

Was Ist Wissenschaftliche Arbeitsweise?
Seminar Informatik:
Logik auf Abwegen: Irrglaube, Lüge, Täuschung
Seminarleiter: Jun.-Prof. Dr. Bernhard Beckert

Sarah Steinmetz
sarah.steinmetz@uni-koblenz.de
Studiengang: Computervisualistik
Fachsemester: 5

Universität Koblenz
Institut für Informatik
Sommersemester 2004

Inhaltsverzeichnis

Was Ist Wissenschaftliche Arbeitsweise?	1
<i>Sarah Steinmetz</i>	
1 Einleitung	3
2 Einblick in die Wissenschaftstheorie	3
2.1 Karl Popper: Kritischer Rationalismus	3
2.2 Thomas Kuhn: Wissenschaftliche Revolutionen	5
3 Kriterien für Theorien	6
3.1 Was sind Theorien?	6
3.2 Widerspruchsfreiheit	7
3.3 Wissenschaftliche Erklärung	7
3.4 Argumentation	9
3.5 Kommunikabilität	9
3.6 Empirischer Gehalt	10
3.7 Einfachheit	11
4 Die empirische Methode des Erkenntnisgewinns	11
4.1 Fragestellung und Beobachtung	12
4.2 Hypothesengewinnung	13
4.3 Deduktion aus der Hypothese	14
4.4 Definition von Begriffen	14
4.5 Überprüfung im Experiment	15
4.6 Verwerfung oder Theoriebildung	16
4.7 Konfirmierung der Theorie	17
5 Fazit	17

1 Einleitung

Bei der Beschäftigung mit der Literatur, die sich mit der Frage „Was ist wissenschaftliche Arbeitsweise?“ befasst, zeigt sich, dass es die allgemein akzeptierte und gültige Definition eines einheitlichen Wissenschaftsbegriffs nicht gibt. Die Meinungen, welche Methoden und Prinzipien die wissenschaftliche Betätigung ausmachen, wird auch von den Wissenschaftstheoretikern nicht übereinstimmend beantwortet. Die Wissenschaftstheorie versucht unter anderem die Kriterien der Wissenschaftlichkeit zu definieren. Die Geschichte dieses Bereichs der Philosophie reicht zurück bis zu den logischen Schriften von Aristoteles. In Kapitel 2 möchte ich aber einen kurzen Einblick in die Wissenschaftstheorie des 20. Jahrhunderts geben.

Die Charakterisierung von Wissenschaft wird vor allem auch durch die Vielzahl der verschiedenen Wissenschaftsrichtungen erschwert. Selbst bei der Einteilung der Wissenschaften gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine häufig anzutreffende Klassifizierung ist die Unterscheidung von *Formalwissenschaften* und *Realwissenschaften* (vgl. Czayka, S. 67): Während sich die Formalwissenschaften, zu denen die *Mathematik* und die *Logik* gehören, mit abstrakten und konstruierten Objekten beschäftigen, sind die Gegenstände der Realwissenschaften beobachtbare, „reale“ Phänomene, weshalb auch oft der Begriff *Empirische Wissenschaften* oder *Erfahrungswissenschaften* verwendet wird. Diese lassen sich weiter unterteilen in *Naturwissenschaften* und *Kulturwissenschaften*, welche wiederum die *Geisteswissenschaften* und *Sozialwissenschaften* beinhalten. In Kapitel 3 soll ein möglichst allgemeingültiger Kriterienkatalog für wissenschaftliche Theorien vorgestellt werden. Die Erläuterung der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in Kapitel 4 bezieht sich aber hauptsächlich auf die Naturwissenschaften, da diese, gestützt durch zahlreiche wissenschaftstheoretische Diskussionen, über eine stark ausgebildete Methode verfügen.

2 Einblick in die Wissenschaftstheorie

2.1 Karl Popper: Kritischer Rationalismus

Die Vertreter des Kritischen Rationalismus lehnen die *Induktion* als Beweismethode ab, da sie durch den Schluss von einer begrenzten Anzahl von Beobachtungen auf allgemeine Aussagen nicht garantieren kann, dass diese wirklich immer zutreffen. Nach Karl Popper¹, Begründer des Kritischen Rationalismus, ist die *Verifikation* einer Theorie, das heißt der Nachweis ihrer Richtigkeit, somit gar nicht möglich. Um zum Beispiel den Satz „Alle Stoffe dehnen sich bei Hitze aus“ letztendlich zu verifizieren wäre eine unendliche Anzahl an Einzelbeobachtungen erforderlich. Dagegen stützt sich der *Falsifikationismus* auf den logischen Sachverhalt, dass bereits eine entsprechende Einzelbeobachtung einen allgemeinen Satz widerlegen kann:

