

Michael Hampe

Der Begriff des Naturgesetzes

Seminar, gehalten am Wissenschaftskolleg
am 23. und 24. Juni 1995*

Teilnehmer: Jürgen Audretsch (Konstanz), Michael Hampe (Berlin), Michael Heidelberger (Berlin), Andreas Hüttemann (Heidelberg), Peter König (Heidelberg), Dirk Koppelberg (Berlin), Ulrich Kühne (Hamburg), Maria-Sibylla Lotter (Berlin), Hans Poser (Berlin), Erhard Scheibe (Hamburg).

Im Rahmen des DFG-Projektes über Philosophische Prinzipien der Gesetzmäßigkeit und ihre Anwendung in den Natur-, Sozial- und Rechtswissenschaften sollen drei Seminare stattfinden. Das erste zum Begriff des Gesetzes in den Naturwissenschaften fand im Wissenschaftskolleg statt. In ihm sollte diskutiert werden, wie die verschiedenen logischen Formen, die in der Wissenschaftstheorie von Naturgesetzen angegeben werden, zu bewerten sind, wie das Verhältnis von praktischer und theoretischer Notwendigkeit zu bestimmen ist und in welchem Sinne von einer Geschichtlichkeit der Gesetze gesprochen werden kann. Es wurden an zwei Tagen vier Vorträge mit Koreferaten gehalten. Der Diskussion war viel Raum gegeben. Es folgen kurze Zusammenfassungen der Hauptvorträge.

1. Erhard Scheibe, Allgemeinheit und Kohärenz

Auseinandersetzungen um die mögliche logische Form des Gesetzesbegriffs charakterisierten die Überlegungen von Erhard Scheibe zum Begriff des Naturgesetzes. Ausgangspunkt seiner Analysen ist die Unangemessenheit der traditionellerweise als logische Form eines Gesetzes angegebenen Struktur, wie dem Aristotelischen „B kommt allen A zu“, dem Fregeschen „Für alle x: wenn A(x), dann B(x)“ oder dem kontrafaktischen Schema: „Für alle x: Wenn A(x) der Fall wäre, dann würde auch B(x) der Fall sein“. Rekonstruktionen der logischen Form von Gesetzen dieser Art hält Scheibe für physikalisch unangemessen und philosophisch irreführend. Physikalische Gesetze, die tatsächlich in Lehrbüchern oder axiomatisierten Theorien als solche gekennzeichnet sind, wie Newtons *lex secunda*, Maxwells Gleichungen, das Ohmsche

* Das Seminar wurde unterstützt von der Otto und Martha Fischbeck-Stiftung.

oder Snellsche Gesetz, können mit dieser logischen Form nach Scheibe nicht beschrieben werden, sondern nur solche letztendlich wissenschaftlich unsinnigen und nur in philosophischen Traktaten auftauchenden Sätze wie „Wenn ein metallener Körper erwärmt wird, dehnt er sich aus“ oder „Alle Raben sind schwarz“. Diese logische Form berücksichtigt nach Scheibe nicht die Polarität von Kohärenz und Generalität, die jedes physikalische Gesetz kennzeichnet. Jedes physikalische Gesetz bezieht sich nach Scheibe auf ein physikalisches System, das so präpariert und isoliert wird, daß es möglich wird, es mit einer mathematischen Struktur zu beschreiben. Die Universalität der Gesetzesannahmen, die die erfolgreiche Anwendung einer mathematischen Struktur in der Beschreibung eines Systems zu postulieren erlaubt, ergibt sich nun aus dem Fiktionalismus der Physik, die so tut, als wäre das präparierte und isolierte System die *ganze Welt*. Dieser Fiktionalismus ist kein wilder, denn die Gesetzesannahmen, die nur unter seiner Bedingung möglich sind, führen de facto in der Regel zu einer Integration verschiedener Propositionen in einer kohärenten Theorie, in der die Welt, wie idealerweise in der Newtonischen Physik, als ein zusammenhängendes Ganzes erscheint.

