

# Kommt die Physik der Wahrheit immer näher?

Steven Weinberg kritisiert Thomas Kuhn

Paul Hoyningen-Huene

Physik und Wissenschaftsgeschichte nehmen selten Notiz voneinander. Vielen Physikern erscheint die Nachbardisziplin als ziemlich uninteressant und verstaubt. Tatsächlich aber sind in den letzten Jahrzehnten aus der Wissenschaftsgeschichte Kontroversen hervorgegangen, die den Erkenntnisstatus der Physik betreffen, und die deshalb das Interesse mancher Physiker fanden. Dazu gehört die Diskussion über die Wissenschaftstheorie Thomas Kuhns. Steven Weinberg hat unlängst einige von Kuhns Thesen aufgenommen und kritisiert. Neben berechtigten Kritikpunkten enthält Weinbergs Essay auch einige Mißverständnisse.

Steven Weinberg, Nobelpreisträger für Physik des Jahres 1979, hat sich kürzlich im *New York Review of Books* kritisch zu den Thesen des Physikers, Wissenschaftshistorikers und -philosophen Thomas Kuhn geäußert [1]. Thomas Kuhn ist die einflußreichste Persönlichkeit der letzten Jahrzehnte in Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -philosophie. Seine Bekanntheit basiert vor allem auf seinem Buch *The Structure of Scientific Revolutions*, das 1962 erstmals erschien und von dem mittlerweile weit über eine Million Exemplare in über zwei Dutzend Sprachen verkauft worden sind [2]. Die heute schon fast zur Alltagssprache gehörenden Wörter „Paradigma“ und „Paradigmenwechsel“ wurden in diesem Buch eingeführt. Besonders in den 70er Jahren gab es eine intensive und z. T. heftige Diskussion um Kuhn, die in vielen Disziplinen geführt wurde. Im Zentrum standen dabei zunächst der Begriff des Paradigmas und der dazu assoziierte Begriff der normalen Wissenschaft. Die Diskussion verlagerte sich dann auf den Begriff der Inkommensurabilität, mit dem Kuhn größere Theoriwechsel, aber auch kleinere revolutionäre Entwicklungen charakterisierte (siehe Kasten). In den 90er Jahren intensivierte sich die Diskussion um Kuhn

erneut, ausgelöst unter anderem durch seinen Tod im Jahre 1996.

Weinbergs anregender Artikel enthält neben angemessenen Darstellungen verschiedener Elemente der Kuhnschen Theorie auch berechnete Kritikpunkte an Kuhn, Mißverständnisse seiner Theorie und die Skizze einer Gegenposition



Thomas Kuhn (1922 bis 1996) war einer der einflußreichsten Wissenschaftshistoriker und -philosophen dieses Jahrhunderts. Sein 1962 erschienenes Buch „The Structure of Scientific Revolutions“ wurde in über zwei Dutzend Sprachen übersetzt.  
Foto: Henry Perschak

zu Kuhn, die vielen Physikern plausibel erscheinen wird. Ich diskutiere im folgenden einen berechtigten Kritikpunkt, ein Mißverständnis und problematische Aspekte von Weinbergs Gegenposition zu Kuhn.

In der *Struktur* vergleicht Kuhn wissenschaftliche Revolutionen mit Gestaltsprüngen, wie man sie bei Kippbildern erleben kann. Er will damit illustrieren, daß eine wissenschaftliche Revolution typischerweise eine neue Sichtweise beinhaltet, die auch die bereits bekannten Phänomene in einem neuen Licht erscheinen läßt. So sieht man beispielsweise die Bohrschen stationären Elektronenzustände im Lichte der Wellenmechanik als stehende Wellen. Mit dieser Sichtweise kann man viele Eigenschaften von Atomen verstehen, die aus der Perspektive des Bohrschen Atommodells unerklärbar blieben. Der problematische Teil von Kuhns Beschreibung besteht darin zu behaupten, daß Wissenschaftler zu einer früher einmal verwendeten, jetzt aber durch eine Revolution überwundenen Sichtweise nicht zurückkehren könnten. Bei Kuhn klingt das so, als seien Wissenschaftler dazu prinzipiell nicht

