

Das Ende der Paradigmenwechsel

Ludwig Fahrbach

Ludwig.Fahrbach@googlemail.com

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

ABSTRACT In diesem Aufsatz verteidige ich den wissenschaftlichen Realismus gegen die pessimistische Metainduktion. Unter wissenschaftlichem Realismus verstehe ich die Position, dass wir vom Erfolg von wissenschaftlichen Theorien auf ihre annähernde Wahrheit schließen dürfen. Die pessimistische Metainduktion ist ein Argument gegen diesen Schluss: Die Wissenschaftsgeschichte ist voll von Theorien, die ein Zeitlang erfolgreich waren, dann aber widerlegt wurden. Für meine Verteidigung des wissenschaftlichen Realismus verwende ich einen Begriff des Erfolgs von wissenschaftlichen Theorien, der Grade zulässt. Ich möchte zeigen, dass unsere gegenwärtig besten Theorien viel höhere Erfolgsgrade genießen als alle widerlegten Theorien.

ABSTRACT In this paper I defend scientific realism against the argument from pessimistic meta-induction. I take scientific realism to be the position that licenses an inference from success of a scientific theory to its approximate truth. The argument from pessimistic meta-induction maintains that this kind of inference is undermined by numerous counterexamples, i.e., by theories from the history of science that were successful, but false. In order to defend scientific realism against the pessimistic meta-induction, I adopt a notion of success that admits of degrees. I aim to show that our current best theories enjoy far higher degrees of success than any of the successful, but refuted theories of the past.

Der wissenschaftliche Realismus

Unter wissenschaftlichem Realismus verstehe ich in diesem Aufsatz die Position, die das folgende Schlussprinzip gutheißt: Wenn eine wissenschaftliche Theorie erfolgreich ist, dann ist sie annähernd wahr. Nennen wir dieses Schlussprinzip das EIW-Prinzip, für **Erfolg impliziert Wahrheit**. Wissenschaftliche Realisten wenden das EIW-Prinzip auf unsere gegenwärtig besten Theorien an, etwa auf die Evolutionstheorie, die Plattentektonik und die Atomtheorie der Materie, und schließen, dass diese annähernd wahr sind.

Im EIW-Prinzip tauchen drei Begriffe auf, der Begriff des Erfolges, der Begriff der Wahrheit und der Begriff der annähernden Wahrheit. Der Begriff des Erfolges wird später ausführlich besprochen und präzisiert. Im Augenblick nur

soviel: Eine wissenschaftliche Theorie nenne ich „erfolgreich zu einem gegebenen Zeitpunkt“, wenn, soweit den Wissenschaftlern zu diesem Zeitpunkt bekannt, die Theorie hinreichend viele richtige und keine falschen empirischen Konsequenzen hat.

Zum Begriff der Wahrheit ließe sich viel sagen, aber ich möchte mich mit zwei Hinweisen begnügen. Wissenschaftliche Realisten vertreten oft eine Korrespondenztheorie der Wahrheit. Das ist völlig in Ordnung. Doch braucht man sich nicht auf eine solche festzulegen, denn für unsere Belange würde auch eine deflationäre Auffassung des Wahrheitsbegriffes ausreichen (Paul Horwich 1998). Der Begriff der *annähernden* Wahrheit wirft ebenfalls eine Menge Probleme auf. Eine allgemeine Analyse dieses Begriffes konnte bisher nicht geliefert werden. Jedoch können Wissenschaftler diesen Begriff in den meisten konkreten Situationen ohne Probleme anwenden, und das reicht, um das EIW-Prinzip brauchbar zu machen.

Im folgenden werde ich die Qualifizierung „annähernd“ meist weglassen und einfach von „Wahrheit“ von Theorien sprechen; es ist aber immer annähernde Wahrheit gemeint. Auch werde ich meist „wissenschaftlicher Realismus“ mit „Realismus“ abkürzen. Außerdem verwende ich die Bezeichnung „Theorie“ in einem sehr weiten Sinne. Ich bezeichne damit auch Naturgesetze, theoretische Aussagen und sogar Klassifikationssysteme wie das Periodensystem der Elemente. Der Grund hierfür ist, dass es viele Aussagen dieser Art gibt (etwa die Aussagen, die im Periodensystem der Elemente enthalten sind), auf die der Realist ebenfalls das EIW-Prinzip anwenden möchte, d.h. ebenfalls von ihrem Erfolg auf ihre Wahrheit schließen möchte, und die ebenfalls durch die pessimistische Metainduktion angegriffen sind.

Das EIW-Prinzip ist ein induktives Prinzip, im weiten Sinn von Induktion, der alle nicht-deduktiven gültigen Schlüsse umfasst. Allgemein gesprochen geht es in der Debatte um den wissenschaftlichen Realismus um die Frage, wie weit unser induktives Schließen uns über die Beobachtung hinaustragen kann, d.h. welche Formen induktiven Schließens wahrheitszutraglich sind und welche nicht. Wissenschaftliche Realisten sind eher optimistisch und meinen, dass Schlussprinzipien wie das EIW-Prinzip wahrheitszutraglich sind, wohingegen Antirealisten auf verschiedene Weise und aus unterschiedlichen Gründen eher pessimistisch sind und Schlussprinzipien dieser Art eher ablehnen.

Die Gegenposition zum Realismus ist also der Antirealismus. Auch hier gibt es eine ganze Reihe verschiedener Versionen, aber ich werde in diesem Aufsatz keine konkrete Version definieren und besprechen, denn es geht mir ausschließlich um die Verteidigung des Realismus und nicht die Diskussion der verschiedenen Formen von Antirealismus.¹ Unter „Antirealismus“ können wir daher einfach die Negation des Realismus verstehen, also die Ablehnung des EIW-

1 Für einen Vergleich verschiedener Formen von Antirealismus speziell in Bezug auf die pessimistische Metainduktion siehe Fahrbach (2009a, 2009b).

Prinzips. Antirealisten sind dann Leute, die den Realismus anzugreifen versuchen, indem sie Argumente gegen das EIW-Prinzip vorbringen.

