

WWU Münster

Seminar über philosophische Aspekte der Physik

schriftliche Ausarbeitung des Referats „Was sind Naturgesetze?“

von Dennis Pongs

Was sind Naturgesetze?

Inhaltsverzeichnis

1 Warum interessieren wir uns für Naturgesetze?	1
2 Vorläufige Charakterisierung der Naturgesetze	2
3 Merkmale von Naturgesetzen	4
4 Naturgesetze und akzidentelle Verallgemeinerungen	5
Literaturverzeichnis	7

1 Warum interessieren wir uns für Naturgesetze?

In diesem ersten Kapitel werden einige Gründe genannt, warum man sich für die Naturgesetze interessiert. Es folgt im zweiten Kapitel eine vorläufige Charakterisierung der Naturgesetze. Im dritten Kapitel werden Merkmale genannt, denen Naturgesetze genügen müssen, bevor im vierten Kapitel u.a. anhand zufällig wahrer Verallgemeinerungen deutlich gemacht wird, dass der Begriff des Naturgesetzes noch nicht zufriedenstellend definiert worden ist.

Mit den Naturgesetzen meint man im weiten Sinn die Naturordnung überhaupt, d.h. die Struktur der Welt, des Universums. In diesem Sinn sprechen schon Aristoteles und Platon von Naturgesetzen. Im engeren Sinne sind Naturgesetze meist quantitative Zusammenhänge zwischen beobachteten oder vermuteten Erscheinungen der realen Welt, die oft als Gleichungen formuliert sind.

Bis etwa 1600 waren allerdings außer dem Gesetz der Pythagoreer über Seitenlängen und dem Reflexionsgesetz von Heron keine weiteren Naturgesetze bekannt.

Für die Suche nach Naturgesetzen gibt es praktische und theoretische Motive. Die praktischen Motive, wie technischer Fortschritt, sollen hier keine Rolle spielen. Die theoretischen Motive beziehen sich letztlich auf die Erkenntnis der Welt. Theoretische Motive bzw. Vorteile der Naturgesetze sind z.B.:

- Naturgesetze dienen der ökonomischen Beschreibung vergangener Erfahrungen
- Naturgesetze dienen der wissenschaftlichen Systematisierung
- sie haben als Allaussagen hohen Informationsgehalt
- sie sind im Allgemeinen gut prüfbar; sie dienen der Prognose und Retrodiktion
- Naturgesetze dienen der Erklärung (leisten aber keine Letzterklärung)
- dienen dem Verstehen/der Weltorientierung
- Naturgesetze sind Elemente von Theorien, die ihrerseits ähnlichen Zwecken dienen
- das Finden von Gesetzen/Theorien ist mit Fortschritt der Wissenschaften eng verknüpft

Aufgrund dieser starken Vorzüge der Naturgesetze ist es ein Ziel der Naturwissenschaften, diese zu finden. Des weiteren ist „Naturgesetz“ ein zentraler Begriff der Erfahrungswissenschaften. Ohne den Begriff des Naturgesetzes kann man nicht sagen, was eine wissenschaftliche Erklärung oder eine erfahrungswissenschaftliche Theorie ist. Daher ist die Klärung des Begriffs erstrebenswert.

2 Vorläufige Charakterisierung der Naturgesetze

Naturgesetze sind (Beschreibungen von) Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme.

Die Naturgesetze sind einerseits die Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme selbst, andererseits bezeichnet man mit dem Begriff „Naturgesetz“ aber auch die sprachlichen oder mathematischen Beschreibungen dieser Regelmäßigkeiten. In der Definition spricht man von Regelmäßigkeiten, statt etwa von Gesetzmäßigkeiten, um die Gefahr einer Zirkeldefinition zu meiden. Regelmäßigkeiten können dann allerdings nicht mehr über den Begriff der Naturgesetze definiert werden.

Reale Systeme sind etwa: Elementarteilchen, Atome, Moleküle, Makromoleküle, Kristalle, Flüssigkeiten, Gase, Zellen, Lebewesen, Gehirne, Ökosysteme, Gestirne, Sternensysteme, Galaxien. Zu ihnen gehören aber auch Individuen wie Aristoteles, die Erde oder die Milchstraße, ebenso Artefakte wie Pendel, Uhren, Motoren, Raketen oder Raumstationen. Reale Systeme stehen im Gegensatz zu abstrakten Systemen, etwa strukturierten Mengen, Begriffshierarchien, Axiomensysteme, Theorien oder Grammatiken. Die Gesetze, die für abstrakte Systeme gelten, werden nicht als Naturgesetze bezeichnet. So gibt es neben den Naturgesetzen noch logische, mathematische, sprachliche und andere Gesetze. Naturgesetze gelten unabhängig vom Menschen, während sprachliche Gesetze z.B. einer willkürlichen Definition entspringen.

