gesetz (A) auf andere Gesetze (B_i) durch reine Logik zurückführbar, so lässt sich die Frage „Warum gilt Naturgesetz A?“ per Definition mit Hilfe von Logik beantworten, wenn

die Gültigkeit der B_i vorausgesetzt wird. Dieser Fall wird als *Covering Law* (engl. für umhüllendes Gesetz) bezeichnet. Vollmer nimmt als Beispiel das Boyle-Mariottesche Gesetz, welches auf die etwas grundlegendere ideale Gasgleichung zurückzuführen ist. Es ist ein Spezialfall für konstante Temperatur und konstante Teilchenzahl. Das Boyle-Mariottesche Gesetz gilt also, wenn die ideale Gasgleichung gilt.

Diese Zurückführungen können sukzessiv mit allen Gesetzen ausgeführt werden, bis man schließlich bei einem minimalen Satz von Gesetzen landet: den Grundgesetzen beziehungsweise der „Theory of everything“ oder, im Idealfall, bei einem einzigen Grundgesetz: der „Weltformel“.

Diese Grundgesetze entziehen sich, wie das Naturgesetz hinter den Naturgesetzen im Kausalitätsproblem, der Beantwortbarkeit durch Zurückführung, womit das Zurückführen keine Antwort für alle Naturgesetze liefern kann. Es liegt jetzt nahe, im Folgenden nur noch über die Grundgesetze nachzudenken.

4. Bedarf es für verschiedene Arten von Gesetzen stets einer Erklärung?

In einer anderen Formulierung soll der Sinn dieser Frage verdeutlicht werden: Gibt es Tatsachen oder Gesetze über die man sagen kann: „Nein, für dieses Gesetz stellt sich die Frage nach einer Erklärung nicht.“

Dies wird nun für verschiedene Arten von Tatsachen und Gesetzen untersucht:

a) Zufälle: Sind Zufälle einer Erklärung überhaupt fähig? Zufall bedeutet nach gängiger Auffassung: „ohne Ursache“. Hat etwas keine Ursache, so gibt es auch keine kausale (!) Erklärung, wie zum Beispiel in Vollmers Frage zur Verdeutlichung: Warum zerfällt das freie Neutron genau jetzt? Wenn man einen deterministischen Standpunkt vertritt, so kann man behaupten, dass es keine Zufälle gibt, sondern nur Erkenntnislücken. Diesen Standpunkt kann man nicht widerlegen.

Einen ganz anderen Ansatz für die Zufallsthese kann man aus der algorithmischen Informationstheorie (Chaitins) ableiten. Der wichtigste Schluss aus dieser Theorie ist, dass jede Minimalbeschreibung eines Systems keinerlei Redundanz, keine Wiederholungen, keine Regelmäßigkeiten aufweist und somit zufällig ist. Zusammengefasst: Die „Theory of Everything“ gilt aus Zufall.

Meiner Meinung nach sind Zufälle nach beiden hier geführten Argumentationen einfach ein zweiter Beweis, dass es keine kausale Erklärung für Naturgesetze geben kann.

b) Symmetriegesetze, bzw. Homogenitäten: Muss man begründen, warum etwas symmetrisch, homogen oder isotrop ist oder eher warum etwas asymmetrisch oder inhomogen ist, beziehungsweise warum Vorzugsrichtungen existieren? Vollmer gibt darauf keine Antwort, sondern verweist nur indirekt wieder darauf, dass Zustände ohne Ursache keiner Erklärung bedürfen. Sein Beispiel ist die gleichförmig-geradlinige Bewegung in der Newtonschen Mechanik.

c) Metagesetze: „Soweit Metagesetze nur Forderungen an Gleichungen und Lösungen sind, beschreiben sie nicht die Welt und sind keiner Erklärung bedürftig.“ (Vollmer S.224)

Die restlichen Zeilen von (c) beruhen nicht auf Vollmers Text, sondern sind eigene Folgerungen. Bezieht man die unter Punkt (b) gestellte Frage über Symmetriegesetze, bzw. Homogenitäten mit ein, so lässt sich an dieser Stelle mit Hilfe des Noether – Theorems eine interessante Aussage treffen: Nach diesem Theorem lässt sich jede Erhaltungsgröße (es ist durchaus legitim diese Erhaltungsgesetz zu nennen) rein mathematisch aus zeitlichen oder räumlichen Invarianzen (Homogenitäten) herleiten. Man kann daher sehr fundamentale Gesetze wie die Impulserhaltung auf eine Homogenität unserer Welt zurückführen: „the invariance of physical systems with respect to translation (when simply stated, it is just that the laws of physics don't vary with location in space) translates into the law of conservation of linear momentum“ (http://www.fact-index.com/n/no/noether_s_theorem.html).