Typischerweise haben Definitionen des wissenschaftlichen Realismus neben epistemischen auch semantische, metaphysische und pragmatische Komponenten, aber ich beschränke mich in meiner Diskussion auf epistemische Fragen und werde daher die anderen Komponenten beiseite lassen.²

Eine Weise, den Realismus zu definieren, ist nicht sinnvoll. Sie besteht darin, dass eine Menge von wissenschaftlichen Theorien, etwa unsere gegenwärtig besten Theorien, eingegrenzt wird und dann deren Wahrheit behauptet wird.³ Ein solches Vorgehen ist nicht geeignet, um den Realismus zu definieren. Denn wenn die Wissenschaft weiter fortschreitet, kann sich die Menge der besten Theorien ändern, zum Beispiel größer werden. Dann ändern sich auch die Überzeugungen des Realisten. Daran ist nichts auszusetzen, doch wollen wir nicht sagen, dass sich dann sein *Realismus* ändert. Vielmehr bleibt sein Realismus der gleiche. Der Realist akzeptiert die gegenwärtig besten Theorien, *weil sie erfolgreich sind*. Das ist sein Grund, und dieser Grund sollte in die Definition des Realismus aufgenommen werden. Dies wird durch das EIW-Prinzip geleistet. Wenn sich dann die Menge der erfolgreichen Theorien ändert, hat das weder Auswirkungen auf das EIW-Prinzip noch auf den Realismus.

Das Wunderargument

Das wichtigste Argument zur Stützung des Realismus ist das Wunderargument (Putnam 1978, Smart 1960). In seiner einfachsten Form ist es ein direkter Appell an unsere Intuitionen: „Wäre es nicht ein Wunder, wenn unsere besten Theorien trotz ihres hohen Erfolges falsch wären? Wäre es beispielsweise nicht ein Wunder, wenn sich chemische Substanzen immer wieder so verhielten, wie wenn sie aus den 92 chemischen Elementen zusammengesetzt wären, es aber in Wirklichkeit nicht sind?“ Neben dieser einfachsten Form des Wunderargumentes gibt es verschiedene Fortentwicklungen, wie z.B. den Schluss auf die beste Erklärung, doch will ich hier nicht weiter auf diese eingehen.⁴

Es scheint mir, dass sich feststellen lässt, dass alle Versionen des Wunderargumentes am Ende an „Intuitionen“ appellieren müssen.⁵ Diese Intuitionen wer-

2 Darstellungen der Realismusdebatte finden sich in Jarrett Leplin (1997), André Kukla (1998), Stathis Psillos (1999), Jaako Niiniluoto (1999), Alan Musgrave (1999), Kyle Stanford (2006), Derek Turner (2007), Anjan Chakravartty (2007) und Ladyman/Ross (2008).

3 So definiert zum Beispiel Devitt (2005, p. 769) den Realismus.

4 Siehe Richard Boyd (1983), Psillos (1999, Kapitel 4), Philip Kitchers “Galilean strategy” (2001) und Gerhard Schurz (2008).

5 Darüber, was unter „Intuitionen“ genau zu verstehen ist, kann mehr sehr unterschiedlicher Meinung sein. Realisten mögen für Intuitionen eine apriorische Gültigkeit beanspruchen, oder sie mögen meinen, dass sie irgendwie in unserer allgemeinen empirischen Erfahrung

den von Antirealisten nicht geteilt. Sie weisen das Wunderargument daher zurück. Wir können also beobachten, dass sich die beiden Parteien in der Realismusdebatte – Realisten und Antirealisten – über die Haltbarkeit des EIW-Prinzips und ähnlicher Prinzipien wie den Schluss auf die beste Erklärung streiten, wobei Realisten sie für begründbar halten, während Antirealisten dies verneinen. In dieser Debatte kann, wie so oft in der Philosophie, keine Partei die andere überzeugen, und eine Entscheidung ist nicht in Sicht. Die Meinungsverschiedenheit scheint auf einem Aufeinanderprallen unterschiedlicher Intuitionen zu gründen, die nicht miteinander vereinbar sind.

Die pessimistische Metainduktion

Doch nun, so können wir die Realismusdebatte fortsetzen, präsentiert der Antirealist ein Argument gegen das EIW-Prinzip, das unabhängig vom bisherigen Verlauf der Debatte ist und nichts mit dem Zusammenprallen von unterschiedlichen Intuitionen zu tun hat. Dieses Argument ist die pessimistische Metainduktion (kurz PMI). Die PMI hat die Prämisse, dass die Wissenschaftsgeschichte voll von Theorien ist, die eine Zeitlang erfolgreich waren und von Wissenschaftlern akzeptiert wurden, jedoch später widerlegt wurden.⁶ Nehmen wir zunächst einmal an, dass diese Prämisse korrekt ist. Dann stellen die erfolgreichen, aber widerlegten Theorien *Gegenbeispiele* gegen den Schluss vom Erfolg auf die Wahrheit dar. Sie unterminieren das EIW-Prinzip.⁷

Antirealisten müssen die Prämisse der PMI belegen. Das haben sie gemacht. Berühmt ist Larry Laudans Liste (1981) von solchen Theorien. Er erwähnt beispielsweise das geozentrische Weltbild der frühen Astronomie, die kalorische Theorie der Wärme, die Vitalkrafttheorie der Physiologie, die Phlogistontheorie, verschiedene Äthertheorien des Lichts, usw.

Der Antirealist argumentiert dann gegen den Realisten wie folgt. Selbst wenn man zunächst die Perspektive des Realisten, also die Intuitionen des Realisten, auf denen das Wunderargument und die Begründung des EIW-Prinzips beruht, akzeptiert, muss man einsehen, dass die PMI die Aufgabe all dieser Dinge erzwingt. Aus der Perspektive des Realisten muss man nämlich zwei Argumente gegeneinander abwägen, das Wunderargument und die PMI. Das Wunderargument stützt das EIW-Prinzip, und die PMI unterminiert dieses Prinzip. Die bei-

über die Welt gründen, oder sie mögen zugeben, dass sie nichts weiter sind als Meinungen (David Lewis, 1983, S. 10).