Zu den Grenzfällen gehören Metagesetze. Metagesetze gelten für Gesetzesaussagen, solche Metagesetze sind z.B. Symmetrieforderungen an Gleichungen oder Lösungen (etwa Invarianz unter Zeitspiegelung). Diese Gesetze dienen ebenfalls der angemessenen Beschreibung der Natur, sie sind jedoch keine Grundgleichungen.

Es stellt sich die Frage, ob die Forderung nach ausnahmslosen Regelmäßigkeiten sinnvoll ist. Zum Beispiel wird der II. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropievermehrungssatz) als Naturgesetz angesehen. Nach diesem laufen nur die Prozesse selbsttätig¹ ab, bei denen die Gesamtentropie zunimmt. Theoretisch wäre es allerdings möglich, dass die Gesamtentropie bei einem Ereignis abnimmt. So wäre es denkbar, dass ein auf dem Tisch liegendes Buch spontan an die Decke prallt, wenn sich zufällig alle Luftmoleküle zwischen Tisch und Buch gerade gleichzeitig in einer Aufwärtsbewegung befinden. Aufgrund der hohen Teilchenzahl ist ein solches Ereignis sehr unwahrscheinlich, aber theoretisch möglich. Die Entropie nimmt bei

¹ feststehender Ausdruck in der Physik der Strukturbildung

einem solchen Ereignis ab, denn aus der ungeordneten Molekularbewegung geht eine makroskopisch geordnete Bewegung hervor. Der II. Hauptsatz der Thermodynamik verbietet ein solches Ereignis, streng genommen ist er also falsch, dennoch wird er als Naturgesetz bezeichnet. Damit sich unser Begriff des Naturgesetzes nicht von dem des allgemeinen Sprachgebrauchs unterscheidet, sollten also Ausnahmen bzgl. der Regelmäßigkeiten zugelassen werden. Auch Galileis Fallgesetze und Newtons Gravitationsgesetze sind streng genommen falsch, da sie nur näherungsweise gültig sind. Gewisse Ausnahmen machen also Sinn, aber Abweichungen bzgl. der Regelmäßigkeiten dürfen nicht ohne weiteres zugelassen werden. Es bestünde sonst die Gefahr einer Immunisierung der Naturgesetze, d.h. jemand könnte ein Naturgesetz aufstellen, das sich immer wieder als falsch herausstellt, und sein Naturgesetz damit rechtfertigen, dass es unter den und den Umständen nicht gelte. Die Naturgesetze wären bzgl. einer Falsifizierung immun.

Die Regelmäßigkeiten selber sind fast nie in reiner Form beobachtbar. So gibt es z.B. keine kräftefreien Systeme und kein absolutes Vakuum. Das Wort „real“ bezieht sich auf das System, welches raumzeitlich, materiell/energetisch existiert und nicht abstrakt ist.

NaturGESETZE werden teilweise auch als Vorschriften mit Erlasscharakter angesehen, die normative Elemente enthalten. Diese Bedeutung schwächt mit zunehmendem Wissensfortschritt allerdings immer weiter ab. Eine weitere alternative Charakterisierung der Naturgesetze stellt die Auffassung des Instrumentalismus dar. Nach dieser sagen die Naturgesetze nichts über die Welt aus, sondern sind nur Werkzeuge/Instrumente, um von Aussagen zu weiteren Aussagen zu kommen.

Insgesamt dienen die Naturgesetze einer Erklärung, wobei sie selber keine Erklärungen darstellen, sondern Beschreibungen. Das kann man sich an dem Beispiel des Gravitationsgesetzes verdeutlichen, welches erklärt, warum Erde und Mond sich anziehen. Erde und Mond stellen zwei Massen dar und ziehen sich nach dem Gravitationsgesetz als solche an. Das Gravitationsgesetz liefert dabei keine Letzterklärung, warum Massen sich anziehen, es beschreibt einfach diese Tatsache.

