



Gibt es grundsätzliche Erkenntnisgrenzen der Physik?

Realistische vs. instrumentalistische Interpretationen

Paul Hoyningen-Huene
Leibniz Universität Hannover, Institut für Philosophie
Universität Zürich, Department of Economics

1

Gliederung des Vortrags

1. Klärung von „Grundsätzliche Erkenntnisgrenzen“
2. Positionen
3. Argumente
4. Fazit

2

Klärung von „Erkenntnisgrenzen“

Der Titelbegriff „grundsätzliche Erkenntnisgrenzen“ kann verschieden verstanden werden
Ich beziehe mich auf den möglichen *Wahrheitsanspruch* der Physik:

- Erreicht die physikalische Erkenntnis die Wahrheit oder nicht?
- Wenn nicht, was erreicht sie dann?

Dies ist die Frage nach dem „epistemischen Status“ physikalischer Erkenntnis

3

Klärung (2)

Wahrheitsanspruch physikalischer Erkenntnis ist besonders fragwürdig bezüglich nicht direkt beobachtbarer Gegenstände: Urknall, schwarze Löcher, Gravitationswellen, Quarks, Strings, etc., die von Theorien postuliert werden

Ist dieses Wissen

- wahr?
- wenigstens annähernd wahr? (was heißt das?)
- bloß richtig? (was heißt das?)
- oder handelt es sich um bloße Modellvorstellungen, die für Vorhersagen und technische Anwendungen verwendbar sind, aber *keinerlei* Wahrheitsgehalt aufweisen?


4

Klärung (3)

Innerhalb der Physik ist die *allgemeine* Frage nach dem epistemischen Status physikalischer Erkenntnis praktisch irrelevant
Innerhalb der Physik wird über die Angemessenheit (?) *konkreter* Theorien gestritten
Dennoch wird die allgemeine Frage heutzutage nicht nur von Philosophen, sondern auch von Physikern diskutiert: z.B. Stephen Hawking, Roger Penrose, Steven Weinberg, Anton Zeilinger u.a.

5

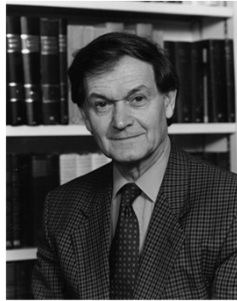
Stephen Hawking, 1996



„Ich nehme den positivistischen Standpunkt ein: Eine physikalische Theorie ist lediglich ein mathematisches Modell. Es ist sinnlos zu fragen, ob sie mit der Realität übereinstimmt. Alles was man verlangen kann ist, dass ihre Vorhersagen mit den Beobachtungen übereinstimmen.“
(ähnlich auch in *The Grand Design*, 2010)

6

Antwort Roger Penrose, 1996



“Stephen Hawking sagt, dass er glaubt, dass er ein Positivist ist, während ich ein Platonist sei. Es ist in Ordnung, dass er ein Positivist ist, aber es ist wirklich wichtig, dass ich eher ein Realist bin.”

7

7

Klärung (4)

Hier also Gegenüberstellung: „Positivismus“ vs. „Realismus“ (bzw. „Platonismus“; aber: Positivismus vs. Platonismus stammt aus Philosophie der Mathematik)

Notwendig jetzt:

- Genauere Darstellung der möglichen *Positionen* hinsichtlich des epistemischen Status der Physik
- *Argumente* für und gegen diese Positionen – der physikalische Sachverstand ist für eine Entscheidung zwischen den Positionen offenbar nicht ausreichend

8

8

Positionen

Worin besteht der Wahrheits- (oder Richtigkeits-) anspruch der Physik genau?

Drei Hauptpositionen:

1. Realismus
2. konvergenter Realismus
3. Antirealismus oder Instrumentalismus (oder „Positivismus“ oder „modellabhängiger Realismus“ [Hawking 2010])

9

9

1. Realismus

Akzeptierte physikalische Theorien formulieren wahre Aussagen über die Natur

Gängige Position im 18. und 19. Jahrhundert aufgrund des Erfolgs der klassischen Physik

Problematisch geworden durch die Probleme der klassischen Physik, die zu Relativitätstheorie und Quantenmechanik geführt haben

Heute bei Physikern praktisch ohne Anhänger (evtl. Ausnahme: QM?)

