

Seminar über philosophische Aspekte der Physik

22.07.2004

Vortrag: Nancy Cartwright, Teil I: *Lügen die Gesetze der Physik? - Antirealismus bezüglich Gesetzen*

Referent: Olaf Götze

Literatur: Cartwright(1983), "How the Laws of Physics Lie", Einleitung S.1-20
Essay 3, "Do the Laws of Physics State the Facts?" S.54-73

Einleitung und Überblick:

In der Philosophie werden phänomenologische Gesetze von theoretischen Gesetzen zumeist danach unterschieden, ob dass, was sie beschreiben beobachtbar oder nicht beobachtbar ist. Dies ist ein epistemologischer Ansatz.

Dagegen wird in der Physik zwischen fundamentalen (theoretischen) Gesetzen und phänomenologischen Gesetzen, welche Phänomene mitunter auch mathematisch beschreiben. Als Beispiel hierfür werden die Bücher bzw. Buchtitel „phenomenological theories of superconductivity“ und „Phenomenology of Particles at High Energy“ gegeben. Sie beschreiben Phänomene, die mit dem blossen Auge unbeobachtbar sind, für den Physiker jedoch als phänomenologische Gesetze gelten.

In der Philosophie trennt die Unterscheidung von Theoretischem gegenüber dem Phänomenologischen die Realisten von den Antirealisten. Nancy Cartwright argumentiert für eine Art Anti-Realismus, also für das Phänomenologische. Es ist jedoch nicht Theorie gegenüber Beobachtbarem, dass sie ablehnt, wie es Bas van Fraassen tat, sondern die Theorie gegenüber dem Phänomenologischen. Cartwright orientiert sich also am Ansatz der Physik und lehnt innerhalb dieser Unterscheidung die theoretischen Gesetze als falsch ab.

In der modernen Physik und in anderen Wissenschaften dienen phänomenologische Gesetze dazu, zu beschreiben, wohingegen fundamentale Gleichungen und Gesetze dazu gedacht sind zu erklären. Paradoxe Weise beruht die erklärende Kraft auf Kosten der beschreibenden Adäquatheit. Cartwright möchte die theoretischen Gesetze jedoch nicht abschaffen, sie schreibt in ihrem Buch:

„Wir müssen eine Annahme/Ansicht davon haben, was Gesetze sind, wie sie auf der einen Seite mit dem Standard wissenschaftlicher Methoden zur Bestätigung von Gesetzen und auf der anderen Seite mit Konstruktion und Erklärung zusammenhängen“

Sie möchte daher deutlich machen, dass unsere fundamentalen Gesetze zwar erklärend sind, aber nicht die Wahrheit wiedergeben. Dass gerade ihre erklärende Kraft dazu führt, dass sie an beschreibender Adäquatheit verlieren. Dies nennt sie den „*Trade-Off of truth and explanatory power*“.

Dies entspricht ihrer Hauptargumentation. Ihre paradoxe Schlussfolgerung, wie sie selbst behauptet, argumentiert sie unter drei untereinander zusammenhängenden Gesichtspunkten.

1. Die umfassende erklärende Kraft fundamentaler Gesetze spricht nicht für deren Wahrheitsgehalt.
2. Die Art, wie sie erklären, spricht für ihre Falschheit. Hierzu zählen Ceteris Paribus Gesetze, die Composition of Causes und näherungsweise Erklärung. In all diesen Fällen geben sie keine Tatsachen wieder.
(Anm.: Ceteris Paribus Gesetze sind Gesetze unter Ausschluss weiterer Gesetze, Randbedingungen o.ä. als Voraussetzung ; Composition of Causes entspricht Gesetzen zur Verknüpfung verschiedener Gesetze)
3. Dass die fundamentalen Gesetze wahr erscheinen, liegt an einem schlechten Erklärungsmodell, dass Gesetze direkt an die Realität bindet. Sie führt einen „*simulacrum Ansatz*“ an.

Gesetze werden direkt an die Realität gebunden

Zu letzterem Argument soll hier nur kurz erläutert werden, worum es geht. Es schliesst an, an den vorhergehenden Vortrag über Ronald Giere, indem der Modellbegriff hervorgehoben wurde.

Auch Cartwright führt einen „simulacrum Ansatz“ für Erklärung als Alternative an.

Ein Simulacrum, dieser Begriff wird heute eigentlich nicht mehr verwendet, ist etwas, das praktisch die Form oder Erscheinung wie ein bestimmter Gegenstand hat, jedoch nicht dieselbe Substanz oder Qualität besitzt.

Theoretische Gesetze beziehen sich danach zunächst einmal auf Modelle, die wiederum zu phänomenologischen Gesetzen führen, welche sich schliesslich erst auf reale Objekte beziehen.