Diese Vorstellung, daß die Welt ein *zusammenhängendes Ganzes* ist, die wir durch die integrative Kraft von Gesetzesannahmen in unseren Theorien darzustellen versuchen und deren reale Möglichkeit zumindest eines der heuristischen Prinzipien in der physikalischen Forschung beim Aufspüren der kleinsten noch meßbaren Abhängigkeiten von Größen voneinander ist, steht allerdings in einem gewissen Spannungsverhältnis zu der Allgemeinheit von Gesetzesannahmen, die nur durch die Anwendung einer mathematischen Struktur auf ein künstlich erzeugtes und von den Einflüssen der Welt stark *isoliertes* System erreichbar ist. Ein physikalisches Gesetz, das in mathematischer Sprache formuliert ist, kommt also durch zwei einander widerstrebende Tendenzen zustande: erstens dem Streben nach einer mathematisch allgemeinen Beschreibung, die tatsächlich nur für künstlich isolierte Weltausschnitte gilt, und zweitens in der Integration all unserer wahren Behauptungen über Weltausschnitte in einer Theorie, die die Welt als ein möglichst kohärentes Ganzes erscheinen läßt, und im Streben nach einer Meßgenauigkeit, die auch die marginalsten Abhängigkeiten von Größen voneinander sichtbar macht. Nach Scheibe ist bis heute noch nicht verstanden, wie diese beiden Tendenzen in einer Gesetzesannahme aufeinander bezogen sind. Was es bedeutet, daß ein Gesetz einerseits eine *allgemeine* Behauptung über die Welt ist, die andererseits nur experimentell in einem *isolierten* System getestet werden kann, könnte jedoch nur verstanden werden, wenn das Verhältnis dieser beiden

Tendenzen von Gesetzen, Allgemeingültigkeit und Kohärenz nachvollziehbar wäre.

Trotz der Unklarheit in der Beschreibung dieser beiden Aspekte eines physikalischen Gesetzes glaubt Scheibe eine neue, und auch gegenüber den bisherigen Explikationen angemessenere, Beschreibung der logischen Form eines Gesetzes geben zu können. Diese logische Form ist die folgende:

Für alle y : Wenn Ky , dann $(a_1 \dots a_n; xY_1 \dots xY_n)$

Dabei steht y für die Beschreibung eines individuellen physikalischen Systems, K steht für die Anwendung dieser Beschreibung in einem bestimmten präparierten System und bezeichnet eine Menge von Allgemeinbegriffen, die auch nicht-theoretische generelle Terme (umgangssprachliche Prädikate) enthalten kann (wie Gas, Kristall, flüssig, fest, etc.). Der F -Teil der logischen Form gibt den eigentlich nomischen Gehalt an, der durch die Prädikate der betreffenden Theorie, in der das Gesetz formuliert wird, festgelegt ist. Dabei wird einem Zustand des Systems a_1 ein anderer Zustand des Systems xY_1 zugeordnet, so daß sich eine eindeutige Zustandsbeschreibung des präparierten Systems durch das Gesetz auf Grund von F , auch für alle *möglichen zukünftigen Zustände*, die das System einnehmen könnte, ergibt.

Diese Angabe der logischen Form unterscheidet erstens zwischen der *systemtranszendierenden* Allgemeinheit eines Gesetzes, die in den unter K gesammelten Prädikaten erfaßt ist und den *systemkonstituierenden* Allgemeinheiten, die in der Zustandsbeschreibung innerhalb von auftauchen. Diese Differenzierung wird in der üblichen Allquantoren-Allgemeinheit und der Verwendung von beliebigen Prädikaten ("Für alle y , wenn Fy , dann Gy ") *nicht* wiedergegeben. Zweitens vermeidet diese Explikation den Begriff der natürlichen oder physikalischen Notwendigkeit, sofern die Zuordnung von Zahlen in N -Tupeln zueinander die kausale oder sonstwie anzusehende Abhängigkeit der Zustände des Systems voneinander offenläßt. Drittens macht diese Formalisierung den kontrafaktischen bzw. modalen Aspekt eines Gesetzes, daß es auch von den *möglichen Zuständen* eines Systems handelt, deutlich, sofern im

Teil a , x , zugeordnet wird, also *beliebige zukünftige Zustände* durch seine Form mathematisch erfaßbar sein sollen. Die Angabe dieser logischen Form eines Gesetzes ist also einerseits *allgemeiner* als die traditionelle, die an universalen Kausalgesetzen orientiert ist, andererseits *genauer*, als sie zwischen den Allgemeinheiten, die durch den vortheorietischen Apparat der Umgangssprache, der in eine Gesetzesannahme eingeht, und den theoriespezifischen Allgemeinheiten eines Gesetzes unterscheidet.

