

WISSENSCHAFTLICHER REALISMUS

Zur empirischen Unterbestimmtheit von Theorien (II)

Ein wichtiges Argument gegen den wissenschaftlichen Realismus beginnt mit folgender Prämisse

P1 Für jede Theorie T gibt es eine empirisch äquivalente Theorie T', die von T verschieden ist (vielleicht sogar mit T inkompatibel ist) (starke empirische Unterbestimmtheit von Theorien).

Dabei sind zwei Theorien T und T' empirisch äquivalent, wenn sie genau dieselben Vorhersagen/empirisch überprüfbaren Aussagen enthalten, wenn es also nicht möglich ist, zwischen den beiden Theorien auf der Basis von empirisch überprüfbaren Aussagen zu unterscheiden.

Dieser Begriff von empirischer Äquivalenz ist sehr stark, er bezieht sich auf alle möglichen Beobachtungen. Daher ist auch die These der empirischen Unterbestimmtheit an diesem Punkte sehr stark. Ein schwächerer Begriff von empirischer Äquivalenz bezieht sich demgegenüber nur auf die bis heute gemachten Beobachtungen. Zwei Theorien sind *zu Zeitpunkt t in einem schwachen Sinne* empirisch äquivalent, wenn T und T' genau dieselben *bis t überprüften* Aussagen enthalten.

Die schwache Unterbestimmtheit ist für den Realismus wenig gefährlich. Selbst wenn alle unsere Theorien derzeit im schwachen Sinne empirisch äquivalent zu von ihnen verschiedenen (vielleicht sogar mit ihnen inkompatiblen) Theorien sind, kann der Realismus hoffen, daß man in der Zukunft zwischen den Theorien aufgrund ihrer empirisch überprüfbaren Konsequenzen entscheiden kann. In diesem Falle müssen wir zwar heute unsere Wissensansprüche bezüglich aller unserer Theorien zurücknehmen. Allerdings gibt es keinen Grund, an der grundsätzlichen Möglichkeit von theoretischem Wissen, das sich auf Nicht-Beobachtbares bezieht, zu zweifeln.

Anders ist es da mit der starken empirischen Äquivalenz und der zugehörigen starken Unterbestimmtheitsthese P1: Sie stellt (zusammen mit anderen Prämissen) den Realismus grundsätzlich in Frage. Aber ist diese überhaupt wahr? Darum geht es in folgendem (zu starker uns schwache empirischer Unterbestimmtheit siehe Ladyman 2002, 6.1).

1 Quines Begriff der empirischen Unterbestimmtheit

Es liegt nahe, zunächst auf Quine selber zurückzugreifen, um die starke Unterbestimmtheitsthese zu beweisen (auf Quine bezieht sich wohl auch Boyd (2002), wenn er sagt: „this [im wesentlichen P1] is an elementary theorem of mathematical logic“).

Quines These lautet:

„Theories can differ utterly in their objects, over which their variables of quantification range, and still be empirically equivalent, as proxy functions show [...]“ (Quine 1990, 96).

Wenn wir mit Proxy-Funktionen zu jeder Theorie eine empirisch äquivalente Theorie konstruieren können, die von ihr verschieden ist, haben wir P1 bewiesen. Wir gehen

im folgenden von Theorien aus, die sich im Rahmen der Prädikatenlogik erster Stufe formalisieren lassen.

Eine Proxy-Funktion f bildet die Gegenstände, die eine Theorie T kennt, x_1, x_2 etc., auf andere Gegenstände x'_1, x'_2 ab, etwa $x'_1 = f(x_1), x'_2 = f(x_2)$. Diese Gegenstände bilden dann das „Universum“ einer neuen Theorie T' .¹ Wir nehmen an, daß f bijektiv ist. Da sich T und T' nur hinsichtlich des Nicht-Beobachtbaren unterscheiden sollen, wählen wir f so, daß es beobachtbare Gegenstände in sich selber abbildet. Um Aussagen der Theorie T (wie etwa $\forall xP(x)$) nach T' zu übersetzen, müssen wir auch die Prädikate von T nach T' übertragen. Dabei müssen wir mit den Wahrheitswerten aufpassen; Aussagen, die in T wahr sind, dürfen nicht in Aussagen übersetzt werden, die T' als falsch auszeichnet, weil sonst T' möglicherweise nicht mehr empirisch äquivalent zu T ist. Das kann man wie folgt erreichen. Sei P ein einstelliges Prädikat in Theorie T . Wir definieren P' so daß $P'(x')$ genau dann gilt, wenn $P(f^{-1}(x'))$. Prädikate, die beobachtbare Eigenschaften oder Beziehungen aussagen, werden wieder in sich selbst abgebildet.