¹ Sir Karl Raimund Popper (1902–1974): Österreichischer und britischer Philosoph und Wissenschaftstheoretiker (Wikipedia/Karl Popper)

Popper akzeptiert in der Wissenschaft nur die *Deduktion* als gültiges Schlussverfahren. Bei der Deduktion werden nämlich bestimmte logische Schlussregeln angewendet, die sicherstellen, dass die Folgerung aus bestimmten Aussagen sicher wahr ist, sofern die vorausgesetzten Aussagen wahr sind. Hier ein Beispiel für einen deduktiven Schluss: Die ersten beiden Aussagen bilden dabei

Prämissen	Alle Menschen sind sterblich Sokrates ist ein Mensch	$A \rightarrow B$ A
Schluss	Sokrates ist sterblich	B

Abbildung 1. Beispiel Deduktion

die *Prämissen*, die dritte, abgeleitete Aussage nennt man *Schluss* (vgl. Bochen-ski, S. 73). Die hier verwendete Schlussregel ist der *modus ponens*: „Wenn gilt 'aus A folgt B ' und ' A ist wahr', dann gilt auch ' B ist wahr'.“ (Wikipedia/Modus Ponens)

Für wissenschaftliche Aussagen (W) fordert Popper nun, dass sich aus ihnen bestimmte Folgerungen (F) deduzieren lassen, deren Richtigkeit überprüft werden kann. Eine Falsifizierung der Folgerung F würde nämlich auch zu der Falsifizierung der Aussage W führen: Nach der Regel des *modus tollens* gilt: $((W \rightarrow F) \wedge \neg F) \rightarrow \neg W$ (zu lesen: „Wenn gilt 'aus W folgt F ' und ' F ist falsch', dann gilt auch ' W ist falsch'.“ (Wikipedia/Modus Tollens)) Die Behauptung „Alle Katzen sind schwarz“ impliziert zum Beispiel: „Es gibt keine Katze die nicht schwarz ist“. Wenn man nun eine rote Katze beobachtet, führt dies zu einer Widerlegung der Behauptung.

Popper fordert also nicht, dass eine Theorie bewiesen werden muss, sondern wissenschaftliche Aussagen müssen falsifizierbar sein, indem sie bestimmte mögliche Beobachtungen ausschließen, deren Auftreten die Aussagen widerlegen würden. Eine falsche Theorie kann nämlich nur als solche erkannt werden, wenn sie „an der Erfahrung scheitern“ (Kämpfer, S. 23) kann. Die Aussage von Sigmund Freud „Alle Männer haben einen Ödipuskomplex“ ist zum Beispiel unangreifbar: Zustimmungen bei einer Befragung bestätigen die Theorie, während Verneinungen durch Freuds Theorie als Verdrängung des Komplexes bewertet werden (vgl. Vollmer S. 22f.). Außerdem besitzen nach Popper nur falsifizierbare Theorien einen *Informationsgehalt*, weil sie konkrete Aussagen über die „tatsächliche“ Beschaffenheit eines Sachverhaltes treffen, indem andere denkbare Möglichkeiten ausgeschlossen werden. So ist zum Beispiel die Aussage „Entweder es regnet oder es regnet nicht“ im Gegensatz zu „Alle Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Sonne“ weder falsifizierbar noch informativ und liefert keinen Beitrag zur wissenschaftlichen Erkenntnis. Der *empirische Gehalt* ist dabei umso größer, je mehr potentielle Falsifikatoren eine Theorie besitzt. (vgl. Chalmers S. 54f.)