mehr in der Lage. Weinberg greift dies zu Recht an. Das stärkste Argument gegen Kuhns Ansicht scheint mir zu sein, daß nach Kuhn Historiker diese früheren Weltansichten so authentisch wie möglich rekonstruieren sollen und das auch können. Warum sollte das Wissenschaftlern verwehrt sein? Es scheint mir viel plausibler zu sein anzunehmen, daß Wissenschaftler kein besonderes Interesse daran haben, zu einer überwundenen Sichtweise auf eine historisch angemessene Weise zurückzukehren. Natürlich kehren Wissenschaftler so, wie es Weinberg in seinem Artikel beschreibt, z. B. zur Sichtweise der klassischen Physik zurück. Das Ziel ist dabei aber nicht eine historisch akkurate Rekonstruktion, sondern eine anwendungsfähige Theorie. Ob diese Theorie genau identisch mit irgendeiner ihrer tatsächlich historisch verwendeten Versionen ist oder nicht, ist Physikern ziemlich gleichgültig. Man sucht die im Lichte der neuen Theorie beste bzw. am einfachsten handhabbare Version der älteren Theorie. Dies darum, weil sie bestimmte Leistungen liefert, die die neue Theorie zwar im Prinzip auch erbringen könnte, aber auf viel kompliziertere Weise oder faktisch überhaupt nicht.

Kuhn und mit ihm viele andere Wissenschaftshistoriker und -philosophen sind der Meinung, daß diejenigen Versionen einer Theorie, die nach einer Revolution weiterverwendet werden, typischerweise Modifikationen der ursprünglichen Theorie im Lichte der neuen Theorie sind. „Im Lichte der neuen Theorie“ heißt insbesondere, daß man nun die Einschränkungen kennt, unter denen die ältere Theorie approximativ gilt. Natürlich ist Weinberg Recht zu geben, daß der formale Teil älterer Theorien dabei typischerweise unverändert übernommen wird (der „harte“ Teil), und sich nur bestimmte ihrer Interpretationen ändern (der „weiche“ Teil). Gerade aber diese sich verändernden „weichen“ Teile hatte Kuhn im Blick, wenn er von Diskontinuitäten zwischen den sich

Prof. Dr. Paul Hoyningen-Huene, Universität Hannover, Zentrale Einrichtung für Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsethik, Oelzenstr. 9, D-30169 Hannover

ablösenden Theorien sprach<sup>1)</sup>. Die Veränderung der „weichen“ Teile der älteren Theorie im Lichte der neuen liefert Argumente für den Zweifel an der von Weinberg gehegten Vorstellung, daß der Wissenschaftsprozeß als Annäherung an die Wahrheit verstanden werden kann. Mehr dazu weiter unten.

Nur kurz möchte ich auf ein Mißverständnis von Kuhns Theorie eingehen, dem Weinberg – wie viele andere vor ihm – zum Opfer fällt. Dieses Mißverständnis betrifft die Inkommensurabilität, einen der meistdiskutierten Begriffe, der auf Kuhn (und den ebenfalls sehr bekannten Philosophen Paul Feyerabend) zurückgeht. Für Weinberg besteht Inkommensurabilität in der Paradigmaabhängigkeit der Maßstäbe, mit denen Theorien beurteilt werden. Das würde zu ziemlich abrupten Änderungen dieser Maßstäbe während wissenschaftlicher Revolutionen führen, was seinerseits einen vernünftigen Leistungsvergleich konkurrierender Theorien vereiteln würde (dies hat übrigens zu dem (Irr-)Meinung geführt, Kuhn würde wissenschaftlichen Fortschritt überhaupt leugnen!). Dem hält Weinberg zu Recht entgegen, daß in der Physikgeschichte solche Änderungen von Maßstäben relativ sanft („evolutionär“) vor sich gegangen seien und deshalb die Theoriebeurteilung nicht unmöglich gemacht hätten.

Tatsächlich sind Kuhn und Weinberg an diesem Punkt der Sache nach der gleichen Meinung. Denn für Kuhn gibt es einen Satz von paradigmaunabhängigen wissenschaftlichen Werten, die die Maßstäbe für die Theorienbewertung abgeben (siehe [3], Abs. 4.3c). Dazu gehören die Genauigkeit, die Reichweite, die Fruchtbarkeit, die Vorhersagekraft, die Einfachheit und die Konsistenz der Theorie. Diese Werte können aber verschieden konkretisiert und zueinander verschieden gewichtet werden. Dies zeigt sich beim historischen Wandel der Werte innerhalb einer Disziplin und beim Vergleich von Werten verschiedener Disziplinen. Wertänderungen finden insbesondere in der Folge tiefergehender Theoriewechsel statt, ohne daß dadurch aber ein leistungsbezogener Theorienvergleich unmöglich würde. Allerdings kann der Theorienvergleich dadurch delikater werden. Beispielsweise war es in der Physik vor der Einführung der Quantenmechanik