Um eine Theorie, die im starken Sinne empirisch äquivalent zur Newtonschen Teilchenmechanik (NPM) ist, bilden wir also ihre Begriffe, die nicht beobachtbaren Entitäten korrespondieren sollen, (Punktteilchen, Massen) auf neue Begriffe ab (Hyperblätter, Hyperfarbe) und erhalten so eine Theorie T' , die empirisch äquivalent zur NPM, aber von dieser verschieden ist – rekonstruiert NPM doch bestimmte beobachtbare Phänomene unter Rückgriff auf Punktteilchen, während T' dieselben Phänomene mit Hyperblättern rekonstruiert.

Auf den ersten Blick könnte man daher meinen, daß wir auf diese Weise eine Theorie T' erhalten, die empirisch äquivalent zu T , aber von ihr verschieden ist. Auf den zweiten Fall fragt man sich allerdings, ob T und T' wirklich voneinander verschieden sind. Ist T' wirklich mehr als eine Theorie, die Punktteilchen etc. anders benennt – nämlich Hyperblätter etc.?

Genau das ist auch Quines Haltung. Er schreibt: „We hardly seem to be warranted in calling them [two theories related by a proxy function] two theories; they are two ways of expressing one and the same theory. It is interesting, then, that a theory can thus vary its ontology“ (Quine 1990, 96).

In dieser Form kann man also nicht von Proxy-Funktionen Gebrauch machen, um P1 zu beweisen. Allerdings kann man versuchen, die Technik der Proxy-Funktion in raffinierterer Weise zu nutzen, um P1 zu etablieren. Quine selber diskutiert z. B. auch nicht-bijektive Proxy-Funktionen. Wie sieht es etwa mit folgender Konstruktion aus? Wir bilden die Teilchen von NPM nicht-surjektiv auf eine größere Klasse von Hyperblättern ab und ordnen diesen Prädikate zu, die es in NPM nicht gibt. Die Theorie NPM' hat damit eine reichere Ontologie als NPM. Wir sind daher eher geneigt zu sagen, daß sich NPM und NPM' wirklich unterscheiden. Fraglich ist allerdings immer noch, ob sich NPM und NPM' widersprechen. Wenn für das Unterbestimmtheitsargument ein Widerspruch zwischen den empirisch äquivalenten Theorien erforderlich ist, dann reicht auch diese Konstruktion nicht aus.

Quine selber gibt nun ein Beispiel zweier empirisch äquivalenter Theorien an, in dem wir intuitiv den Eindruck haben, daß sich die Theorien wirklich widersprechen (Quine 1990, 96 f.): Entsprechend der Theorie E leben wir in einem Universum, dessen Geometrie sich mit dem unendlichen dreidimensionalen Euklidischen Raum beschreiben läßt.

¹ Genau genommen kann man noch unterscheiden, ob man die Begriffe einer Theorie oder die Gegenstände, die diese Theorie fordert, auf die Begriffe oder Gegenstände einer anderen Theorie abbildet, aber dieser Unterschied ist für das folgende nicht notwendig.

Einer Theorievariante E' zufolge leben wir jedoch in einer dreidimensionalen Kugel. Je näher ein Gegenstand dem Rand der Kugel kommt, desto kleiner wird er. Wenn wir uns in der Mitte der Kugel befinden, können wir empirisch nicht ausschließen, daß wir uns in einem dreidimensionalen Euklidischen Raum befinden: Wir sehen am Himmel Objekte, die uns beliebig klein erscheinen, ebenso wie das im Euklidischen Raum der Fall ist. Zwischen den beiden Szenarien E und E' können wir auch nicht unterscheiden, indem wir einen Gegenstand nehmen, dessen Länge messen und uns dann an einen anderen Ort begeben, um dort seine Länge zu messen. Denn wenn das Szenario E' wahr ist, dann werden sich auch unsere Maßstäbe verkleinern oder vergrößern, wenn wir uns in der Kugel umherbewegen. Obwohl wir empirisch nicht zwischen den beiden Szenarien, die E und E' entwerfen, entscheiden können, haben wir intuitiv den Eindruck, daß E und E' wirklich verschiedene Szenarien entwerfen. Quine selber betont, daß es in E' einen Mittelpunkt des Universums gibt, während das in E nicht der Fall ist. Die unterschiedliche Struktur der beiden Räume, mit denen E und E' unser Universum beschreiben, zeigt sich also darin, daß es ein Prädikat gibt („ist Mittelpunkt des Universums“), das unter E' von einem bestimmten Raumpunkt wahr ist, während es unter E von keinem Raumpunkt gilt.² Übrigens gibt es in diesem Beispiel eine bijektive Proxy-Funktion, die die Objekte, die die beiden Theorien E und E' kennen, aufeinander abbildet. Man das Beispiel sogar wohl so konstruieren, daß sich selbst die Räume punktweise bijektiv aufeinander abbilden lassen. Wichtig ist jedoch in jedem Fall, daß die Theorien insgesamt eine unterschiedliche Struktur haben, daß sie einander nicht komplett entsprechen.