6 So bemerkt Jim Holt „Scientific progress ... takes place by funerals.“ (2005)

7 Diese Form der PMI erwähnen unter anderem Psillos (1999, ch. 5), Peter Lewis (2001), Devitt (2005) und Kitcher (2001).

den Argumente müssen gegeneinander abgewogen werden.⁸ Das Ergebnis des Abwägens ist, so meint der Antirealist, dass die PMI das Wunderargument austicht. Denn während das Wunderargument letztlich auf Intuitionen basiert, deren Natur unklar und deren epistemischer Status umstritten ist, geht die PMI von harten Fakten der Wissenschaftsgeschichte aus, von konkreten Gegenbeispielen gegen den Schluss vom Erfolg auf die Wahrheit. Wie kann man ein Schlussprinzip besser untergraben als durch konkrete Gegenbeispiele? Folglich ist die PMI stärker als das Wunderargument. Selbst wenn man also anfänglich die Intuitionen des Realisten teilt, muss man, so der Antirealist, seine Meinung aufgrund der PMI ändern und das EIW-Prinzip aufgeben. Wenn man das tut, hat das natürlich Konsequenzen für unsere Einstellung zu unseren gegenwärtig besten Theorien: An ihre Wahrheit zu glauben ist dann nicht mehr rational rechtfertigbar.

Ich kann nun das Ziel dieses Aufsatzes genauer formulieren. Ich möchte den Realismus gegen den Angriff durch die PMI verteidigen. Dieses Ziel ist bescheiden, denn ich werde nicht in die Realismusdebatte, wie sie oben präsentiert wurde, eingreifen, sondern einfach die Perspektive des Realisten voraussetzen, d.h. den Realismus nur relativ zu seinen eigenen Intuitionen und bestätigungstheoretischen Ansichten verteidigen und die Intuitionen und bestätigungstheoretischen Ansichten von Antirealisten außen vorlassen. Ich werde insbesondere nicht versuchen, ein Argument gegen den Antirealisten zu konstruieren (obgleich die Aussichten hierfür meines Erachtens sehr gut sind, siehe Fahrbach (2010b) für erste Schritte in diese Richtung). Mein Ziel ist also rein defensiv. Ich möchte zeigen, dass das EIW-Prinzip nur geringfügig modifiziert werden muss, um es vor den Gegenbeispielen zu schützen und mit der Wissenschaftsgeschichte kompatibel zu machen.

Der Begriff des Erfolgs

Für meine Verteidigung des Realismus muss ich den Begriff des Erfolges genauer definieren. Meine Definition soll zwei Desiderata erfüllen. Erstens bleibt dieser Begriff, wie allseitig beklagt wird, in der Literatur der Realismusdebatte meistens ziemlich unbestimmt. Deswegen möchte ich den Begriff zumindest ein Stück weit präzisieren. Das zweite Desiderat ist, dass meine Definition für die meisten Realisten akzeptabel sein soll.⁹ Das erreiche ich, indem ich zum einen die Präzisierung der Definition nicht besonders weit treibe, sondern immer noch recht allgemein halte, und zum anderen in meiner Definition wohlbekann-

8 Um sich in der Realismusdebatte ein Urteil zu bilden, muss man natürlich am Ende *alle* Argumente gegeneinander abwägen, aber ich denke, es ist lehrreich, die Abwägung an dieser Stelle der Debatte mit diesen beiden zentralen Argumenten zu machen.

9 Ob sie hingegen für Antirealisten akzeptabel ist, ist unwichtig, denn für meine Verteidigung des Realismus setze ich ja die Perspektive des Realisten voraus.

ten Ideen des Testens und Bestätigens von Theorien verwende, die, wie ich hoffe, unter Realisten weitgehend unkontrovers sind.

Betrachten wir also ganz allgemein, wie Theorien durch die Beobachtung getestet werden. Um einen Test einer Theorie durchzuführen, leiten Wissenschaftler aus der Theorie eine beobachtbare Konsequenz her. Nennen wir jede beobachtbare Konsequenz einer Theorie, die Wissenschaftler aus ihr herleiten, eine „Vorhersage der Theorie“. Wissenschaftler sammeln zudem Beobachtungen. Ein Test der Theorie besteht dann in einem Vergleich zwischen einer Vorhersage und einer Beobachtung. Wenn Vorhersage und Beobachtung übereinstimmen, hat die Theorie den Test bestanden und gewinnt ein gewisses Maß an Erfolg. Wenn die Theorie hinreichend viele Tests besteht, dann gilt sie als *erfolgreich* (wobei wir offen lassen können, was „hinreichend viele“ genau bedeutet).

Wenn Vorhersage und Beobachtung nicht übereinstimmen, hat die Theorie den Test nicht bestanden. Wir können dann sagen, dass der fehlgeschlagene Test für die Theorie eine Anomalie darstellt. Wenn die Anomalie „wesentlich“ ist, oder die Anomalien sich akkumulieren, ist die Theorie widerlegt.¹⁰ Sie ist dann natürlich nicht erfolgreich. Die Wissenschaftler müssen dann nach anderen Theorien Ausschau halten, und ein Theoriewechsel mag vonstatten gehen. Solange eine Theorie nicht an „wesentlichen“ Anomalien leidet und die Anomalien sich nicht akkumulieren, gilt sie nicht als widerlegt.

Betrachten wir nun den Begriff des *Erfolgsgrades*. Der Erfolgsgrad einer Theorie zu einer bestimmten Zeit wird durch die Zahl, Vielfalt und Strenge der Tests bestimmt, die die Theorie bis zu diesem Zeitpunkt bestanden hat. Wenn eine Theorie mit der Zeit mehr Tests, vielfältigere Tests oder strengere Tests besteht, dann steigt ihr Erfolgsgrad. Das ist alles, was wir zur Definition des Begriffes des Erfolgsgrades benötigen. Aus der Definition folgt, dass die gleiche Theorie zu verschiedenen Zeiten verschiedene Erfolgsgrade genießen kann. Ferner können sich zum gleichen Zeitpunkt verschiedene Theorien hinsichtlich des Erfolgsgrades unterscheiden. Später werden wir sehen, dass diese Unterschiede sehr groß sein können.

Ich verwende die Begriffe „Test“ und „Vorhersage“ in einem sehr weiten Sinn. Ein Test einer Theorie liegt immer dann vor, wenn die Theorie irgendwie mit der Erfahrung in Kontakt kommt und bestätigt oder entkräftet wird. Insbesondere liegt auch dann ein Test vor, wenn die Bestätigung oder Entkräftung durch den Test nur schwach ist. Dann ist auch die Änderung im Erfolgsgrad der Theorie nur gering. Ebenso verwende ich die Bezeichnung „Vorhersage“ in einem weiten Sinn. Sie bezeichnet jede beobachtbare Konsequenz einer Theorie, die Wissenschaftler aus der Theorie hergeleitet haben und zum Testen der Theorie verwenden können. So zählen Konsequenzen einer Theorie auch dann als Vorhersagen, wenn sie keine *neuen Arten* von Phänomenen vorhersagen, d.h.