Notwendig also eine Abschwächung dieser Position

Gibt zwei Hauptvarianten: „konvergenter Realismus“ und „Instrumentalismus“

10

10

2. Konvergenter Realismus

These des konvergenten Realismus: akzeptierte physikalische Theorien sind *approximativ wahr*:

- „wahr“: die von ihnen postulierten un beobachtbaren Entitäten existier(ten) wirklich: z.B. Elektronen, Quarks, Felder, Urknall etc.
 - „approximativ“: die Aussagen über die Eigenschaften dieser un beobachtbaren Entitäten sind zwar ungenau, werden aber im Verlauf der Physikentwicklung immer genauer
- Physik *konvergiert* daher zur Wahrheit (was tröstlich ist)
Von vielen Physikern vertretene Meinung, z.B. Steven Weinberg

11

11

3. Antirealismus/Instrumentalismus

Akzeptierte physikalische Theorien liefern lediglich funktionierende Modelle von Naturphänomenen, nicht aber eine angemessene Darstellung der Natur

Ist eine skeptischere Konsequenz aus dem Scheitern des Realismus als der konvergente Realismus

Variante 1 (bei Hawking „Positivismus“ genannt):

- Frage nach der Wahrheit einer physikalischen Theorie ist sinnlos, weil falsch gestellt (analog: Sind Primzahlen grün?)

Variante 2:

- Physikalische Theorien sind - strikt gesprochen - falsch
- In beiden Varianten soll von Theorien nur *instrumenteller* Gebrauch gemacht werden: Vorhersagen und Anwendung

12

12

Argumente

Was ist richtig: konvergenter Realismus oder Antirealismus?
Diese Frage ist offensichtlich nicht irrelevant; sie betrifft unser Verständnis der Physik (und anderer Disziplinen)
Jetzt: einige Argumente pro und contra; Situation ist insgesamt unübersichtlich
Vorsicht: Typischerweise sind Argumente in der (Wissenschafts-)Philosophie höchst umstritten
Das gilt auch, wenn Physiker/innen sie formulieren ...

13

13

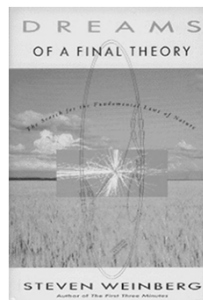
Strukturierung der Argumente

1. Historische Argumente für konvergenten Realismus
 - Historisches Gegenargument
 - Systematische Gegenargumente
2. Systematisches Argument für konvergenten Realismus
 - Historisches Gegenargument
 - Systematisches Gegenargument

14

14

1. Historische Argumente für konv. Realismus



15

15

Historische Argumente für konv. Realismus

Seit Entstehung der modernen Physik im 16./17. Jhd. gibt es unbestrittenen kontinuierlichen Fortschritt
Die sukzessive Theorienverbesserung lässt sich am besten als eine schrittweise Annäherung an die Wahrheit verstehen:

- Ältere Theorien der modernen Physik werden bei niedrigerem Genauigkeitsbedarf weiter verwendet, also haben sie Wahrheitsgehalt
- Erfolgreiche Triangulationsverfahren, z.B. für Zahl der Atome pro Volumen (Loschmidt Konstante)
- Grenzwertbeziehungen zwischen sukzessiven Theorien: Wellenoptik → Strahlenoptik, SRT → KM, QM → KM etc.)

16

16

Historisches Gegenargument

In jeder größeren Revolution der Physik ändert sich die Natur der postulierten fundamentalen physikalischen Objekte derart stark, dass von einer Konvergenz der Theorien nicht gesprochen werden kann
Bsp. Gravitation: Aristoteles, Descartes, Newton, Einstein
Bestehen von *numerischer* Korrespondenzbeziehungen zwischen Theorien impliziert nicht *begriffliche* oder *ontologische* Kontinuität (Bohr)
Daher ist das Bestehen von Grenzwertbeziehungen kein Argument für die Approximation an die Wahrheit
Auch manifest falsche Theorien/Modelle können empirisch sehr erfolgreich sein

17

17

Systematische Argumente gegen Theorienkonvergenz

Theorienkonvergenz: die Annäherung von Theorien an die Wahrheit, d.h. *die* wahre Theorie

Systematische Einwände

1. Mathematisch: Aus wenigen Gliedern einer Folge auf ihre Konvergenz zu schließen ist unmöglich
2. Begrifflich: Die Vorstellung einer Konvergenz von Theorien zu einer wahren Theorie ist sehr schwer genauer zu fassen; vielleicht ist es unmöglich

18

18

Systematische Argumente gegen Theorienkonvergenz (2)

3. Der Sackgasseneinwand

Selbst wenn es Konvergenz der physikalischen Theorien gäbe:

Könnten wir ausschließen, dass diese Theorien gegen eine fundamental *falsche* Theorie konvergieren, die aber hochpräzise empirische Vorhersagen macht?