Einwand 1: E und E' unterscheiden sich nur hinsichtlich kontingenter Eigenschaften, nicht hinsichtlich der Naturgesetze, die sie fordern. Entgegnung: Die Naturgesetze müssen sich auch unterscheiden: In E' schrumpfen die Dinge, wenn sie sich vom Zentrum der Kugel wegbewegen. Und auch wenn sich die beiden Szenarien nur kontingenterweise unterscheiden, kann das zum Problem für den Realismus werden. Denn wenn sich zeigen läßt, daß wir kein Wissen über die kontingenten Details von unbeobachtbaren Dingen (der Raumstruktur) haben, müßte der Realismus doch in empfindlicher Weise eingeschränkt werden. Ein Realist könnte dann nur sagen, daß wir Wissen über gesetzesartige Aussagen über Unbeobachtbares haben können.

Einwand 2: Wir können zwischen E und E' nicht mit empirischen Mitteln entscheiden, also sagen E und E' dasselbe über die Welt – sie entwerfen keine unterschiedlichen Szenarien. Entgegnung: Das ist in etwa die deskriptivistische Position (siehe Nagel 2001). Der Deskriptivismus interpretiert Aussagen, die theoretische Begriffe enthalten, nicht „at face value“ (etwa in dem Sinne, daß „Elektron“ auf Dinge in der Welt referiert), sondern als verklausulierte Aussagen über Beobachtbares. Das ist allerdings kontraintuitiv. Intuitiv können wir sehr wohl zwischen den beiden Szenarien unterscheiden.

Einwand 3: Das Beispiel illustriert gar nicht die Schwierigkeiten, Wissen über unbeobachtbare Entitäten zu erlangen. Schließlich besteht die Welt in beiden Szenarien doch aus der selben Art von Teilchen; in diesem Sinne haben die beiden Theorien dieselbe Ontologie. Entgegnung: Man kann auch die räumliche Struktur der Welt als Unbeobachtbares auffassen.

Einwand 4: E und E' entwerfen unterschiedliche Globalszenarien des Universums. Wenn man das Unterbestimmtheitsargument mit E und E' durchführt, dann kann man daher vielleicht einen globalen Nicht-Realismus motivieren. Wenn wir aber den

² An dieser Stelle ist es entscheidend, daß das Prädikat „Ist Mittelpunkt des Universums“ kein E' -spezifisches Prädikat ist – die Bedeutung des Prädikates läßt sich unabhängig von E und E' explizieren. Andernfalls könnten wir es nämlich mit der oben angegebenen Technik einfach auf ein Prädikat von E abbilden, und man könnte sich fragen, ob die beiden Theorien wirklich verschieden sind.

globalen Nicht-Realismus einmal ausschließen, dann verliert auch das Argument an Überzeugungskraft. Entgegnung: Der Einwand 4 beruht auf einer Zweideutigkeit von „global“. Ein globaler Nicht-Realismus bezieht sich auf alle möglichen Arten von vermeintlichem Wissen. Der Sinn von „global“, in dem E und E' Globalszenarien des Universums entwerfen, ist davon unterschieden; „global“ meint hier nur, daß die beiden Theorien die räumlichen Verhältnisse im ganzen thematisieren. Insofern alle Unterschiede zwischen E und E' nicht beobachtbar sind, ist das Beispiel für die Debatte um den wissenschaftlichen Realismus relevant.

Trotzdem bringt uns das Beispiel nicht allzu viel. Denn es ist nur ein einzelnes Beispiel und zeigt nicht, wie man zu jeder Theorie T, die unbeobachtbare Entitäten oder Größen postuliert, ein empirisch äquivalentes, aber nicht mit T vereinbares T' konstruiert. Das bräuchten wir jedoch, um P1 zu etablieren. Realisten könnten auch darauf verweisen, daß es um den Raum schon immer philosophische Kontroversen gab. Sie könnten ihn deshalb aus ihrem Realismus ausklammern wollen. Insgesamt ist es deshalb fraglich, ob sich auf der Basis der Unterbestimmtheit, die Quine im Auge hat, ein Argument für P konstruieren läßt.