2. Hans Poser, Mathematische und physische Notwendigkeit

Auch Hans Poser beschäftigte sich mit dem Verhältnis von mathematischer Struktur und erfahrbarer physikalischer Wirklichkeit, doch nicht hinsichtlich der Begriffe Allgemeinheit und Kohärenz, sondern hinsichtlich des *Notwendigkeitsbegriffes*. Denn Naturgesetze werden oft als notwendigerweise wahre Allaussagen gekennzeichnet, im Unterschied von nur zufälligerweise wahren Allaussagen, die nicht *Grundlage von Prognosen* sein könnten, wie es Naturgesetze sind. Da der Begriff des Naturgesetzes erst in der modernen mathematisierten Naturwissenschaft prominent wird, liegt es nahe, die mathematische Notwendigkeit auch als die Wurzel der Notwendigkeit eines mathematisch formulierten Naturgesetzes, das heißt als Grund der physikalischen Notwendigkeit zu betrachten. Die Galileische Vorstellung, daß das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben sei, rechtfertigte diesen Gedanken ontologisch. Doch so vielfältig das Schicksal der Modalbegriffe in der Moderne auch gewesen ist, so läßt sich seit der Grundlagenkrise der Mathematik im 19. Jahrhundert doch mit Sicherheit sagen, daß von einem selbstverständlichen Begriff mathematischer Notwendigkeit, der in der mathematisierten Physik nur einfach zur *Anwendung* gebracht werden müßte (und diese Anwendung stellt ja für sich noch ein großes Problem dar) nicht die Rede sein kann. Denn je nachdem, ob ich in der Philosophie der Mathematik einen intuitionistischen, konstruktivistischen oder pragmatistischen Standpunkt einnehme, erhalte ich einen anderen Begriff mathematischer Notwendigkeit.

Die Modalbegriffe scheinen so etwas wie einfache Begriffe zu sein, die nur untereinander definierbar sind (etwa notwendig als das, was unmöglich negiert werden kann), die jedoch nicht durch Rückgang auf andere als modale Begriffe explizierbar sind. Ferner scheint sich seit dem Auftreten alternativer Axiomensysteme in der Mathematik der mathematische Notwendigkeitsbegriff auf Axiomensysteme zu relativieren. Danach ist eine mathematische Aussage notwendig relativ zu ihrer *Ableitbarkeit* in einem Axiomensystem mit bestimmten Ableitungsregeln. Die Frage der Wahrheit der Axiome bleibt dabei offen.

Wenn nun die Notwendigkeit der Naturgesetze die Notwendigkeit der Mathematik beerbt, so ist es unmöglich, daß die natürliche Notwendigkeit *mehr* bedeuten kann als die mathematische, das heißt, daß letztere ebenfalls relativ zu dem Axiomensystem der mathematischen Struktur verstanden werden muß, die in der entsprechenden physikalischen Theorie zur Anwendung gebracht wird.

Dennoch läßt sich nach Poser ein Begriff der natürlichen Notwendigkeit bilden, der von dieser relativen mathematischen Notwendigkeit

unabhängig, wenn auch nicht stärker als diese ist, nämlich der Begriff einer Notwendigkeit *als regulativer Idee in Handlungszusammenhängen*. Wenn wir handeln, so gehen wir bei der Planung und Ausführung unserer Handlungen davon aus, daß bestimmte natürliche Dispositionen innerhalb bestimmter Randbedingungen *mit Notwendigkeit aktualisiert* werden und richten uns danach. Das gilt auch für die technischen Handlungen, die auf der Grundlage von physikalischen Theorien erfolgen. Unsere Handlungen sind durch eine *Notwendigkeitserwartung* organisiert. Die Zuschreibung von Notwendigkeit in der Natur hat nun nach Poser weniger mit den mathematisierten Gesetzesaussagen zu tun als mit handlungsleitenden Hypothesen, die wir so behandeln, *als ob* ihnen eine Notwendigkeit in der Natur zugrunde läge.

3. Jürgen Audretsch, Gesetz und Geschichte

In den letzten Jahren hat die physikalische Kosmologie mit ihren Urknalltheorien und Theorien des inflationären Universums wieder eine hohe Konjunktur. Gibt es irgendwelche Hinweise in diesen Entwicklungen für die Plausibilität der Annahme, daß die Naturgesetze selbst mit der Entwicklung des physikalischen Universums eine Geschichte haben ?

Diese Frage wurde von Jürgen Audretsch auf mehreren Ebenen *verneint*. Zunächst bestritt er die Möglichkeit einer Bejahung aus *methodischen* Gründen. Die Physik ist seinem Methodenverständnis nach eine Wissenschaft, die in ihrer empirischen Basis weder von den ewigen Gesetzeszusammenhängen noch von der Geschichte der Natur, die wir auch im Alltag erfahren, handelt. Die Physik findet ihre Evidenzbasis nach Audretsch vielmehr in einer „Kunstnatur“, sie handelt zuallererst von *präparierten Systemen*, die im Labor *erzeugt* werden und an denen bestimmte *Regularitäten* sichtbar gemacht bzw. entdeckt werden können, und erst im übertragenen Sinne beschäftigt sie sich mit der Natur außerhalb des Labors. Ihre Theorien beziehen sich auf sehr *spezifische Anwendungsbereiche*, die durch diese präparierten Systeme festgelegt werden. Unabhängig von der präparierten Laborsituation sind physikalische Theorien entweder sinnlos oder nur noch *in Analogie* interpretierbar, was nicht nur die Gefahr der *ungenauen* Verwendung der physikalischen Begriffe mit sich bringt, sondern auch das Problem der *unbemerkten* Überschreitung von Anwendungsbereichen und der Erzeugung von scheinbaren Evidenzen, wo tatsächlich nur Vermutungen existieren. Die physikalische Kosmologie ist diesem Methodenverständnis nach gar kein Teil der Experimentalphysik, sondern höchstens eine analoge Anwendung von ihr, im schlimmsten Fall ein Prozeß moderner