10 Vergleiche Paul Hoyningen-Huene (1993, Kap. 7)

nicht „neuartige Vorhersagen“ („*novel predictions*“) sind, sondern lediglich schon bekannte Phänomene vorhersagen oder sogar bei der Konstruktion der Theorie verwendet wurden. Die Gründe für diese weiten Verwendungsweisen der Begriffe „Test“ und „Vorhersage“ wird später deutlich werden.

Es versteht sich von selbst, dass die hier vorgestellten Erläuterungen und Definitionen zum den Begriffen des Testens und des Erfolgs von Theorien immer noch recht allgemein sind. Aber, wie gesagt, ein gewisses Maß an Allgemeinheit ist erwünscht, denn der Begriff des Erfolgs soll mit möglichst vielen Versionen des Realismus vereinbar sein.

Das modifizierte EIW-Prinzip

Wenn wir die Wissenschaftsgeschichte betrachten, dann ist die Behauptung sehr plausibel, dass im Laufe der Wissenschaftsgeschichte die Erfolgsgrade der jeweils besten Theorien im Großen und Ganzen kontinuierlich wuchsen. Sie wuchsen sowohl *bei* Theoriewechseln wie auch *zwischen* Theoriewechseln. *Bei* Theoriewechseln wuchsen sie, weil die jeweiligen Nachfolgetheorien die Erfolge der jeweiligen Vorgängertheorie im Allgemeinen übernommen haben und zusätzlich die Anomalien der Vorgängertheorie in Erfolge umgewandelt haben, denn eigens zur Lösung der Anomalien wurden sie im Allgemeinen konstruiert. *Zwischen* Theoriewechseln wuchsen die Erfolgsgrade, weil in der Wissenschaftsgeschichte die Menge und Qualität der Beobachtungen, die Präzision der Messapparate, die Genauigkeit der Vorhersagen, usw. die ganze Zeit über stetig wuchs.

Für den Realisten liegt dann die folgende Erwiderung auf die PMI nahe. Wie gerade festgestellt, wuchsen im Laufe der Wissenschaftsgeschichte die Erfolgsgrade der jeweils besten Theorien kontinuierlich an. Daraus folgt, dass unsere gegenwärtig besten Theorien höhere Erfolgsgrade genießen als alle widerlegten Theorien der Vergangenheit, etwa denen auf Laudans Liste. Wir können daher das EIW-Prinzip so modifizieren, dass es nur den Schluss von Erfolg auf die Wahrheit *für gegenwärtige Erfolgsgrade* erlaubt. Dieser Schluss wird dann nicht durch Gegenbeispiele aus der Wissenschaftsgeschichte unterminiert, und der Realismus ist vor dem Angriff durch die PMI geschützt.¹¹ Um das modifizierte EIW-Prinzip zu untermauern, kann der Realist wieder das Wunderargument heranziehen. Das Wunderargument seinerseits beruht am Ende nach wie vor auf den Intuitionen des Realisten, doch haben wir diese vorausgesetzt, denn es geht uns ja nur um eine Verteidigung des Realismus aus einer realistischen Perspektive.

Diese Antwort auf die PMI ist zwar noch sehr unterentwickelt, aber sie weist in die richtige Richtung. Ich möchte sie nun weiter ausbauen.

¹¹ Varianten dieses Arguments werden von Leplin (1997, p. 141), Stanford (2006), Psillos (1999) und anderen erwähnt oder andiskutiert.

Die zentrale Behauptung

Zur Ausarbeitung der eben präsentierten Idee für die Verteidigung des Realismus beginne ich mit der folgenden Beobachtung. Wenn wir Laudans Liste von erfolgreichen, aber widerlegten Theorien untersuchen, stellen wir fest, dass alle Einträge älter sind als 100 Jahre. Das gleiche gilt für praktisch alle Beispiele von widerlegten Theorien, die in der philosophischen Literatur diskutiert werden. Wie so oft in der Philosophie beschränken sich die meisten Diskussionen auf einige wenige Beispiele, in diesem Fall auf drei, nämlich die Phlogistontheorie, die kalorische Theorie der Wärme und die Äthertheorien des Lichts. Kyle Stanford (2006) hat sich die Mühe gemacht, drei weitere Fallbeispiele ausführlich darzustellen und zu diskutieren, doch stammen diese ebenfalls aus dem 19. Jahrhundert. Halten wir also fest, dass praktisch alle Beispiele von erfolgreichen, widerlegten Theorien älter sind als 80 Jahre.

Nennen wir Theorien, die vor mehr als 80 Jahren erfolgreich waren, „alte Theorien“. Genau genommen ist diese Eigenschaft nicht eine Eigenschaft von Theorien selbst, sondern von *Theoriestadien*, d.h. Theorien zu *bestimmten Zeiten*. So ist die Evolutionstheorie im Jahre 1900 eine alte Theorie, heute dagegen nicht. Der Einfachheit halber wende ich diese Eigenschaft aber direkt auf Theorien an.

Ich möchte nun zeigen, dass der Altersunterschied zwischen widerlegten Theorien und gegenwärtig besten Theorien auch einen Unterschied in den Erfolgsgraden zwischen diesen beiden Arten von Theorien zur Konsequenz hat. Ich möchte die folgende Behauptung verteidigen: Die gegenwärtig besten Theorien genießen einen viel höheren Erfolgsgrad als alle alten Theorien. Dies ist die zentrale Behauptung dieses Aufsatzes. Nennen wir dabei den Erfolgsgrad der alten Theorien „moderat“ und den Erfolgsgrad der gegenwärtig besten Theorien „hoch“. Man beachte dann, dass die zentrale Behauptung gar nicht von den widerlegten Theorien der Vergangenheit handelt. Solange ich also Belege für sie präsentiere, geht es nur indirekt um die widerlegten Theorien.

Bevor wir fortfahren, möchte ich einige weitere Beispiele von Theorien, die zu unseren gegenwärtig besten gehören, vorlegen. Hier ist eine Liste von solchen Theorien. (Man beachte, dass der Realist immer nur die *annähernde* Wahrheit dieser Theorien behauptet.)