Wie solche falsifizierbaren Aussagen entwickelt werden ist für die Vertreter des Falsifikationismus irrelevant. Kühne und spekulative Hypothesen werden

sogar begrüßt, da diese in starkem Maße angreifbar sind. Die Aufgabe des Wissenschaftlers ist dann, bewusst zu versuchen die Aussagen durch strenge Überprüfung zu falsifizieren. Eine Theorie wird dann solange akzeptiert, wie sie sich im Versuch diese zu widerlegen bewährt. Wenn aber widersprüchliche Beobachtungen gemacht werden, so sind die betreffenden Aussagen als falsch abzulehnen. Die Falsifikation gilt aber als Erfolg für den Fortschritt der Wissenschaft, weil sie zu der Weiterentwicklung einer neuen Theorie führt, die den bisherigen Falsifikatoren standhalten kann. (vgl. Derry, S. 249)

Grenzen des Falsifikationismus: Der Falsifikationismus weist einige logische Schwierigkeiten auf. Zum einen vertritt Popper selbst die Ansicht, dass Beobachtungsaussagen fehlbar sind. Das hat aber zur Folge, dass eine Beobachtung eine Theorie nicht zwingend widerlegen muss, da die Beobachtung selbst falsch sein könnte. (vgl. Chalmers S. 73)

Außerdem stellen Theorien ein komplexes System von Aussagen, Definitionen, Beobachtungen und Bezügen zu anderen Theorien dar. Bei einem Widerspruch zwischen daraus abgeleiteten Vorhersagen und prüfenden Beobachtungen, stellt sich also die Frage welcher Teil des Systems somit als widerlegt gilt. Unter Verwendung des *modus tollens* kann nur gefolgert werden, dass mindestens eine der vorausgesetzten Prämissen falsch ist, aber nicht welche. Viele Faktoren innerhalb des Theoriengebildes, wie zum Beispiel ein falsch justiertes Messinstrument, könnten für einen entdeckten Widerspruch verantwortlich sein. Diese Schwierigkeit führte außerdem zur sogenannten Quine-Duheme-These²: „Es ist unmöglich, aus rein logischen Gründen eine Theorie experimentell zu widerlegen, weil jede Beobachtung durch geeignete Anpassungen untergebracht werden kann“ (Derry, S. 251). Damit ist gemeint, dass eine Aussage durch Modifikation der Annahmen, Verweis auf Ungenauigkeiten der Messung oder Ähnliches vor einer drohenden Falsifizierung geschützt werden kann. Mit der daraus folgenden Frage, wie nun entschieden werden kann, wann eine Theorie als widerlegt gilt, hat sich Thomas Kuhn³ auseinandergesetzt.

2.2 Thomas Kuhn: Wissenschaftliche Revolutionen

In seinem Buch *The Structure of Scientific Revolutions* (dt.: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen) untersucht Thomas Kuhn die tatsächliche Vorgehensweise der Wissenschaft, indem er sich auf historische Untersuchungen stützt. Diese zeigen nämlich, dass sich die Forscher nicht immer streng an die Regeln des Falsifikationismus gehalten haben. Viele bedeutsame Theorien, die anfangs

² Pierre Maurice Marie Duhem (1861–1916): Französischer Physiker und Wissenschaftstheoretiker/-historiker. (Wikipedia/Pierre Duheme)

Willard Van Orman Quine (1908–2000): US-amerikanischer Philosoph (Wikipedia/Willard Van Orman Quine)

³ Thomas Samuel Kuhn (1922–1996): US-amerikanischer Physiker, Wissenschaftstheoretiker und -historiker (Wikipedia/ Thomas Samuel Kuhn)

durch Beobachtungen falsifiziert wurden, wie z.B. Newtons Gravitationstheorie, wären andernfalls gar nicht entstanden (vgl. Chalmers, S. 76).

Nach Kuhn richten sich die Forschergemeinschaften nach einem sogenannten *Paradigma* welches die akzeptierten Methoden, Gesetze und Annahmen, die zu untersuchenden Fragen und Lösungsansätze umfasst. In den Phasen der *Normalwissenschaft* arbeiten die Wissenschaftler innerhalb dieses Paradigmas, wobei offene Fragen untersucht und die bestehenden Aussagen weiter überprüft und verfeinert werden. Nach Kuhn ist die Existenz eines solchen Paradigmas ein Kriterium für die Unterscheidung von Wissenschaft und Nicht-Wissenschaft. Wenn sich aber im Laufe der Forschung Widersprüche und Abweichungen ergeben, die nicht mit Hilfe des bisherigen Paradigmas geklärt werden können, so führt dies zu einer Krise und schließlich zu einer *wissenschaftlichen Revolution*. In dieser Phase entwickelt sich aus zuerst möglichen konkurrierenden Paradigmen ein neues, welches von der *scientific community* akzeptiert wird, weil es die neuen Entdeckungen mit einschließen kann. (vgl. Chalmers S. 89–91)