In diesem Zitat wird deutlich, dass die Homogenität des Raumes, nach den Forderungen an Naturgesetze aus Teil I (Was sind Naturgesetze), eine notwendige Bedingung für die Existenz von Naturgesetzen stellt. Die Umkehrfolgerung ist hinreichend: Wenn Naturgesetze existieren, was vorausgesetzt ist, ist der Raum homogen. Wir setzen also indirekt einen homogenen Raum voraus, aus dessen Existenz wiederum mit dem Noether – Theorem die Impulserhaltung folgt. Zusammengefasst heißt das: Wenn es mindestens ein Naturgesetz gibt, was vorausgesetzt ist, ist die Gültigkeit des Natur- (oder vielleicht auch nur des Meta-) gesetzes „Impulserhaltungssatz“ beweisen. Um meinen eigenen *Beweis* wieder ins Wanken zu bringen: ich denke, dass „the invariance of physical systems with respect to translation“ (http://www.fact-index.com/n/no/noether_s_theorem.html) hier nicht mit der Anforderung der Ortsunabhängigkeit an Naturgesetze gleich gesetzt werden kann.

d) Prinzipien der Kosmologie: Hier ergibt sich ein Konflikt zu den in Teil I für Naturgesetze geforderten Bedingungen: „Naturgesetze sollen logisch allgemein sein.“ (Vollmer, S.215) In der Kosmologie kann man aber, da man nur ein Universum untersuchen kann, nicht feststellen, ob der gefundene Zusammenhang nur in unserem Universum gilt oder ein Gesetz für mögliche andere Universen ist. Es besteht besondere Gefahr für akzidentelle Verallgemeinerung (Vgl. Referat „Was sind Naturgesetze“).

5. Antwortmöglichkeiten:

Betrachtet man die Naturgesetze (die vorläufige Version der „Theory of Everything“), die in ihrer Gesamtheit zu keinem der vorigen Spezialfälle gehören, so kann man verschiedene Thesen für deren Gültigkeit aufstellen.

5.1 Naturgesetze sind durch eine nicht hinterfragbare Instanz, etwa einen Gott oder den Urknall, geschaffen worden.

Diese Antwort „ist natürlich keine Lösung, sondern eher eine Preisgabe unserer Neugier oder ein Aufkündigen der Diskussionsbereitschaft“. Zum Beispiel besagt das starke anthropische Prinzip (Anthropos: griechisch für Mensch), dass es einen Planer gibt, der die Naturgesetze mit der Absicht gemacht hat, eine Welt zu erschaffen in der es Menschen geben kann.

5.2 Aus statistischen Gründen.

Vollmer gibt als Beispiel die Gesetze der Thermodynamik, die auf makroskopischer Ebene deterministisch zu sein scheinen, obwohl sie in Wirklichkeit statistische Makrogesetze sind. Da mir Vollmers Argumentation in diesem Punkt nicht ganz eingängig ist und sein Beispiel auch gar kein Grundgesetz betrifft (die Statistik ist nicht von der Natur losgelöst, sondern beruht auf elementareren mikroskopischen Gesetzen über Teilchen – Teilchen – Wechselwirkungen), verweise ich für dieses Beispiel auf das Covering Law. Die von Beispielen losgelöste allgemeine Argumentation in Vollmers Text zu statistischen Gründen kann ich leider nicht nachvollziehen und verweise deshalb auf S.229 in seinem Text.

5.3 Das ist in einer Welt, die Beobachter enthält, gar nicht anders möglich. (Schwaches anthropisches Prinzip)

Wir wissen aufgrund unserer Existenz, dass die Naturgesetze so sind, dass Leben möglich ist. Das „bietet noch keine befriedigende Antwort auf unsere Frage, stellt aber doch einen Zusammenhang her zwischen der Tatsache, dass wir fragen, und dem was wir fragen. Die eigentliche Aufgabe besteht darin herauszufinden, von welchen Eigenschaften des Universums unsere Existenz wesentlich abhängt.“ (Vollmer, S.230)

Dies wird mit Bezug auf Naturkonstanten, etwa die Feinstrukturkonstante, von deren Werten die Möglichkeit von Leben empfindlich abhängt, besonders deutlich.