- das Periodensystem der Elemente¹²
- die Evolutionstheorie
- „Sterne sind wie unsere Sonne.“
- die Erhaltung von Masse/Energie
- die kinetische Gastheorie
- die Keimtheorie von ansteckenden Krankheiten

12 Wie eingangs bemerkt, verwende ich den Begriff einer Theorie in einem sehr weiten Sinn.

- „Alle lebenden Organismen der Erde bestehen aus Zellen“
- $E = mc^2$
- usw.¹³

Das Ziel ist also nun, die Erfolgsgrade dieser Theorien mit den Erfolgsgraden von „alten“ Theorien zu vergleichen. Um den Vergleich anzustellen, verwende ich eine Größe, von der ich zeigen möchte, dass sie mit Erfolgsgraden korreliert ist. Diese Größe ist die wissenschaftliche Arbeit, die Wissenschaftler in einer gewissen Zeit leisten.

Das exponentielle Wachstum der wissenschaftlichen Arbeit

Definieren wir den Begriff der wissenschaftlichen Arbeit. Unter wissenschaftlicher Arbeit sollen alle Tätigkeiten und Aktivitäten verstanden werden, denen Wissenschaftler den lieben langen Tag nachgehen, wenn sie Wissenschaft treiben. Dazu gehören das Sammeln von Beobachtungen, die Konstruktion neuer Theorien, das Durchführen von Experimenten, das Testen von Theorien, usw. Natürlich verbringen Wissenschaftler auch viel Zeit mit anderen Dingen, etwa mit der Lehre und administrativem Tätigkeiten, doch wird sich gleich zeigen, dass wir nicht zu entscheiden brauchen, ob wir diese Dinge als wissenschaftliche Arbeit zählen oder nicht.

Wie lässt sich die wissenschaftliche Arbeit messen? Die Annahme ist plausibel, dass die wissenschaftliche Arbeit, die Wissenschaftler in einem gewissen Zeitraum leisten, ganz grob proportional zu zwei Größen ist, der Zahl der Wissenschaftler, die in diesem Zeitraum lebt und arbeitet, und der Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die Wissenschaftler in diesem Zeitraum herausbringen.¹⁴ Beide Größen haben im Verlauf der Wissenschaftsgeschichte ein exponentielles Wachstum durchlaufen. So wuchs die Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Laufe der letzten Jahrhunderte mit einer Verdopplungsrate von ungefähr 15 bis 20 Jahre. Die Zahl der Wissenschaftler erfuhr ein ähnliches Wachstum.¹⁵ Das bedeutet, dass, wenn wir beispielsweise eine Verdopplungszeit von 20 Jahren annehmen, in den letzten 20 Jahren die Hälfte aller wissenschaftlichen Arbeit geleistet wurde und in der ganzen Zeit davor die andere Hälfte, und in den letzten 40 Jahren drei Viertel aller wissenschaftlichen

13 Meine Liste enthält keine Theorien aus der Grundlagenphysik (wie die Quantenmechanik), denn ich glaube, dass solche Theorien in der Realismusdebatte einen Spezialfall darstellen, der gesondert behandelt werden sollte.

14 Es gibt noch einige andere Methoden, die Menge der wissenschaftlichen Arbeit zu messen. Dazu gehören die finanziellen Aufwendungen von Staat und Industrie, die Zahl der Universitäten, die Zahl der Doktoranden, und andere mehr. Soweit Daten vorhanden, ergeben diese Methoden die gleichen Resultate wie die beiden im Haupttext diskutierten Größen.

15 Für Daten, Details und Literaturhinweise siehe Fahrbach (2009a).

Arbeit geleistet wurde, und in der Zeit davor ein Viertel (siehe Bild 1). Für unsere Zwecke bedeutet es, dass in den letzten 80 Jahren mindestens 90% aller wissenschaftlichen Arbeit geleistet wurde.

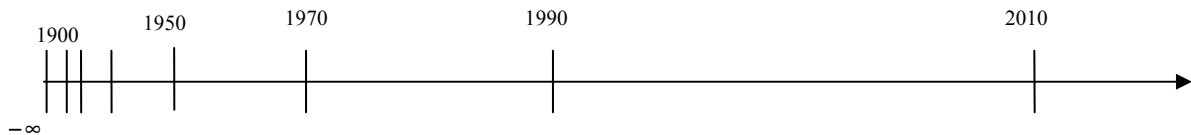


Bild 1. Eine Darstellung der Zeitachse für eine Verdopplungszeit der wissenschaftlichen Arbeit von 20 Jahren. Die Länge der Intervalle auf der x-Achse ist proportional zur Menge der in der entsprechenden Zeit geleisteten wissenschaftlichen Arbeit.

Weil das Wachstum so stark war, können wir alle Unbestimmtheiten in der Definition des Begriffes der wissenschaftlichen Arbeit vernachlässigen. Ebenso macht für unsere Zwecke der ständig wachsende Druck auf Wissenschaftler, immer mehr zu publizieren („publish or perish“), praktisch keinen Unterschied.

Wissenschaftliche Arbeit ist in folgender Weise mit Erfolgsgraden von Theorien verknüpft. Wir haben den Erfolgsgrad einer Theorie zu einem bestimmten Zeitpunkt als etwas definiert, das von der Zahl, Vielfalt und Strenge der Tests abhängt, die die Theorie bis zu diesem Zeitpunkt bestanden hat. Dabei war der Begriff des Tests sehr weit gefasst: jede Gelegenheit, bei der die Theorie durch die Beobachtung bestätigt oder entkräftet werden kann, ist ein Test der Theorie. Um nun eine Theorie zu testen, müssen Wissenschaftler ganz allgemein zwei Arten von wissenschaftlicher Arbeit leisten, sie müssen erstens Beobachtungen sammeln und zweitens Vorhersagen aus den jeweiligen Theorien herleiten. Die erste Art von Aktivität ist offenkundig eine wichtige Art von wissenschaftlicher Arbeit. Für sie müssen Wissenschaftler oft ein erhebliches Maß an Zeit und Anstrengung – also von wissenschaftlicher Arbeit – aufbringen.¹⁶ Aber auch die Herleitung von Vorhersagen aus der Theorie kann, je nach Theorie, großen Aufwand seitens der Wissenschaftler verlangen. Insbesondere in den physikalischen Wissenschaften, aber zunehmend auch in anderen Wissenschaften, liegen die Theorien in mathematischer Form vor, d.h. sind mit Hilfe von Gleichungen, etwa Differentialgleichungen, formuliert. Diese müssen gelöst werden, um Vor-