Nancy Cartwright führt dieses Argument insbesondere an, weil sie hier einen Grund dafür sieht, dass theoretische Gesetze meist als die Wahrheit wiedergebend angesehen werden.

Der Modellbegriff soll diesen Anspruch verhindern.

Die umfassende erklärende Kraft fundamentaler Gesetze spricht nicht für deren Wahrheitsgehalt

Es ist eine weitverbreitete Annahme oder Ansicht, Gesetze die vieles erklären, seien besser, gehaltvoller oder eben wahrer. Gesetze also, die viele Phänomene „gut genug“ beschreiben. Wobei dann nur noch über dieses „gut genug“ diskutiert wird.

Cartwright stimmt dem nicht zu und nimmt hier ein Argument, eine Frage Bas van Fraassens auf:

Wenn $y \implies x$ erklärt und $x = \text{wahr}$ ist.

Wann kann man dann sagen, y muss ebenfalls wahr sein?

Einzig im Falle direkten kausalen Zusammenhangs. Erklärung, so Cartwright führt zunächst nicht zur Wahrheit.

Dies verdeutlicht sie nocheinmal an dem historischen Beispiel des Erklärungsmodells für die Lichtmühle.

Die Lichtmühle sollte aus einem evakuierten Glas mit Rotorblättern bestehen, deren Blätter auf der einen Seite schwarz und auf der Anderen weiß sind. Die Rotorblätter fangen bei Lichteinwirkung an sich zu drehen.

Die ursprüngliche Erklärung für die Bewegung der Rotorblätter besagte, dass das Licht beim Auftreffen einen Druck ausüben müsse und dieser gross genug ist, die Lichtmühle anzutreiben.

Man erkannte schnell, dass diese Erklärung falsch sein musste, der Lichtdruck wäre nicht annähernd gross genug diesen Effekt hervorzurufen. Die theoretische Erklärung lieferte zwar eine Erklärung, jedoch nicht den wahren Grund für das drehen der Rotorblätter. Tatsächlich könnte nur im Modell der Lichtdruck eine ideale Lichtmühle antreiben.

Im Experiment mussten andere Effekte berücksichtigt werden, die Annahme eines vollständig evakuierten Glases war beim Experiment von William Crookes 1853 nicht gegeben.

Weiter folgten zwei Theorien zur Erklärung, die wohl noch heute von verschiedenen Lagern vertreten werden.

Die erste weiter verbreitete Erklärung besagt, die Gasmoleküle prallen energetisch unterschiedlich stark von der weissen und der schwarzen Seite der Rotorblätter ab.

Die zweite Erklärung wurde von Maxwell angeführt und besagt, dass durch unterschiedliches Aufheizen des Gases Luftströmungen innerhalb der Kugel entstehen, die die Rotorblätter antreiben, wenn sie um die Ecke strömen.

Unabhängig aller Einzelheiten lässt sich an diesem Beispiel erkennen, in welche Richtung Cartwright argumentiert.

Zwar ist der erste Ansatz weiter verbreitet, sie würde dem zweiten Ansatz jedoch mehr Glauben schenken. Und zwar biete der kausale Zusammenhang zwischen Luftströmung um die Ecken der

Rotorblätter eine bessere Grundlage für unseren Glauben an den theoretischen Hintergrund, als die favorisierte Erklärung, die erstmal keinen kausalen Zusammenhang bietet, nach dem A zu B führt. Als Überprüfung wurde schliesslich auch ein Experiment vorgeschlagen, dass mit einer überdimensionalen Lichtmühle die zweite Erklärung überprüfen sollte.

Die Bestätigung der Existenz eines theoretischen Hintergrundes oder Zusammenhangs ist schliesslich nicht die Beobachtung, wie bei van Fraassen, sondern das Experiment.

Es gibt eine Vielzahl theoretischer Zusammenhänge in Form phänomenologischer Gesetze, die durch Experimente häufig genug bestätigt wurden, so dass man sie als wahr annehmen kann.

Als bestes Beispiel hierfür bezeichnet sie die Experimente der Firma Spectra-Physics Incorporated, die kontinuierlich Laser im Wert von 250.000 Dollar testet, bis sie kaputt gehen, nur um ihre Performance Charakteristika zu überprüfen.

Es besteht jedoch ein Unterschied darin, ein (hoch-)detailliertes kausales Prinzip oder aber ein theoretisches Gesetz anzuerkennen.

Es stellt sich die berechnete Frage, wie eigentlich theoretische Gesetze bestätigt werden?

Nur indirekt, indem sie Vorhersagen treffen.

Während also Realisten sagen würden, falls theoretische Gesetze unwahr sind, sind es phänomenologische Gesetze erst recht, argumentiert Cartwright andersherum. Wenn es darum geht, die Gesetze zu überprüfen, sind theoretische Gesetze deutlich weiter entfernt von der Wahrheit.