Nein

19

19

Strukturierung der Argumente

1. Historische Argumente für konvergenten Realismus

- Historisches Gegenargument
- Systematische Gegenargumente

2. Systematisches Argument für konvergenten Realismus

- Historisches Gegenargument
- Systematisches Gegenargument

20

20

2. Das Mirakelargument



Z.B. Hilary Putnam,
1975:

„Das positive Argument für den Realismus ist, dass er die einzige Philosophie ist, die den Erfolg der Wissenschaft nicht zu einem Wunder (miracle) macht.“

21

21

Das Mirakelargument (2)

Erfolge der Wissenschaft: insbesondere die theoretische Ableitung von Phänomenen, die beim Aufstellen der jeweiligen Theorie *nicht* verwendet wurden

Beispiel Quantentheorie: Kovalente Bindung (1927)

Wie ist das Potential von Theorien für „neuartige Vorhersagen“ zu erklären?

22

22

Das Mirakelargument (3)

Konvergenter Realismus:

Die realen Objekte der Welt werden durch Theorien annähernd wahr erfasst, daher sind neuartige Vorhersagen möglich

Würden die realen Objekte nicht annähernd erfasst, wären neuartige Vorhersagen unmöglich – oder ein Wunder

Daher ist der konvergente Realismus richtig

23

23

Historisches Gegenargument: Die pessimistische Metainduktion

Historisches Faktum: Vielen fundamentalen physikalischen Objekten, deren Existenz einmal angenommen wurde, wurde 50 oder 100 Jahre später die Existenz abgesprochen

Bsp.: instantane Fernwirkungskräfte, Wärmestoff, Phlogiston, elektromagnetischer Äther, etc.

Induktionsschluss: Das gleiche wird vielen der uns heute vertrauten fundamentalen Objekten geschehen

Konsequenz: Antirealismus

24

24

Systematisches Gegenargument: Unterbestimmtheit von Theorien

Naturwissenschaftliche Theorien werden letztlich durch empirische Daten legitimiert

Frage: Wenn ich einen bestimmten Satz von Daten habe, passt dann zu diesen Daten nur eine Theorie?

Normalerweise passen viele Theorien zu einem Datensatz

Frage: Kann ich mehr und mehr Daten erheben und hinzufügen, so dass schließlich nur noch eine Theorie zu diesen Daten passt?

Unterbestimmtheits-These: Das ist nicht der Fall

Vor allem besteht die Möglichkeit, dass es zu den heute akzeptierten Theorien Alternativen geben könnte, an die noch niemand gedacht hat („unconceived alternatives“)

25

25

Unterbestimmtheit (2)

Historische Beispiele:

Zur Zeit der Wellentheorie des Lichts wurde nicht an die Möglichkeit einer Quantentheorie des Lichts gedacht

Zur Zeit der Gravitationstheorie Newtons wurde nicht an die Möglichkeit der Allgemeinen Relativitätstheorie gedacht, etc.

Das heißt: Zu jeder empirisch erfolgreichen Theorie gibt es ebenso erfolgreiche Rivalen, die grundsätzlich andere Annahmen über die Natur machen

Daraus folgt: Wir können den grundsätzlichen Annahmen über die Natur auch unserer besten Theorien nicht unbeschränkt glauben

26

26

Fazit

Der epistemische Status der Physik ist umstritten, auch bei Physikern

Grund: Es gibt eine Menge von relevanten Argumenten, die aber in unterschiedliche Richtungen zerren

Unbestritten ist, dass die Physik in den letzten vier Jahrhunderten enorme Fortschritte gemacht hat

Letzten Endes wissen wir aber nicht, wie wir diesen Fortschritt interpretieren sollen

27

27