Ein wichtiger Aspekt in Kuhns Ausführungen ist die Tatsache, dass die Wissenschaft ein gemeinsames Projekt der Forschergemeinschaft ist, was zur Folge hat, dass die neuen Erkenntnisse eingehender und objektiv überprüft und im Konsens exakter formuliert werden. Kuhns Ansatz wurde allerdings auch heftig diskutiert, unter dem Vorwurf, dass er zur Folge habe, dass die Entscheidung, was als wissenschaftlich akzeptiert wird, von der subjektiven, politischen oder ideologischen Einstellung einzelner Forschergemeinschaften abhinge. (vgl. Derry, S. 253)

3 Kriterien für Theorien

3.1 Was sind Theorien?

Eine Theorie ist laut Definition „ein System von Aussagen oder Sätzen, das in gewissem Umfang der Zusammenfassung, Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von Phänomenen dient“ (Brockhaus/Theorie). Theorien stellen also einen systematisierten Zusammenhang von Aussagen dar, um die Erkenntnisse des jeweiligen Teilgebiets eines Wissenschaftsbereichs zu ordnen. Die rein deduktiven Theorien der Formalwissenschaften besitzen den Aufbau eines sogenannten *axiomatischen Systems*, welches seit der Antike und der Euklidischen Geometrie als vollendete Form der wissenschaftlichen Theorie gilt. Aber auch in Theorien aus empirischen Wissenschaften, wie Ökonomie oder Physik, wird letztendlich ein axiomatischer Aufbau angestrebt (z.B. Quantentheorie). (vgl. Brockhaus/Axiom, Bochenski S. 108)

Die Grundlage einer axiomatischen Theorie bildet das *Axiomensystem*, welches aus mehreren unabhängigen *Axiomen* besteht. Dies sind Grundsätze, die als wahr angenommen werden und somit keiner Begründung bedürfen. Unabhängig sind diese Grundsätze nur dann, wenn sich keines der Axiome aus den anderen folgern lässt. Außerdem sind bestimmte *Schlussregeln* festgelegt, die vorgeben, wie aus den Axiomen neue Sätze abgeleitet werden können. Bei

der Erschließung neuer Aussagen muss jeweils genau angegeben werden, welche Axiome und welche Schlussregeln dabei verwendet werden. Die neuen Aussagen bieten (evtl. unter Einbeziehung von Axiomen) wiederum den Ausgangspunkt neuer Folgerungen usw. (vgl. Bochenski, S. 78ff.)

Beispiele für streng formalisierte axiomatische Systeme finden sich hauptsächlich in den Formalwissenschaften. Der Satz „Jede natürliche Zahl n hat einen Nachfolger $n+1$ “ (Wikipedia/Axiom) ist zum Beispiel ein Axiom der Arithmetik. Die „Axiomensysteme“ erfahrungswissenschaftlicher Theorien unterscheiden sich von denen der Formalwissenschaften hauptsächlich in der Hinsicht, dass ihre grundlegenden Aussagen, wie allgemeine Naturgesetze oder Gesetzhypothesen, empirischen Charakter haben und dass ein empirischer Forschungsprozess (s. Kapitel 4) vorausgeht, der auch auf nicht-deduktive Methoden angewiesen ist.

In den verschiedenen Wissenschaften besteht in Anlehnung an Poppers Wissenschaftstheorie ein allgemeiner Konsens darüber, dass die Gültigkeit von Theorien letztendlich nie definitiv und absolut begründet werden kann. Es erfolgt somit auch keine strikte Einteilung in „wahre“ oder „falsche“ Theorien, sondern sie können als „allgemeingültig“, nur „beschränkt anwendbar“ oder „falsch“ bewertet werden (Wikipedia/Theorie). Auch der Vergleich von konkurrierenden Theorien ist nicht immer eindeutig zu lösen, wie der nicht unübliche „Theoriendualismus“ in den verschiedenen Wissenschaften zeigt (vgl. Theimer, S.24). Trotz der verschiedenen Auffassungen der Wissenschaftstheoretiker bestehen heute anerkannte Regeln und Kriterien, die eine Theorie und ihre Axiome erfüllen müssen, um dem Anspruch der Wissenschaftlichkeit zu genügen.