„Do the Laws of Physics state the Facts?“

Es gibt eine sehr tiefsitzende Ansicht über Naturgesetze, dass diese Fakten über die Realität beschreiben. Cartwright nennt dies nach John Perry die „*Facticity View of Law*“

Wir beginnen mit einem einfachem Gesetz, dem Gravitationsgesetz, das Feynman „*the greatest generalization achieved by human mind*“ bezeichnet.

„*Das Gravitationsgesetz besagt, zwei Massekörper üben eine Kraft aufeinander aus, die proportional zum Produkt seiner Massen und antiproportional zum Quadrat des Abstandes ist.*“

Beschreibt dieses Gesetz wirklich („truly“), wie sich zwei Massekörper verhalten? Sicherlich nicht, so Cartwright. Feynman selbst gibt sozusagen einen Grund für diese Behauptung an.

Er fährt fort:

„*Das Coloumbgesetz besagt ebenfalls, zwei elektrisch geladene Körper üben eine Kraft aufeinander aus, die ...*“

Beide Gesetze sagen nichts darüber aus, wie sich zwei Körper tatsächlich verhalten, wenn sie geladene Massekörper sind. Dieser Fall nennt sich „*Composition of Causes*“.

Was Cartwright also beunruhigt ist, dass Gesetze zwar eine Aussage über das Verhalten von Körpern machen, diese jedoch nicht die Allgemeingültigkeit besitzen, die ihnen zugesprochen wird.

Man könnte nun stattdessen das Gesetz wie folgt formulieren:

„*Wenn keine andere Kraft als die der Gravitationskraft wirkt, dann üben zwei Massekörper ...*“

Diese Art von Gesetz unter Ausschluss anderer beeinflussender Begebenheiten nennt sich „*Ceteris Paribus*“-Gesetz.

Dieses Gesetz lässt sich tatsächlich als wahr bezeichnen. Es ist allerdings nicht mehr sehr nützlich.

Ein wichtiger Bestandteil des Gravitationsgesetzes ist es, Aussagen über Kräfte zu machen, die verschiedene Körper in unterschiedlichen komplexen Situationen erfahren.

Ein solches wie oben formuliertes Gesetz trifft nur noch eine Aussage über ein theoretisches System zweier Massekörper und nicht mehr darüber, wie oder warum ein Apfel auf die Erde fällt.

Um beschreibend zu sein, muss ein Gesetz einen Effekt, der auftritt angemessen beschreiben.
Um zu erklären, muss ein Gesetz einen anderen Effekt ebenfalls beschreiben.

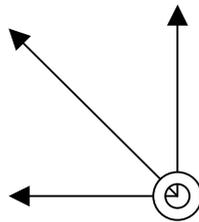
Diese Paradoxie nennt Cartwright den „*Trade-Off between truth and explanatory power*“.

Die Realisten stellen an die Gesetze den begründeten Anspruch, dass sie sowohl die Realität beschreiben und gleichzeitig Tatsachen, die wahr sind, liefern. Die verschiedenen Modelle zur Erklärung in der Physik, wie hier die „*Composition of Causes*“, können aber die Tatsachen nicht zutreffend beschreiben. Dies wird an den oben genannten paradoxen Aussagen über Beschreibung und Erklärung deutlich.

Composition of Causes:

Bietet die Vektoraddition nun eine einfache Antwort auf diese Frage? Nein.

Wir können zwar Kräfte addieren bzw. wir sind es, die Kräfte addieren, die Natur jedoch addiert keine Kräfte. Betrachten wir die Bewegung eines Körpers in eine Richtung und dessen Vektoraufteilung.



Man könnte sagen, beide Komponenten der Bewegung existieren wirklich, so würde beispielsweise Mill behaupten, wie *die beiden Hälften eines Tisches* für sich existieren. Ebenso könnte man sagen die resultierende Komponente existiert in der Realität. So würde Cartwright sagen, ein Körper der sich nach Nord-Osten bewegt, bewegt sich weder in irgendeinerweise nach Norden, noch nach Osten.

Im Gegensatz zu diesen beiden Behauptungen können wir jedoch nicht davon ausgehen, dass sowohl die Kraftkomponenten, als auch die resultierende Kraft existieren, so Cartwright.

Die Vektoraddition hält der „Faktizität“ daher nicht stand.

So stellte sich tatsächlich die Frage, wie ein einzelnes Experiment aussehen könnte, in dem die zwei Kraftkomponenten eines schiefen Wurfes sichtbar gemacht werden könnten.