Mythenbildung mithilfe wissenschaftlicher Terminologie. Ihre Beobachtungen sind keine Experimente im Sinne der Herstellung von Anwendungsbereichen für Theorien. Entsprechend ist es auch unmöglich, daß in der physikalischen Kosmologie die Geschichte der Naturgesetze, die die grundlegenden Allaussagen in bestimmten Theorien darstellen, beschrieben werden könnte.

Die Physik als Experimentalwissenschaft kann allerdings auch von der Geschichte der Natur sprechen. Diese ist dann jedoch auf keinen Fall eine Geschichte der Gesetze, sondern als eine *Abfolge von Anwendungsbereichen* aufzufassen. Auch nicht präparierte natürliche Systeme müssen, wenn sie physikalisch beschrieben werden, in Analogie zu Anwendungsbereichen von physikalischen Theorien in der Laborsituation aufgefaßt werden. Dies ist in der Kosmologie ja auch tatsächlich der Fall. Dabei wird aber nie festgestellt werden, daß sich ein *Gesetz* verändert, sondern daß man in seiner Beschreibung der Natur *von einem Anwendungsbereich in einen anderen übergeht*, bzw. von einer Theorie zum Zweck der Beschreibung zu einer anderen.

Auch wenn also eine Geschichte der Natur von der Physik als Experimentalwissenschaft gedacht werden kann, so doch nicht als Geschichte der Gesetze der Natur.

4. Michael Hampe, Kann man Gesetzmäßigkeit erklären? Hume und Peirce

Lange vor dem Auftreten von konstruktivistischen Methodologien ist die Idee einer Geschichte der unbelebten Natur in der philosophischen Kosmologie diskutiert worden, und zwar vor allem im Zusammenhang mit dem Problem der natürlichen Theologie, wie die Schöpfung zu denken sei, ob als Erschaffung von Individuen und Gesetzen oder nur von Individuen bzw. nur von Gesetzen. In seinen *Dialogues Concerning Natural Religion* hat David Hume die natürliche Theologie einer scharfen Kritik unterzogen und Ansätze einer Evolutionstheorie der Materie skizziert, nach der sich diese durch Zufallsabweichungen von instabilen Bewegungszuständen von selbst zu einer gesetzmäßigen Welt entwickelte. Diese Hypothese sei genauso plausibel wie die eines Schöpfergottes, der Individuen hervorbringe und über diese Gesetze erlasse. Ebenso wie diese Hypothese sei sie jedoch empirisch nicht überprüfbar, weil die Welt als ganze nie Gegenstand der Erfahrung sein könne. Daher sind beide Hypothesen nach Hume wissenschaftlich wertlos.

Peirce, der am Ende des 19. Jahrhunderts eine Evolutionstheorie der Gesetzmäßigkeit der Welt entwickelte, war, obwohl er Hume und die verschärfte Kritik der natürlichen Theologie durch Kant rezipiert hatte,

anderer Meinung hinsichtlich der wissenschaftlichen Überprüfbarkeit seiner kosmologischen These. Ausgehend von seinem Studium von Meßfehlern hielt er es für möglich, daß Zufallsabweichungen von bestehenden Gesetzmäßigkeiten zu messen sein müßten, die nicht auf eine Meßungenauigkeit, sondern auf das, was Peirce dann den „absoluten Zufall“ nannte, zurückgehen. Unter dem Postulat eines allgemeinen natürlichen Prinzips der Annahme von Gewohnheiten wollte Peirce diese Zufallsabweichungen als „Keime“ neuer Gesetzmäßigkeiten interpretieren, so daß sich in der Gesamtentwicklung der Natur eine immer größere Anzahl von Gesetzen, das heißt eine Zunahme von Heterogenität und Determiniertheit ergäbe.

Weil sowohl die Zufallsabweichungen wie ihre Stabilisierung in der Gewohnheitsausbildung in begrenzten Naturausschnitten erfahrbar sind, entgeht diese Entwicklungshypothese nach Peirce dem Humeschen Vorwurf der empirischen Unüberprüfbarkeit und damit wissenschaftlichen Wertlosigkeit.