3.2 Widerspruchsfreiheit

Innere Widerspruchsfreiheit: Eine Theorie muss widerspruchsfrei sein, das heißt es darf nicht möglich sein eine Aussage A und zugleich auch ihre Negation $\neg A$ abzuleiten. Aus logisch inkonsistenten Theorien kann jede Aussage gefolgert werden, was somit keine Unterscheidung zwischen wahr und falsch ermöglicht. Bei axiomatischen Systemen wird sogar ein Beweis gefordert, dass ein Widerspruch gar nicht auftreten kann. (vgl. Bochenski, S.80)

Äußere Widerspruchsfreiheit: Besonders von naturwissenschaftlichen Theorien wird gefordert, dass sie mit bereits etablierten und anerkannten Wissensbeständen vereinbar sind. Widersprüche zu einer bereits bestehenden Theorie sind nur erlaubt, wenn die Fehler im Rahmen der eigenen Untersuchung aufgezeigt werden, wobei dies einen Prozess darstellt, der umfangreicher Befunde bedarf, welche die gegebene Theorie in ausreichendem Maße schwächen. (vgl. Vollmer, S.20, Theimer, S. 22, 25)

3.3 Wissenschaftliche Erklärung

Realwissenschaftliche Theorien haben die Aufgabe bestimmte Phänomene zu erklären. Als eine Form der wissenschaftlichen Erklärung beschreiben Carl Gu-

stav Hempel⁴ und Paul Oppenheim⁵ in ihrem *Hempel-Oppenheim-Schema* die *deduktiv-nomologische Erklärung*: Dabei handelt es sich um eine Folgerung durch logische Deduktion vom *Explanans* (das „erklärende Argument“) auf das *Explanandum*. Das Explanandum ($E(e)$) ist ein Satz, der das zu erklärende Ereignis (e) beschreibt. Das Explanans, die Prämisse der Deduktion, besteht aus mindestens einem *deterministischen* Gesetz (G) und den sogenannten *Antecedenz-Sätzen* (A), die relevante Randbedingungen des betrachteten Ereignisses darstellen. Die Gültigkeit einer solchen Erklärung setzt dabei nach Hempel und

G_1, \dots, G_i	deterministische Gesetze	Explanans
A_1, \dots, A_i	Antecedenz-Sätze	
$E(e)$		Explanandum

Abbildung 2. Deduktiv-Nomologische Erklärung

Oppenheim folgende Bedingungen voraus (Czayka, S. 126):

1. Das Explanandum muss aus dem Explanans logisch folgern.
2. Das Explanans muss mindestens ein Gesetz enthalten.
3. Das Explanans darf nicht analytisch sein.
4. Alle Explanans-Sätze müssen wahr sein.

Die vierte Bedingung muss aber für erfahrungswissenschaftlichen Theorien abgeschwächt werden, da empirische Gesetze, wie in Kapitel 2.1 angesprochen, als prinzipiell nicht verifizierbar gelten. In der Literatur werden sie daher oft auch als *Gesetzeshypothesen* oder *nomologische Hypothesen* bezeichnet (vgl. Czayka, S. 125ff.). Solche Gesetze sollen empirisch bewährte Allsätze darstellen, die Aussagen über Zusammenhänge innerhalb eines raum-zeitlich unbeschränkten Gegenstandsbereichs treffen. Es darf also nicht möglich sein, die Aussage durch Konjunktion endlich vieler singulärer Sätze zu formulieren. Nomologische Gesetzhypothesen sollen *deterministisch* sein, was die Gültigkeit der Aussage für alle Elemente des jeweiligen Gegenstandsbereichs erfordert. Eine mögliche Form ist zum Beispiel ein allquantifizierter Konditionalsatz der Form $\forall x[F(x) \rightarrow G(x)]$. Außerdem soll es sich bei den Gesetzen um *synthetische* Sätze handeln. Denn *analytische* Sätze⁶, deren Wahrheit oder Falschheit sich allein aufgrund der Bedeutung der in ihr enthaltenen Ausdrücke ergibt, haben keinen empirischen Informationsgehalt. (vgl. Czayka, S. 73, 75f.)

Neben der deduktiv-nomologischen werden z.B. in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften oft auch die *deduktiv-statistische* sowie die *induktiv-statistische* Erklärung angewendet, auf die hier bis auf Folgendes aber nicht weiter

⁴ Carl Gustav Hempel (1905–1997): Deutscher Philosoph

⁵ Paul Oppenheim (1885–1977): Deutscher Philosoph

⁶ z.B. „Ein Jungeselle ist ein unverheirateter Mann“ (analytisch wahrer Satz)

eingegangen wird. Statistische Erklärungen verwenden im Explanans *statistisch-probabilistische* Gesetzhypothesen, die bedingte Wahrscheinlichkeiten der Form $\forall x[P(G(x)/F(x)) = r]$ (zu lesen: „Für alle x gilt: Die Wahrscheinlichkeit, dass x die Eigenschaft G hat, ist unter der Voraussetzung, dass x die Eigenschaft F hat, gleich r“) ausdrücken. Das Explanandum stellt daher auch nur eine Wahrscheinlichkeitsaussage dar. (vgl. Czayka, S. 76)