ein unumstößlicher Wert fundamentaler Theorien, deterministisch zu sein. Diese Eigenschaft ist eine bestimmte Konkretisierung des Wertes der Genauigkeit: In einem deterministischen Universum müssen fundamentale Theorien deterministisch sein. Diese Konkretisierung des Wertes der Genauigkeit wurde aufgegeben, als klar wurde, daß es keine Alternative zu der (in gewissem Sinn) indeterministischen Quantenmechanik gab. Die positive Bewertung der Quantenmechanik ergab sich auf der Basis anderer wissenschaftlicher Werte wie der Vorhersagekraft und der Konsistenz, die schließlich für die allermeisten Physiker indeterministische fundamentale Theorien akzeptabel machten. Einsteins diesbezügliche Weigerung zeigt allerdings, daß das Abgehen vom Ideal deterministischer Theorien nicht absolut zwingend war. Die Theoriwahl zwingt manchmal zu einer Abwägung verschiedener Bewertungsgesichtspunkte.

Der schwierigste kontroverse Punkt zwischen Weinberg und Kuhn ist die Frage, ob man die Wissenschaftsentwicklung, insbesondere die Physikentwicklung, als eine Annäherung an die Wahrheit verstehen kann. Weinbergs Bild des wissenschaftlichen Fortschritts scheint folgendes zu sein: In der

wissenschaftlichen Revolution des 16. und 17. Jahrhunderts entstand die moderne Wissenschaft, die sich durch die Elimination der Fehler der vorangehenden Tradition auszeichnet, insbesondere durch die Verabschiedung des Aristotelismus. Seitdem ist insbesondere die Physik auf dem Weg zur Wahrheit in dem Sinn, daß alle aufeinanderfolgenden physikalischen Theorien immer bessere Approximationen an die Wahrheit sind. Kuhns Beschreibung wissenschaftlicher Revolutionen ist nur für die wissenschaftliche Revolution des 16. und 17. Jhdts. angemessen, insbesondere für den Übergang von der Aristotelischen zur Galilei-Newtonschen Dynamik. Charakteristisch für diesen Übergang ist, daß die Vorgängertheorie als falsch erkannt und dementsprechend in der späteren Wissenschaftspraxis auch nicht mehr verwendet wurde. Die Theorie- oder Paradigmenwechsel innerhalb der neuzeitlichen Physik haben demgegenüber einen anderen Charakter. In ihnen wird eine bestimmte Approximation an die Wahrheit durch eine bessere Approximation ersetzt. In bestimmten physikalischen Situationen genügt nach wie vor eine weniger gute Approximation an die Wahrheit, wie sie von der älteren und einfacheren Theorie geliefert wird. Dementsprechend wird die

### Hauptzüge von Kuhns Wissenschaftsphilosophie

Die Theorie Kuhns stellt ein Phasen- oder Ablaufmodell für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Grundlagendisziplinen auf (siehe zur Einführung [4]), weiterführend [3]). Nach einer „vornormalen“ Phase, die durch Schulstreitigkeiten gekennzeichnet ist, bildet sich eine „normale“ Phase, in der ein breiter Konsens der Fachleute hinsichtlich der Grundlagen der Disziplin herrscht. Der Kernpunkt dieses Konsenses sind konkrete, herausragende wissenschaftliche Leistungen, die weitere Forschungsarbeit ermöglichen, die sich an ihnen orientiert. Diese vorbildgebenden, konkreten wissenschaftlichen Leistungen nannte Kuhn Paradigmen. In der Phase normaler Wissenschaft werden die Grundlagen des Faches nicht in Frage gestellt; vielmehr versucht man, das schon gewonnene Wissen zu präzisieren und seine Anwendungen auszuweiten. Die Phase normaler Wissenschaft geht zu Ende, wenn wesentliche Anomalien auftauchen,



Junge Frau oder alte Hexe? Thomas Kuhn vergleicht wissenschaftliche Revolutionen, wie z. B. die Kopernikanische Revolution oder den Übergang von der Newtonschen Physik zur Relativitätstheorie, mit Gestaltsprüngen, wie man sie bei Kippbildern erleben kann: Bekannte Phänomene erscheinen plötzlich in einem ganz neuen Licht.