5.4 Naturgesetze gelten a priori.

Wenn man eine Welt erfahren oder erforschen kann, dann muss diese Welt notwendig bestimmte Strukturen aufweisen. Diese Wenn – dann – Aussage kann man im Gegensatz zum anthropischen Prinzip unabhängig von Erfahrung mit Naturgesetzen machen.

5.5 Naturgesetze sind durch Evolution entstanden.

Im einfachsten Falle bedeutet dies, dass sich Naturkonstanten ändern können und sie sich vielleicht für irgendeinen Zweck optimieren. Als Beispiel nennt Vollmer, dass die Gravitationskonstante nicht konstant sei, sondern sich im Laufe der Zeit ändere. Sobald diese Beispielthese, die von P.A.M. Dirac wirklich einmal formuliert wurde, verifiziert würde, würde man nach der Gesetzmäßigkeit der Zeitabhängigkeit suchen und vielleicht auf etwas wie $G(t) = G_0 \exp(-at)$ stoßen. Damit kann man dann möglicherweise gewisse Phänomene in der Kosmologie besser verstehen, aber man ist der Antwort auf die Frage, warum Naturgesetze gelten, nicht näher gekommen. Man hätte in diesem Fall zwar die Gravitationskonstante vernichtet – positiv formuliert: man hat eine Naturkonstante erklärt, aber in demselben Moment hat man zwei neue Naturkonstanten (G_0 und a) und ein neues Naturgesetz aufgestellt.

Lee Smolin geht etwas weiter: Er stellt die These auf, dass bei der Bildung eines schwarzen Loches eine neue Welt entsteht. In dieser können die Naturkonstanten etwas verändert sein, so wie die Gene eines Kindes sich etwas von denen der Eltern unterscheiden. Letztlich „pflanzen sich die Universen am besten fort“, bei denen die Naturkonstanten für das Entstehen schwarzer Löcher optimiert sind. Somit hat ein typisches Universum solche nahezu optimalen Naturkonstanten für schwarze Löcher. Das in der Kosmologie übliche Risiko akzidenteller Verallgemeinerung eingehend, kann man für die These argumentieren, dass unser Universum gerade solche Naturkonstanten hat.

Die Evolutionstheorie ist allerdings eher eine Antwort auf die Frage „Warum sind die Naturkonstanten so wie sie sind?“, und vermutlich ist dieses „warum“ auch noch ein kausales „warum“.

6. Resümee

Im Abschnitt über Metagesetze, über den ich am längsten nachgedacht habe, werden einige Fragen aufgeworfen, die ich nicht beantworten kann. Ist der Impulserhaltungssatz wirklich aus der Definition von Naturgesetzen ableitbar? Falls ja, ist der Impulserhaltungssatz damit ein Metagesetz? Gilt das gleiche wegen der Forderung zeitlicher Invarianz für den Energieerhaltungssatz? Sind diese Gesetze, da sie bewiesen sind, unantastbar bzw. unmodifizierbar?

Es gibt viele interessante Antwortmöglichkeiten auf die Frage „Warum gelten Naturgesetze?“, die im Falle von epistemischen Antworten sicherlich sinnvoll, nicht einfach widerlegbar und für Laien wie mich erkenntnisfördernd sind. Die epistemischen Antworten vermitteln aber nicht das Gefühl, dass man die Frage als geklärt ansieht. Bei Antworten auf die kausal zu verstehende Frage „Warum gelten Naturgesetze?“ erhofft man sich eher eine befriedigende Antwort und vergisst in dieser Euphorie ganz, dass man die Antwort auf eine sinnlose Frage sucht. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass keine endgültige Antwort auf die Frage „Warum gelten Naturgesetze?“ gefunden wurde.

Stattdessen wurden mir beim Lesen von Vollmers Text, im Seminar und beim Schreiben dieser Ausarbeitung, die mit der Frage verbundenen Probleme, die Frage selbst und die mit möglichen Antworten verbundenen Probleme sehr deutlich.

7. Literaturverzeichnis

VOLLMER, Gerhard: Was sind und warum gelten Naturgesetze? In: Kanitscheider, B. (Hrsg.): *Philosophia Naturalis*. Frankfurt: Vittorio Klostermann 2000, S.219-239.

INTERNET: http://www.fact-index.com/n/no/noether_s_theorem.html 28.04.2004, 16:00Uhr