3.4 Argumentation

Vollständigkeit: Der Inhalt einer Theorie darf nicht nur aus lose miteinander verbundenen Einzelaussagen bestehen, sondern muss in einem logischen Begründungszusammenhang aufbereitet sein. Im strengen Sinne sollten alle Argumentationsketten vollständig sein und keinerlei offene oder unsichere Stellen aufweisen. Auch wenn dieses Ideal in anerkannten wissenschaftlichen Theorien nicht immer erfüllt ist, dürfen solche Schwächen oder Ungenauigkeiten keinesfalls verschwiegen oder sogar bewusst vertuscht werden, indem nicht verifizierte Behauptungen als Tatsache hingestellt werden. Außerdem müssen auch bereits akzeptierte Aussagen zum jeweiligen Thema bei der Beweisführung beachtet werden. So kann eine Festigung der bestehenden Theorie erreicht werden oder eventuell eine nötige Ergänzung oder sogar Korrektur erkannt werden. (vgl. Merten, S. 50, Menne, S. 121).

Zirkelfreiheit: Begründungen innerhalb der Theorie dürfen keine zirkulären Argumente enthalten. Ein Zirkelschluss entsteht, wenn man für den Beweis einer Aussage, die Aussage selbst als gegebene Voraussetzung verwendet. Ein einfaches Beispiel ist die Aussage: „Ein Spaziergang entspannt, weil Spazieren eine entspannende Wirkung hat“. Dass zwei Elemente miteinander chemisch reagieren, wurde tatsächlich lange mit der „chemischen Affinität“ begründet, was eine Tautologie ohne Aussagekraft darstellt. (vgl. Theimer, S. 23)

Wertfreie Argumentation: Eine Argumentation darf keine Aussagen enthalten, die sich auf die subjektive Einstellung oder Weltanschauung des Forschers stützen (vgl. Merten, S. 50).

3.5 Kommunikabilität

Wissenschaftliche Arbeit ist „durch und durch und von Anfang an ein kommunikativer Prozeß“ (Weinrich, S. 119, zit. n. Hug Bd. 4, S. 122) und unterliegt einem „Veröffentlichungsgebot“ (Hug, Bd. 4, S. 121), welches fordert, dass Forschungsergebnisse der Wissenschaftsgemeinschaft zur Diskussion angeboten werden. Um dies zu ermöglichen müssen weitere Bedingungen gelten:

Terminologische Exaktheit: Eine wissenschaftliche Untersuchung muss so formuliert sein, dass zumindest Sachkundige die Aussagen nachvollziehen und verstehen können, um die Diskussion des Gegenstands zu ermöglichen. Nur eine präzise, unmissverständliche, transparente Darstellung der Ergebnisse und die Definition von zentralen Begriffen (s. Kapitel 4.4) ermöglicht, dass Widersprüche entdeckt werden können. Die genaue Formulierung ist auch eine Voraussetzung für die Falsifizierbarkeit, denn bei vage ausgedrückten Aussagen ist schwer zu erkennen, welcher konkrete Sachverhalt dieser widersprechen könnte (vgl. Chalmers, S. 58). Das Ideal der Präzision bieten formale Sprachen (wie Mathematik und Logik), da diese durch festgelegte Syntax und Regeln bei der Umformung von Ausdrücken terminologische Exaktheit erreichen.

Authentizität: Auch bei der äußeren Form wissenschaftlicher Arbeiten sind Gründlichkeit und Genauigkeit von großer Bedeutung. Dies betrifft im Besonderen die korrekte Zitierweise und die vollständige Angabe aller verwendeten Quellen. Nur so können zum Beispiel Aussagen, die auf Erkenntnisse anderer Wissenschaftler Bezug nehmen, oder Ergebnisse einer Datenerhebung überprüft werden. (vgl. Franck, S. 179, Merten, S. 26)

Um die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung mitteilbar zu machen, muss der Inhalt der Arbeit auch so präsentiert werden, dass auf ihn zum Beispiel über Seitenangaben etc. Bezug genommen werden kann. (vgl. Merten, S. 47)