die sich innerhalb des gegebenen Rahmens auch nach größeren Anstrengungen nicht auflösen lassen. Dann beginnt eine Phase „außerordentlicher Wissenschaft“, in der versucht wird, den bisherigen Forschungsrahmen zu modifizieren bzw. grundsätzlich neue Ideen zu entwickeln. Das Ziel ist dabei, die wesentlichen Anomalien aufzulösen, gleichzeitig aber möglichst viele der bisherigen Forschungsergebnisse beizubehalten bzw. zu reproduzieren. Gelingt dies mit neuen paradigmatischen, konkreten wissenschaftlichen Leistungen, so ist eine wissenschaftliche Revolution vollzogen und eine neue Phase normaler Wissenschaft kann beginnen. Typischerweise unterscheidet sich der neue Forschungsrahmen

vom alten auch in begrifflicher Hinsicht: Manche der alten Begriffe werden ausrangiert, andere ändern ihre Bedeutung, bisweilen auf subtile Weise, und neue Begriffe werden eingeführt. Typischerweise ändern sich damit auch grundlegende Vorstellungen darüber, was die konstitutiven Bestandteile des Universums und ihre Eigenschaften sind. Weil diese Vorstellungen vielfach völlig selbstverständlich geworden sind und ihre Geltung daher völlig fraglos war, spricht Kuhn auch davon, daß sich mit einer wissenschaftlichen Revolution „die Welt ändert“. Die begrifflichen Disparitäten zwischen den vor- und nachrevolutionären Vorstellungen bezeichnet Kuhn mit dem Begriff der Inkommensurabilität. Der Leistungsvergleich von inkommensurablen Theorien ist aufgrund ihrer begrifflichen Unterschiede etwas heikel; er reduziert sich nicht auf einen quasi-mechanischen Vergleich der Vorhersagen der beiden Theorien.

<sup>1)</sup> Bohr hatte übrigens sehr ähnliche Vorstellungen: Das Korrespondenzprinzip, das den quantitativen Anschluß der Quantenmechanik an die klassische Physik verlangt, setzt die begriffliche Diskontinuität zwischen beiden Theorien keineswegs außer Kraft.

frühere Theorie auch weiter in der Wissenschaft verwendet, typischerweise in ihrer ausgereiftesten Formulierung. Der Wissenschaftsfortschritt ist dadurch insgesamt kumulativ.

Ironischerweise ist dieses Bild der Wissenschaftsentwicklung genau dasjenige Bild, gegen das Kuhn, beginnend mit der *Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, sein ganzes Leben lang argumentiert hat. Für Kuhn (und viele andere Historiker) ist erstens der Bruch durch die wissenschaftliche Revolution des 16. und 17. Jhdts. viel kleiner als vielfach angenommen. Zweitens sind für ihn die Theoriewechsel innerhalb der modernen Naturwissenschaften tiefergehend als das beispielsweise von Weinberg gesehen wird. Unter anderem dies macht drittens die Vorstellung einer Annäherung des Wissens der neuzeitlichen Wissenschaft an die Wahrheit suspekt.

1) Es gibt viele Punkte der Kontinuität zwischen der Aristotelischen und der Galilei-Newton-Tradition. Beispielsweise ist es ein reiner Mythos, daß man sich in der Aristotelischen Tradition auf begriffliche Herumtorei beschränkt habe. Auch bei Aristoteles hat die Beobachtung von Naturphänomenen große Bedeutung. Diese Kontinuitäten insbesondere der Forschungsweise machen, trotz der natürlich auch vorhandenen Diskontinuitäten, mißtrauisch gegenüber der Behauptung, daß vor Galilei alle Resultate der Naturforschung im wesentlichen falsch und nach ihm alle im wesentlichen richtig seien.

2) Es ist ein insbesondere für die Physikentwicklung unleugbares Faktum, daß sowohl die Menge als auch die Genauigkeit der quantitativ behandelbaren Probleme in den letzten vier Jahrhunderten in geradezu unvorstellbarer Weise gewachsen sind. Zugleich aber gab es bei den größeren Theoriewechseln auch größere begriffliche Änderungen. Mit den Änderungen von Grundbegriffen haben sich aber typischerweise auch grundlegende ontologische Vorstellungen geändert, d. h. die Vorstellungen darüber, was es im Universum gibt und wie dies grundsätzlich beschaffen ist. Wenn man kein professioneller Wissenschaftshistoriker ist, hat man, so Kuhn, von der Dramatik dieser Veränderungen häufig ein unzureichendes Bild (siehe [2] Kap. 11). Das liegt daran, daß sowohl in

der naturwissenschaftlichen Ausbildung als auch in populären Darstellungen von Wissenschaft gänzlich ausrangierte Theorien praktisch inexistent sind. Was weiß man schon von der Aristotelischen Dynamik oder der Phlogiston-Chemie? Ähnliches gilt von Theorien, die in gewisser Weise überholt sind, aber dennoch im Ingenieurwesen und auch der Naturwissenschaft selbst weiterverwendet werden. Man lernt diese Theorien nicht in ihren historisch originalen Formen kennen,