¹⁶ Beobachtungen und Daten sind nicht nur nötig, um sie mit Vorhersagen der jeweiligen Theorie zu vergleichen, sondern auch, um Vorhersagen aus der Theorie zu gewinnen. Aus der Theorie alleine lassen sich meistens keine empirischen Konsequenzen herleiten, vielmehr benötigt man dazu (neben Hilfhypothesen) empirische Prämissen über die konkreten Testbedingungen, über Anfangs- und Randbedingungen, etc., und diese muss man aus Daten und Beobachtungen gewinnen.

hersagen aus der Theorie zu gewinnen. Sie zu lösen, kann jedoch einen erheblichen Aufwand für den Wissenschaftler bedeuten. Zum einen müssen Methoden entwickelt werden, mit denen die jeweilige Art von Gleichung gelöst werden kann, zum anderen müssen in den konkreten Anwendungen der Methoden konkrete numerische Werte berechnet werden (vgl. Humphreys 2004). All diese Tätigkeiten sind somit wichtige Arten von wissenschaftlicher Arbeit.

Es sind dann die folgenden Korrelationen plausibel (siehe Bild 2): (1) Ein Anstieg der wissenschaftlichen Arbeit führt zu einem Anstieg der Zahl und Qualität von Beobachtungen und Vorhersagen. (2) Dieser Anstieg führt zu einem Anstieg der Zahl und Qualität von Tests von Theorien. (3) Dieser Anstieg wiederum führt für diejenigen Theorien, die all diese Tests bestehen, zu einem Anstieg ihres Erfolgsgrades.

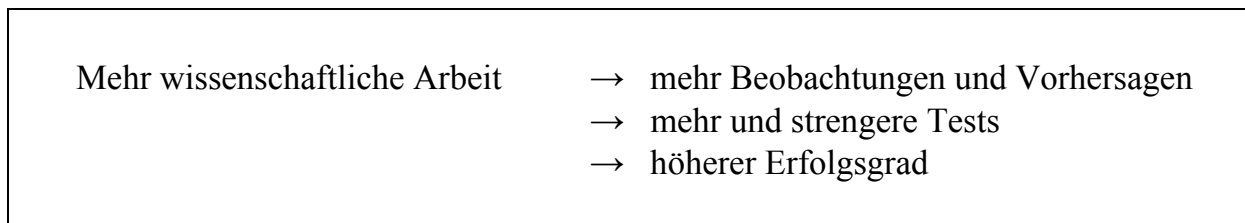


Bild 2

Das Argument für die zentralen Behauptung

Mit diesen Korrelationen können wir nun ein Argument formulieren, dass die zentrale Behauptung, wonach unsere gegenwärtig besten Theorien viel höhere Erfolgsgrade genießen als alle alten Theorien, stützen soll. Wie wir gerade festgestellt haben, ist bei weitem der größte Teil der wissenschaftlichen Arbeit in den letzten Jahrzehnten geleistet worden. Unsere gegenwärtig besten Theorien haben von dieser Arbeit profitiert und zwar über die drei eben erwähnten Korrelationen: All die wissenschaftliche Arbeit resultierte in einem starken Anwachsen der Qualität und Vielfalt von Beobachtungen und Vorhersagen; diese resultierte in einem starken Anwachsen der Qualität und Vielfalt von Tests von Theorien; dass unsere gegenwärtig besten Theorien in den letzten Jahrzehnten stabil waren bedeutet, dass sie all diese Tests bestanden haben; folglich erlebten sie einen riesigen Erfolgsschub; daher genießen sie heute einen „hohen“ Erfolgsgrad. Für alte Theorien gilt das alles nicht. Sie sind älter als 80 Jahre, konnten vom Anstieg der wissenschaftlichen Arbeit nicht profitieren und haben daher keinen Erfolgsschub erfahren. Folglich war ihr Erfolgsgrad nur „moderat“. Dies ist das Argument für die zentrale Behauptung.

Gegen dieses Argument kann man viele Einwände vorbringen, doch möchte ich aus Platzgründen nur einen diskutieren. Dieser Einwand richtet sich gegen

die beiden Proportionalität (1) und (2). In vielen wissenschaftlichen Gebieten hat der Anstieg der wissenschaftlichen Arbeit ganz offensichtlich nicht zu einem entsprechenden Anstieg der Daten und Vorhersagen geführt. Zum Beispiel haben wir sehr wenige Daten über den Ursprung der Menschheit oder den Ursprung des Lebens auf der Erde, und aufgrund dieses Mangels an Daten haben wir auch keine guten Theorien über diese Dinge. Dies sind Gegenbeispiele gegen die Proportionalität (1).

Aber auch gegen die Proportionalität (2) gibt es viele Gegenbeispiele. So gibt es in den Wirtschaftswissenschaften heute eine Unmenge von empirischen Daten und von Computermodellen, die all die Rechenkapazität nutzen, die unsere besten Rechner heute zur Verfügung stellen; beides hat aber nicht zu besonders erfolgreichen ökonomischen Theorien geführt. Ähnliches gilt für eine ganze Menge anderer wissenschaftlicher Gebiete, etwa für große Teile der Krebsforschung oder große Teile der Erforschung des Gehirns. Ganz allgemein floriert die Wissenschaft heute wie nie zuvor, aber das zeigt gerade, dass es in all den wissenschaftlichen Disziplinen noch sehr viele offene Fragen gibt, für die wir entweder höchstens mehr oder wenige plausible Antworten haben, oder oft genug überhaupt keine Ahnung, wie Antworten aussehen könnten, und all das trotz des riesigen Anstiegs der wissenschaftlichen Arbeit. Es ist also nicht zu sehen, so der Einwand, dass die Schritte (1) bis (3) echte Korrelationen sind. Daraus folgt, dass nicht zu sehen ist, dass es einen systematischen Zusammenhang zwischen der wissenschaftlichen Arbeit und den Erfolgsgraden gibt; eher scheinen die beiden Größen ziemlich unabhängig voneinander zu sein.