Diskussion des aktuellen Forschungsstandes: Will ein Forscher zu der Weiterentwicklung eines bestimmten Themenbereichs beitragen, so ist er verpflichtet zu Beginn bereits vorliegende Erkenntnisse zum jeweiligen Sachverhalt zu untersuchen, was eine gründliche Analyse und Recherche erfordert. Im Allgemeinen soll die eigene Forschungsarbeit in das bestehende Wissensgefüge eingebunden werden, was nicht heißt, dass die früheren Arbeiten nicht einer begründeten Kritik unterzogen werden dürfen. (vgl. Hug Bd. 4, S. 122)

3.6 Empirischer Gehalt

Erklärungswert: „Eines der Kennzeichen echter Wissenschaft ist die Weiterentwicklung und der Fortschritt unserer Kenntnisse“ (Derry, S. 200). Dieser Aufgabe der empirischen Wissenschaften können nur Theorien mit ausreichendem Informationsgehalt gerecht werden. Ein Aspekt, der besonders im Vergleich konkurrierender Theorien von Bedeutung ist, besteht darin, dass die Grundaussagen einen Erklärungszusammenhang von möglichst vielen Phänomenen des jeweiligen Anwendungsbereichs bieten sollen. Für axiomatische Systeme wird sogar eine Vollständigkeit gefordert, indem aus den Axiomen alle bekannten Sätze aus dem Bereich der Theorie ableitbar sind.

Je größer die Problemlösefähigkeit umso höher der *Empirischen Gehalt* der Theorie, und somit auch der Falsifizierbarkeitsgrad. Ein Maß für den empirischen Gehalt kann zum Beispiel der Vergleich des Gehalts der Wenn- Komponente und der Dann- Komponente einer konditionalen Aussage liefern: Je weniger

Voraussetzungen (z.B. raum–zeitliche Einschränkungen) und je mehr Folgerungen (z.B. Spezifizierung) enthalten sind umso größer der Informationsgehalt, da die Aussage viele Phänomene einschließt und wenige Bedingungen fordert.

Intersubjektive Prüfbarkeit: Eine Theorie, die sich der Prüfung und Kritik durch andere entzieht ist als unwissenschaftlich abzulehnen. Es genügt nicht die durch den Forscher selbst erarbeitete Bestätigung der Erkenntnisse zu beschreiben, sondern die Behauptungen müssen intersubjektiv, das heißt unabhängig von der Person, überprüft werden können. Es muss also möglich sein, zu zeigen, ob die Aussagen wahr oder falsch sind, was erfordert, dass sie prinzipiell verifizierbar oder falsifizierbar sind. (vgl. Brockhaus/Intersubjektivität, Bochenski, S. 64)

3.7 Einfachheit

Das Kriterium der „Einfachheit“ eignet sich besonders dafür, konkurrierende Theorien zu bewerten. Ein einfaches Beispiel: Angenommen, man kann morgens seinen Schlüssel nicht finden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass man ihn irgendwo abgelegt hat, wo man bisher noch nicht nachgeschaut hat. Oder vielleicht ist jemand über Nacht unbemerkt in die Wohnung eingebrochen und hat den Schlüssel gestohlen. Die sind beides mögliche Erklärungen, aber bei diesem extremen Beispiel zeigt sich, dass solche Theorien, die nur so viele Annahmen einbeziehen, wie zur Erklärung eines Ereignisses benötigt werden, plausibler sind. Dieses Kriterium geht auf das Prinzip *Ockham's Razor*⁷ (dt.: Ockhams Rasiermesser) zurück, welches sinngemäß besagt: Bei zwei konkurrierenden Theorien, die beide einen gegebenen Sachverhalt erklären können, ist die vorzuziehen, die mit weniger Annahmen auskommt (vgl. Carey, S. 41f.). Oft wird auch kurz gesagt, Theorien sollten möglichst „einfach“ sein, aber diese Formulierung kann irreführend sein. Meist gestaltet sich nämlich eine Beweisführung umso komplizierter und umfangreicher, je weniger Grundannahmen vorausgesetzt werden. (Wikipedia/Occam's Razor)

Ein Beispiel dafür, dass in der Axiomatik eine möglichst geringe Anzahl an Axiomen angestrebt wird, liefern Newtons Grundgesetze der Bewegung: Nur 3 Axiome bilden das Fundament seiner gesamten Mechanik. (vgl. Wikipedia/Newtonsche Axiome)