3 Merkmale von Naturgesetzen

Naturgesetze sind Allaussagen. Das Ziel der Wissenschaften ist es, Aussagen über alle einschlägigen Systeme zu gewinnen, z.B. über alle Elektronen, alle Raumpunkte, alle Affen oder alle Gesellschaften. Nur Aussagen, die nicht zu einem singulären Satz äquivalent sind, können Naturgesetze sein. Eine Aussage wie „*Alle Planeten, die mit der Erde identisch sind, sind rund.*“ ist beispielsweise kein Naturgesetz, weil diese Aussage äquivalent zu der singulären Aussage „*Die Erde ist rund.*“ ist.

Außerdem sind Naturgesetze Bedingungssätze wie „*Alle Körper haben Masse.*“, d.h. nur wenn es sich bei einem Objekt um einen Körper handelt, dann besitzt dieses eine Masse. Naturgesetze haben also die Form $\forall x : Ax \rightarrow Bx$, wobei A und B Aussagen über die Objekte x sind.

Naturgesetze sind synthetische Aussagen, d.h. ihr Wahrheitsgehalt folgt nicht aus den Definitionen der in der Ausformulierung des Gesetzes vorkommenden Begriffe. „*Alle Junggesellen sind verheiratet.*“ ist keine synthetische Aussage, sondern eine analytische. „*Junggesellen sind fleißig.*“ ist hingegen eine synthetische Aussage. Naturgesetze sind keine logisch wahren oder logisch falschen Aussagen, wie: „*Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter oder es bleibt, wie es ist.*“ (logisch wahr) oder „*Ein Dynamo ist kein Dynamo.*“ (logisch falsch). Ebenfalls kein Kandidat für ein Naturgesetz ist die Aussage „*Wasser gefriert bei 0°C.*“, da gerade so der Nullpunkt der Celsiusskala definiert wurde.

Naturgesetze sind relational, formulieren also einen Zusammenhang zwischen mindestens zwei Größen. Auch Ungleichungen gehören dazu wie $\frac{dS}{dt} \geq 0$.

Naturgesetze müssen als wahr akzeptierbar sein, sie können jedoch nicht bewiesen werden, wie die Skeptiker in der Vergangenheit zeigten. Im Rahmen der geforderten Genauigkeit lässt sich jedoch ihr naturgesetzlicher Charakter feststellen. Die klassische Mechanik hat sich z.B. streng genommen als falsch erwiesen. Aufgrund der sehr guten Näherung für Massen, die aus vielen Teilchen bestehen und die sich weit unterhalb der Lichtgeschwindigkeit bewegen, weisen die Gesetze der klassischen Mechanik einen naturwissenschaftlichen Charakter auf.

Die genannten Merkmale spezifizieren den Begriff der Naturgesetze noch nicht hinreichend. Im folgenden Kapitel werden daher zusätzliche Forderungen an Naturgesetze gestellt, die jedoch noch nicht als eindeutig geklärt angenommen werden können.

4 Naturgesetze und akzidentelle Verallgemeinerungen

Akzidentelle Verallgemeinerungen sind Aussagen, die zufällig wahr sind, z.B. „*Alle Fische in Peters Teich sind Forellen.*“, „*Alle Studierenden in diesem Hörsaal sind im Juni geboren.*“ oder „*Alle Planeten der Sonne haben Massen unter 10^{31} g.*“ (Der Jupiter als massenreichster Planet der Sonne hat eine Masse von knapp 2×10^{30} g.) Diese Aussagen genügen den bisherigen Merkmalskriterien der Naturgesetze, sie gehören jedoch nicht zu diesen, daher ergeben sich weitere Ansprüche an Naturgesetze.

Naturgesetze sollen logisch allgemein sein, statt sich auf bestimmte Zeitpunkte, Orte oder Gegenstände zu beziehen. Ein Naturgesetz darf keine Individuenkonstanten enthalten, erst recht keine kontextabhängigen Indikatoren. Diese Forderung ist jedoch zu eng, da man z.B. Aussagen über alle Lebewesen der Erde als Naturgesetze akzeptiert. Des weiteren ist das Universum per Definition die Gesamtheit aller realer Systeme, es gibt also nur eins und Aussagen über dieses werden ebenfalls als Naturgesetze akzeptiert.