2 Ein anderer Algorithmus

Hier ist ein Algorithmus, mit dem sich aus jeder Theorie T eine Theorie T' konstruieren läßt, die zu T empirisch äquivalent ist, aber mit ihr inkompatibel ist (Ladyman 2002, 178 f.). Sei T gegeben. Definiere T' als „Die beobachtbaren Konsequenzen von T sind wahr, aber ansonsten ist T falsch.“

Einwand 1: Diese Konstruktion setzt eine klare Unterscheidung von beobachtbar-unbeobachtbar voraus. Der Begriff „beobachtbar“ ist jedoch vage. Entgegnung: Man kann dieses Argument mit jeder Präzisierung von „beobachtbar“ durchführen (vgl. Boyd 1984, S. 44 – 48).

Einwand 2: Der Algorithmus versucht, die beobachtbaren Konsequenzen von T aus T auszusondern. Aber wie soll das gehen? Werden nicht alle beobachtbaren Konsequenzen aus T das theoretische Vokabular aus T enthalten? Wenn T zum Beispiel Elektronen postuliert, um gewissen beobachtbaren Erscheinungen zu erklären, dann interpretiert T diese Erscheinungen doch unter Zuhilfenahme dieses Begriffes „Elektron“. So sagen wir ja auch, in einem Experiment kollidieren Elektronen, oder die Spuren in der Nebelkammer, zeigen, daß sich die Elektronen so und so bewegen. Entgegnung: Man muß sich zugegebenermaßen einige Mühe machen, um die beobachtbaren Konsequenzen aus T auszusondern. In dem Beispiel muß man der „Versuchung“ widerstehen, die Spur in der Nebelkammer eine Elektronenspur zu nennen. Das ist aber durchaus möglich. Eine beobachtbare Vorhersage von T sieht dann etwa so aus „Wenn man ein Experiment so und so präpariert [Beschreibung dessen, was man tut, um das Experiment aufzubauen und einzurichten], dann sieht man in der Nebelkammer zwei Spuren, zwischen denen ein rechter Winkel besteht [Beschreibung dessen, was man sieht, je nachdem was man unter „sehen“ verstehen will]“. Über solche rein beobachtbaren Aussagen hinaus wird T dann rein theoretische Aussagen treffen (etwa „Ein Elektron trägt eine negative Ladung“). Außerdem wird T Aussagen enthalten, die beobachtbare Phänomene mit den von T postulierten unbeobachtbaren Größen verknüpft (etwa „Wenn sich ein Elektron durch eine Nebelkammer bewegt, hinterläßt es eine Spur [genaue Beschreibung des Aussehens]“). Die Idee ist nun, alles, was irgendwie Unbeobachtbares enthält, aus T auszugliedern.

Einwand 3: Die Theorie T' ist uninteressant. Kein Wissenschaftler würde sich für T entscheiden. Hier wird ein „fauler Trick“, eine formale Spielerei angewandt. Entgegnung:

Es kommt nicht darauf an, daß T' interessant ist, und es mag sehr wohl sein, daß sich in praxi niemand für T' entscheiden würde. Was einzig zählt, ist daß wir zu jeder Theorie T eine Theorie konstruieren können, die mit T inkompatibel, aber zu T empirisch äquivalent ist.

Wir werden im folgenden davon ausgehen, daß man auf diese Art und Weise zu jeder Theorie T eine inkompatible, aber mit T empirisch äquivalente Theorie konstruieren kann. Ob das Unterbestimmungsargument funktioniert, hängt dann vor allem an der Prämisse P2.

Literaturverzeichnis

- Boyd, R. N., *The Current Status of Scientific Realism*, in: *Scientific Realism* (Leplin, J., ed.), University of California Press, Berkeley, 1984, pp. 41 – 82.
- Boyd, R. N., *Scientific Realism*, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2002 Edition)* (Zalta, E. N., ed.), 2002, URL = <http://plato.stanford.edu/archives/spr2000/entries/scientific-realism/>.
- Ladyman, J., *Understanding Philosophy of Science*, Routledge, London and New York, 2002.
- Nagel, E., *The Cognitive Status of Theories*, in: *Philosophy of Science: Contemporary Readings* (Balashov, Y. & Rosenberg, A., eds.), Routledge, London, 2001, pp. 197 – 210.
- Quine, W. V. O., *Pursuit of Truth*, Harvard University Press, Cambridge (MA), 1990, Deutsch: *Unterwegs zur Wahrheit*. Paderborn 1995.