In Reaktionen auf diesen Einwand gibt es eine kurze und eine lange Erwiderung. Ich stelle hier nur die kurze Erwiderung vor und verschiebe die lange auf eine andere Gelegenheit. Zunächst muss man zugeben, dass es viele Fälle gibt, in denen die Korrelationen (1) bis (3) nicht bestehen. Es ist sicher nicht plausibel, dass ein Anstieg der wissenschaftlichen Arbeit in einem wissenschaftlichen Gebiet *automatisch* einen Anstieg der Erfolgsgrade der Theorien in diesem Gebiet zur Folge hat. Auch ist ganz offensichtlich, dass es ganz allgemein gesprochen trotz des exponentiellen Anstiegs der wissenschaftlichen Arbeit sehr viele Lücken in unserem Wissen gibt. Der Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher Arbeit und Erfolgsgraden der besten Theorien ist nicht so einfach und direkt, wie es vorderhand vielleicht erschien. Vielmehr ist er kompliziert, kontingent und abhängig von den Gegebenheiten des jeweiligen wissenschaftlichen Gebietes. Indes wäre es – und das ist jetzt die Erwiderung – sehr unplausibel, wenn *keine* wissenschaftliche Theorie in *keinem* wissenschaftlichen Gebiet vom Anstieg der wissenschaftlichen Arbeit profitiert hätte. So groß wie das Wachstum war, wäre das extrem überraschend. Und es sind genau diejenigen Theorien, die am meisten von diesem Anstieg profitiert haben, die der Realist im Sinn hat, wenn er von unseren gegenwärtig besten Theorien spricht. Genau für diese Theorien soll die obige Liste Beispiele liefern. Dies war die kurze Erwiderung auf

den Einwand. Weil die lange Erwiderung, wie gesagt, zu lange für diesen Artikel ist, werde ich jetzt nur noch ein Beispiel für die Argumentation vorstellen.

Das Periodensystem der Elemente

Den Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher Arbeit und Erfolgsgraden möchte ich am Beispiel der wichtigsten Theorie der Chemie, des Periodensystems der Elemente, verdeutlichen. Wie die restliche Wissenschaft hat auch die Chemie ein exponentielles Wachstum durchlaufen. Im Laufe der letzten zwei Jahrhunderte wuchsen sowohl die Zahl der Chemiker als auch die Zahl ihrer Veröffentlichungen im großen und ganzen auf ähnlich exponentielle Weise wie in der restlichen Wissenschaft. Wie Jochen Schummer (1999, 92) bemerkt, hat es (bezogen auf das Jahr 1999) „während der letzten 15 Jahre mehr Veröffentlichungen in der Chemie gegeben als jemals zuvor. ... Dieses Jahr werden 100 mal so viele Artikel veröffentlicht wie im Jahre 1901, als van't Hoff den ersten Nobelpreis für Chemie erhielt.“ Nun lässt sich aber im Falle der Chemie das Wachstum noch an einer anderen Größe festmachen, nämlich an der Zahl der neu synthetisierte chemischen Substanzen. Für diese beobachten wir eine sehr stabiles exponentielles Wachstum mit einer Wachstumsrate von 5.5%, was einer Verdopplungszeit von 12,9 Jahren entspricht (1997a, p. 111).¹⁷

Wie führt nun das Wachstum der Zahl der neu synthetisierte chemischen Substanzen zu einem Wachstum des Erfolgsgrades des Periodensystems der Elemente? Für jede chemische Substanz, die von Chemikern neu synthetisiert wird, macht das Periodensystem Vorhersagen. Es sagt beispielsweise voraus, dass die neue Substanz aus den chemischen Elementen des Periodensystems bestehen muss und eine mit Hilfe der chemischen Elemente beschreibbare Molekularstruktur aufweisen muss. Wenn eine solche Vorhersage eintrifft, dann steigt der Erfolgsgrades des Periodensystems. Dabei brauchen die Vorhersagen nicht besonders spezifisch zu sein, sondern können relativ allgemein sein, wie die beiden Beispiele eben, in welchem Falle sie nur zu einem kleinen Anstieg des Erfolgsgrades des Periodensystems führen. Jedoch haben wir gerade gesehen, dass die Zahl der neuen chemischen Substanzen enorm gewachsen ist. Sie liegt heute bei 50 Millionen.¹⁸ Folglich ist auch die Gesamtzahl der entsprechenden Vorhersagen enorm gewachsen. Praktisch alle diese Vorhersagen haben sich als korrekt erwiesen, denn sonst hätte das Periodensystem irgendwann aufgegeben werden müssen. Zusammengenommen haben sie also zu einem riesigen Er-

17 Die Verdopplungszeit für neue chemische Substanzen von 12,9 Jahren ist kürzer als die Verdopplungszeit für die Zahl der Chemiker und ihrer Veröffentlichungen. Hierfür bietet Schummer eine Erklärung. Er zeigt, dass die Zahl der neuen chemischen Substanzen *pro Artikel* spürbar wuchs, das heißt, die Produktivität der Chemiker wuchs im Laufe der Jahrzehnte. (Schummer 1997a, p. 118)

18 <http://www.cas.org/newsevents/connections/heterocycle.html>

folgsschub für das Periodensystem geführt. Folglich genießt das Periodensystem als eine unserer gegenwärtig besten Theorien einen viel höheren Erfolgsgrad als zum Beispiel das Periodensystem als alte Theorie vor mehr als 80 Jahren, und das ist gerade die zentrale Behauptung für den Fall des Periodensystems.

Verteidigung des Realismus

Zwar werden in der zentralen Behauptung unserer gegenwärtig besten Theorien nur *mit den „alten“ Theorien* verglichen, aber wir können aus ihr eine ähnliche Behauptung gewinnen, in der unsere gegenwärtig besten Theorien *mit den widerlegten Theorien* verglichen werden. Auf der einen Seite haben wir oben gesehen, dass praktisch alle widerlegten Theorien, die in der philosophischen Literatur diskutiert werden, vor mehr als 80 Jahren widerlegt wurden und somit zu den „alten“ Theorien gehören. Also können wir die zentrale Behauptung auf diese Theorien anwenden und schließen, dass ihre Erfolgsgrade viel geringer sind als diejenigen unserer gegenwärtig besten Theorien. Wir haben einen solchen Erfolgsgrad „moderat“ genannt.