Durch die Forderung, dass ein Naturgesetz induktiv bestätigungsfähig sein muss, können einige akzidentelle Verallgemeinerungen ausgeschlossen werden, wie z. B. „*Alle Studierenden in diesem Hörsaal sind im Juni geboren.*“ Wenn diese Aussage bei einigen Studierenden in einem Hörsaal zutreffen sollte, wird man es bei den übrigen nicht als wahrscheinlicher annehmen, dass auch diese im Juni geboren sind. Ohne eine solche Erwartung kann es aber zu keiner Bestätigung oder Enttäuschung der Aussage kommen, ein Naturgesetz führt hingegen zu Erwartungen, die bestätigt werden können. Bei einer Aussage wie „*Alle Fische in Peters Teich sind Forellen.*“ bestätigen weitere gefangene Fische hingegen weiterhin die entsprechende Aussage. Auch dieses Kriterium ist also noch nicht abschließend geklärt.

Ein pragmatisches Kriterium an Naturgesetze ist, dass Naturgesetze für Voraussagen verwendet werden können. Doch es ist weiterhin unklar, wann ein Naturgesetz wahr ist.

Ein Naturgesetz kann irrealer Konditionalsätze stützen, d.h. wenn ein Naturgesetz die Form $\forall x : Ax \wedge Bx \rightarrow Cx$ hat, so sollten auch alle Objekte $x \in C$ sein, wenn sie A sind und B wären. Ein solcher irrealer Konditionalsatz ist z.B.: „*Wenn ich auf dem Mond Hochsprung machte, würde ich sechs Meter hoch springen können.*“ (zur Stützung dieser kontrafaktischen Aussage dienen das Gravitationsgesetz, eine Bewegungsgleichung und physiologische Befunde). Aussagen wie die über Peters Fische genügen nun nicht mehr den Kriterien für das Naturgesetz, weil der irrealer Konditionalsatz „*Wäre in Peters Teich ein weiterer Fisch, so wäre er ebenfalls eine Forelle.*“ nicht gestützt werden kann. Es ergibt sich jedoch mit diesem Kriterium ein anderes Problem: Ein Konditionalsatz ist auch mit falscher Prämisse logisch immer wahr,

d.h., wenn Ax falsch ist, so sind $Ax \rightarrow Bx$ und $Ax \rightarrow \neg Bx$ wahr. Wenn man einen Stein loslässt, so fällt er. Wenn man ihn nicht loslässt, so lässt sich logisch wahr folgern, dass er fiel und dass er nicht fiel, wenn man ihn losläße. Das darf nicht sein! Der Zusammenhang zwischen Naturgesetzen und irrealen Konditionalsätzen ist erhellend, er löst das Problem jedoch nicht vollständig.

Naturgesetze tragen Notwendigkeitscharakter. Der Begriff der Notwendigkeit ist dabei noch nicht zufriedenstellend definiert. Eine Schwierigkeit ist, dass der Begriff „Notwendigkeit“ unabhängig vom Begriff „Naturgesetz“ definiert werden muss, da sonst die Gefahr eines Definitionszirkels besteht. Bisher beschränkt man sich entweder nach TARSKI auf logische Notwendigkeit oder man verwendet den Begriff der „Naturnotwendigkeit“ nach POPPER. Die beiden Begriffe sind folgendermaßen definiert:

Aussage ist logisch notwendig

↔ Aussage ist allgemeingültig

↔ Aussage wird durch jedes Modell bestätigt

↔ Aussage gilt in jeder Interpretation

↔ Aussage ist in jeder möglichen Welt wahr

Aussage ist naturnotwendig

↔ Aussage ist in all jenen Welten wahr, die sich von unserer höchstens in den Randbedingungen unterscheiden

↔ Aussage ist auch unter anderen Randbedingungen wahr

↔ Aussage ist unter allen Randbedingungen wahr

Nach TARSKI wären somit nur analytische Sätze notwendig. Naturgesetze sollten aber synthetisch sein (s.o.). Beim Begriff der Naturnotwendigkeit scheint es hingegen unmöglich, den Begriff „Randbedingungen“ unabhängig vom Begriff der Naturgesetze zu definieren. Nach POPPER sind nur die Randbedingungen zugelassen, die mit Naturgesetzen verträglich sind. Der Begriff der Naturgesetze geht also mit in die Definition der Randbedingungen ein, man erhält einen Definitionszirkel.

Ein Naturgesetz ist insgesamt nicht nur nicht als wahr, sondern auch nicht als Naturgesetz erweisbar, da sich ein vermeintliches Naturgesetz nachträglich immer als akzidentelle Verallgemeinerung entpuppen kann. Eine zirkelfreie Definition der Naturgesetze gelingt nicht.

Literaturverzeichnis

[1] VOLLMER, G.: Was sind und warum gelten Naturgesetze?, in *Philosophia Naturalis*, Jahrgang 37. Frankfurt am Main: Vittorio Klostermann, 2000