*Der schwierigste kontroverse Punkt zwischen Weinberg und Kuhn ist die Frage, ob man die Physikentwicklung als eine Annäherung an die Wahrheit verstehen kann.*

sondern in Formen, die den nachfolgenden Theorien bereits in bestimmten Hinsichten angeglichen sind (das mag nicht den Formalismus der Theorien betreffen). Daher erscheinen in der Rückschau diese Theorien ihren Nachfolgern ähnlicher, als sie es historisch tatsächlich waren. Der Gesamteffekt ist, daß die Kontinuitäten der neuzeitlichen Wissenschaftsgeschichte größer erscheinen, als sie es tatsächlich sind.

3) Diese Veränderungen im historischen Bild haben nun auch Konsequenzen für die Plausibilität der Vorstellung, die Wissenschaftsentwicklung würde sich auf die Wahrheit zubewegen. Die Tatsache, daß in quantitativer Hinsicht die Theorien immer besser geworden sind, ist allein kein Argument für die Wahrheitsannäherung. Manchmal sind Modelle, die bewußt unrealistisch sind, in ihrer Vorhersagekraft besser als ihre realistischen Alternativen (man denke etwa an das Tröpfchenmodell des Atomkerns, das die theoretischen Grundlagen für das Verständnis der Kernspaltung lieferte). Ontologisch aber ist beispielsweise in der Abfolge der Theorien über das, was wir heute als Gravitation bezeichnen, wenig Konvergenz zu sehen. Wegen der größeren Kontinuität zwischen moderner und vorneuzeitlicher Wissenschaft darf man dabei die letztere nicht einfach ausblenden. Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie, in der Gravitation geometrisiert ist, ist in dieser Hinsicht der korrespondierenden Aristotelischen Theorie viel ähnlicher als der von Descartes oder Newton. Ähnlich ist in den Vorstellungen von den

„elementaren“ Bestandteile der Materie wohl keine Konvergenz auszumachen (was bei so wenigen Gliedern der Folge, d. h. naturwissenschaftlichen Theorien, ohnehin problematisch ist).

Noch ernster ist der Einwand, daß nicht klar ist, was es überhaupt heißen soll, Theorien würden sich auf die Wahrheit zubewegen. Erstens bräuchte man einen einigermaßen gut definierten Raum, der alle nur denkbaren Theorien als Elemente enthält (inklusive aller restlos wahren Theorien). Zweitens bräuchte man einen auf diesem vieldimensionalen Raum definierten Begriff des Abstands, der Abstandsvergleiche von Theorien ermöglicht. Drittens muß man die Annäherung einer historisch vorgegebenen Theoriefolge an die jeweilige wahre Theorie feststellen können, ohne diese wahre Theorie zu kennen. Wie können wir aber dann die Annäherung an diese wahre Theorie, die ein globales Fehlerminimum darstellt, von einer Annäherung an ein bloß lokales Fehlerminimum unterscheiden? All dies zeigt, daß man mit der „Annäherung an die Wahrheit“ mit einer Metapher operiert, die einzulösen, d. h. in einigermaßen verständliche oder gar operationalisierbare Begriffe zu übersetzen, überaus problematisch ist. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß eine Explikation des Begriffs der Wahrheitsannäherung grundsätzlich unmöglich ist. Aber die Auffassung, daß die Beschreibung der Wissenschaftsentwicklung als einer Annäherung an die Wahrheit eine gehaltvolle Beschreibung ist, wird sehr problematisch.

#### Literatur

- [1] S. Weinberg, „The Revolution That Didn't Happen“. The New York Review of Books, 8. 10. 1998, www.nybooks.com
- [2] T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago 1962, 2. Aufl. 1970. Übs.: *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Suhrkamp, Frankfurt 1967, 2. Aufl. (1976)
- [3] P. Hoyningen-Huene, *Die Wissenschaftsphilosophie Thomas S. Kuhns. Rekonstruktion und Grundlagenprobleme*. Vieweg, Wiesbaden 1989
- [4] P. Hoyningen-Huene, „Thomas S. Kuhn: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen (The Structure of Scientific Revolutions, 1962)“. In: *Interpretationen. Hauptwerke der Philosophie: 20. Jahrhundert*. Reclam, Stuttgart 1992