Es stellt sich dann die Frage, ob es widerlegte Theorien gibt, die einen „hohen“ Erfolgsgrad irgendwann in den letzten 80 Jahren genossen haben. Ich habe Ausschau nach solchen Theorien gehalten und mögliche Kandidaten gesammelt. Das Ergebnis ist, dass keiner meiner Kandidaten ein überzeugendes Beispiel für eine widerlegte Theorie mit „hohem“ Erfolgsgrad ist. Vielmehr genossen sie alle höchstens „moderaten“ Erfolg. Ich könnte nun meine Kandidaten präsentieren und nacheinander abhandeln, doch wäre das ein zweifelhaftes Unterfangen: Eine Liste von möglichen Beispielen zu präsentieren, nur um dann zu zeigen, dass sie doch keine Beispiele sind. Stattdessen überlasse ich es dem Antirealisten, Beispiele von widerlegten Theorien mit hohem Erfolgsgrad zu präsentieren. Zum Beispiel mag er Lehrbücher von wissenschaftlichen Disziplinen wie der Chemie, Biologie oder Astronomie der letzten Jahrzehnte, z.B. der 60er, 70er oder 80er Jahre, durchsuchen, um nach solchen Beispielen zu finden. Solange er keine vorweisen kann, werde ich behaupten, dass es keine gibt.

Wir gelangen mithin zu dem Schluss, dass es weder in der weiter zurückliegenden noch in der jüngsten Vergangenheit Fälle von widerlegten Theorien gibt, die „hohen“ Erfolg genossen haben. Daraus folgt zusammen mit der zentralen Behauptung, dass alle unsere gegenwärtig besten Theorien einen viel höheren Erfolgsgrad (nämlich „hohen“ Erfolgsgrad) genießen als alle widerlegten Theorien (welche nur „moderate“ Erfolgsgrade genossen).

Wie nun der Realismus gerettet werden kann, haben wir bereits gesehen: Der Realist modifiziert das EIW-Prinzip zu einem Schluss von „hohem“ Erfolgsgrad auf Wahrheit. Dieses modifizierte EIW-Prinzip ist nicht mehr durch Gegenbeispiele bedroht. Der Realist kann dann den Realismus modifizieren, sodass sie im Gutheißen des modifizierten EIW-Prinzips besteht. Der modifizierte Realismus

ist dann vor dem Angriff durch die PMI sicher und somit eine Version des Realismus, die mit der Wissenschaftsgeschichte verträglich ist. Der modifizierte Realismus kann am Ende wieder mit dem Wunderargument gestützt werden.

Es versteht sich von selbst, dass die hier vorgestellte Argumentation noch große Lücken aufweist. Sie ist nicht mehr als eine Skizze gemeint, die durch weitere Daten und Argumente verbessert werden muss. Dennoch meine ich, dass sie schon eine gewisse argumentative Kraft hat. Es ist ja der Antirealist, der mit der pessimistischen Metainduktion ein Argument gegen den Realismus präsentieren möchte und es daher zum Laufen bringen muss. Die Beweislast liegt ganz bei ihm. Der Realist kann schon dadurch etwas gegen die pessimistische Metainduktion ausrichten, dass er ernsthafte Zweifel an ihr weckt. Genau das zu erreichen, war das Ziel meiner Argumentation.

Literaturverzeichnis

- Boyd, R., (1983). "On the Current Status of the Issue of Scientific Realism." *Erkenntnis* 19: 45-90.
- Chakravartty, Anjan (2007). *A Metaphysics for Scientific Realism: Knowing the Unobservable*, Cambridge.
- Devitt, M. (2005), "Scientific Realism", In *The Oxford Handbook of Contemporary Analytic Philosophy*, Frank Jackson and Michael Smith, eds. Oxford: Oxford University Press pp. 767-91.
- Fahrbach, L. (2009a), "The Pessimistic Meta-Induction and the Exponential Growth of Science", in: Alexander Hieke and Hannes Leitgeb (eds). *Reduction and Elimination in Philosophy and the Sciences*. Proceedings of the 31th International Wittgenstein Symposium.
- Fahrbach, Ludwig (2009b). "How the Growth of Science Ended Theory Change", *Synthese*, DOI 10.1007/s11229-009-9602-0
- Holt, Jim (2005). "Madness About a Method." *New York Times*, December 11, 2005
- Humphreys, P. (2004). *Extending Ourselves: Computational Science, Empiricism, and Scientific Method*, Oxford University Press.
- Horwich, Paul (1998). *Truth*, Oxford University Press.
- Hoyningen-Huene, P. (1993). *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, Chicago: University of Chicago Press.
- Kitcher, P. (2001). 'Real realism: The Galilean Strategy'. *The Philosophical Review*, 110(2):151–197.
- Kukla, A. (1998). *Studies in Scientific Realism*. Oxford: Oxford University Press.

- Ladyman, James and Don Ross (2008). *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized* Oxford University Press
- Laudan, L. (1981) "A Refutation of Convergent Realism", *Philosophy of Science*, 48 March, 19-49.
- Leplin, J., (1997). *A Novel Defence of Scientific Realism*, Oxford: Oxford University Press.
- Lewis, David (1983). *Philosophical Papers Volume I*. New York: Oxford University Press.
- Lewis, P. (2001). "Why The Pessimistic Induction Is A Fallacy", *Synthese* 129: 371-380.
- Musgrave, A. (1999). *Essays on realism and rationalism*. Amsterdam & Atlanta: Rodopi.
- Niiniluoto, Ilkka (1999). *Critical Scientific Realism*, Oxford University Press
- Psillos, P. (1999). *Scientific Realism: How Science Tracks Truth*. New York and London: Routledge.
- Putnam, Hilary (1975). *Philosophical Papers I*, Cambridge: Cambridge University Press
- Saatsi, J. (2004). "On the Pessimistic Induction and Two Fallacies". In *Proceedings Philosophy of Science Assoc. 19th Biennial Meeting - PSA2004: PSA 2004 Contributed Papers*.
- Schummer, Joachim (1997a). "Scientometric Studies on Chemistry I: The Exponential Growth of Chemical Substances," 1800-1995, *Scientometrics*, **39**, 107-123
- Schummer, Joachim (1997b). "Scientometric Studies on Chemistry II: Aims and Methods of Producing New Chemical Substances", *Scientometrics*, **39**, 125-140
- Schummer, Joachim (1999). "Coping with the Growth of Chemical Knowledge" *Educación Química*, Vol. 10 No. 2, pp. 92-101.
- Schurz, Gerhard (2008). „Patterns of Abduction“, *Synthese*, 164: 201-234.
- Smart, J. J. C (1963). *Philosophy and Scientific Realism* London: Routledge
- Stanford, P. Kyle (2006). *Exceeding Our Grasp: Science, History, and the Problem of Unconceived Alternatives*. Oxford University Press.
- Turner, Derek (2007). *Making Prehistory: Historical Science and the Scientific Realism Debate*, Cambridge University Press.