An diesem fundamentalen Beispiel wird wohl die Spannung am deutlichsten, die zwischen einem Naturwissenschaftler, wie bsp. einem Physiker, und Nancy Cartwright herrscht. In der Physik ist man einer verbreiteten Ansicht, dass sich die unterschiedlichen Effekte, wie die Gravitationskraft und die Coulombkraft in irgendeiner Weise addieren.

Dagegen würde Cartwright behaupten es handelt sich erstmal um eine neue, andere Situation, die es angemessen zu beschreiben gilt.

Deshalb führt noch ein komplizierteres Beispiel an und zwar die Energieniveaus des Karbonatoms.

Das Grundzustandsniveau spaltet sich im Coulombfeld in drei Energieniveaus auf. Diese Aufspaltung ist noch mit der Addition von Störfaktoren durch die Zentralfeldapproximation begründbar.

Aber auch diese Beschreibung des Karbonatoms reicht nicht aus, alle auftretenden Phänomene zu beschreiben. Der Elektronenspin ist ebenfalls zu berücksichtigen und in diesem Fall handelt es sich nicht mehr um „einfache“ Vektoraddition, sondern um nichtlineare Terme.

Die fünf Energieniveaus des Karbonatoms hängen somit eigentlich nicht mehr mit den drei Niveaus im Coulombfeld zusammen.

Die Besorgnis Cartwrights, dass die fundamentalen Gesetze der Physik z.B. über den Spin eines Teilchens keine Aussage darüber machen, wie sie sich im komplexen Fall auswirken scheint also berechtigt.

Es gibt, so würde Cartwright sagen, in der Physik auch kein allgemeingültiges Prinzip, wie fundamentale Gesetze verknüpft werden.

Die Realisten behaupten, die Art, wie Effekte verschiedener Gesetze kombinieren, liegt in einem „Super“-Gesetz, das die verschiedenen Bereiche vereint. Dies liegt in deren Verständnis von einer einheitlichen Welt begründet. So titelte Stephen Hawking seine Vorlesung „Is the End in Sight for Theoretical Physics?“, weil er davon überzeugt ist, zusammen mit anderen Wissenschaftlern die Gleichungen zur Vereinheitlichung der Kräfte formulieren zu können.

Nancy Cartwright bezweifelt stark, dass es solche übergeordneten „Super“-Gesetze wirklich gibt. Man sollte nur an Gesetze glauben, für die es genügend Beweise gibt.

Schlussargumentation:

Die Gesetze der Physik erklären im Falle, dass sie wahr sind nicht viel.

Wenn aber Erklärung nicht an den Gesetzen hängt, woran dann?

Man müsste daraus schliessen, Erklärung sei eine wissenschaftliche Vorgehensweise, die nicht auf Naturgesetze Bezug nimmt.

Die Wissenschaft aber benutzt Naturgesetze.

Die Erklärung durch „Composition of Causes“ scheitert aber daran, Tatsachen wiederzugeben.

„Laws brought about to explain phenomena cannot state the facts“.

Hiermit schliesst ihre Argumentation innerhalb des Essays 3 ab.

Richard Feynman drückt es in seinem Buch „Vom Wesen physikalischer Gesetze“ so aus. Erklärung in der Physik ist das Einpassen der Phänomene in die „*patterns of nature*“, in die Muster der Natur.

Cartwright fragt, wo sind diese Muster? Dinge in der Natur geschehen einfach und manchmal geschehen sie in einer zufälligen Art und Weise, wenn die Umstände ähnlich sind.

Dies erinnert an ein aristotelisches Weltbild, die Natur bestehend aus vielen einzelnen Dingen der Natur.

Deshalb sei hier noch eine Ausführung Cartwright's in Hinblick auf das gesamte Buch „How the Laws of Physics lie“ gegeben, die eine andere, Cartwright würde wohl sagen bessere, Sichtweise der Naturwissenschaften und der darin enthaltenen Naturgesetze in diesem Vergleich aufzeigt.

Pierre Duhem unterschied zwei Arten von Denkern, „the deep and narrow minds of the French“ und „the broad and shallow minds of the English“.

Der französische Geist nimmt die Newtonschen Gesetze und packt sie in die wunderschöne, abstrakte Mathematik der Lagrangeschen Mechanik. Im Gegensatz dazu konstruiert der englische Geist viele kleine Getriebe und Flaschenzüge und schafft es, unglaublich viele einzelne Seile so hochzuhalten, dass sie sich nicht verstricken.

Der Unterschied zwischen den Realisten und ihr (Cartwright) sei fast theologischer Natur.

Die Realisten denken, der Erschaffer der Welt arbeitete wie ein französischer Mathematiker. Cartwright würde sagen, Gott hatte den unordentlichen Geist eines Engländers.

Und für denjenigen Physiker der sich fragen sollte, warum das alles, statt Argumenten ein kleiner Comic zu Abschluss.