4 Die empirische Methode des Erkenntnisgewinns

Wie bereits erwähnt lassen sich in axiomatisch-deduktiven Theorien alle Aussagen aus den Axiomen ableiten. In den Formalwissenschaften werden solche Axiome per Definition und ohne erforderlichen Beweis eingeführt. Es wird nur gefordert, dass sie die genannten Bedingungen wie Unabhängigkeit, Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit erfüllen. Auch wenn in den Erfahrungswissenschaften

⁷ William of Ockham (1285–1349): Philosoph und Mönch (Carey, S. 42)

ein axiomatischer Aufbau angestrebt wird, so muss hier bei der Entwicklung der Theorie meist in entgegengesetzter Richtung, ausgehend von der Beobachtung bestimmter Phänomene, und unter Einbeziehung induktiver Methoden vorgegangen werden (vgl. Bochenski, S.104–108). Trotz der regen Diskussionen der Wissenschaftstheoretiker hat sich besonders in der Praxis der Naturwissenschaften eine Vorgehensweise der wissenschaftlichen Forschung etabliert, die hier exemplarisch vorgestellt wird.

4.1 Fragestellung und Beobachtung

In der ersten Phase und im weiteren Voranschreiten muss die Fragestellung, welche Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung sein soll, formuliert werden, um den Forschungsprozess von Anfang an nachvollziehbar zu halten. Außerdem kann nur so definiert werden, welche Vorgehensweisen überhaupt für die Lösung des Problems relevant sind (vgl. Menne, S. 119, Carey, S. 8). In diesem Zusammenhang erfolgt auch die bereits erwähnte Einbeziehung des aktuellen Forschungsstandes. Bevor man nach möglichen Erklärungen für das betrachtete Phänomen sucht, erfolgt eine genaue und gezielte Beobachtung des Sachverhalts. Dabei sind bestimmte Regeln einzuhalten, um zuverlässige Aussagen zu ermöglichen:

Tatsachen, die nur auf Beobachtung basieren, sind fehlbar. Ein gutes Beispiel ist hier das Phänomen der Mondtäuschung (vgl. Carey, S. 10): Der Mond erscheint am Horizont viel größer als hoch am Himmel, obwohl dies nicht der Wahrheit entspricht. Dieses Problem muss so weit wie möglich eingeschränkt werden, indem das Beobachtete hinterfragt wird und auch zuverlässigere Methoden als die reine Sinneswahrnehmung verwendet werden. Schon eine einfache Messung mit dem Daumen lässt zum Beispiel die Mondtäuschung erkennen. Was beobachtet wurde, muss also noch lange nicht als Tatsache gelten, sondern bedarf der weiteren Untersuchung.

Die Beobachtung sollte außerdem so erfolgen, dass keine relevanten Merkmale übersehen werden, weil aufgrund mangelnder Informationen falsche Schlüsse gezogen werden könnten (vgl. Carey, S. 8). Des Weiteren muss sich der Forscher dessen bewusst sein, dass die Beobachtung durch Erfahrung und Erwartung beeinflusst wird, um die Beobachtung stets möglichst objektiv zu halten (vgl. Carey, S. 12). Die genannten Forderungen bringen aber einige Schwierigkeiten mit sich: Wie kann denn sicher festgestellt werden kann, dass alle „relevanten“ Merkmale beachtet wurden? Außerdem ist fraglich inwieweit eine Beobachtung durch eine Einzelperson objektiv sein kann. Diese Probleme sind auch Gründe dafür, dass die offene Zusammenarbeit mit Fachkollegen besonders in den Naturwissenschaften großgeschrieben wird.

Nach Bocheński werden die beobachteten Phänomene in sogenannten *Protokollaussagen* festgehalten, die Angaben wie Beobachtungszeit, -ort, -umstände und die Beschreibung enthalten (vgl. Bochenski S. 105). Die exakte Beschreibung der Beobachtungssituation ist eine Voraussetzung für die intersubjektive Prüfbarkeit. Innerhalb der Wissenschaftstheorie wurde dabei viel diskutiert, welche Form diese Beobachtungssätze haben sollen. So wurde von Car-

nap⁸ eine Trennung von *Beobachtungsvokabular* und *theoretischem Vokabular* gefordert, um sicherzustellen, dass die Daten aus der direkten, nicht von bereits bestehenden Vorstellungen beeinflussten, Betrachtung der Realität hervorgehen. Heute wird aber i.A. akzeptiert, dass Beobachtung *theoriebeladen* ist und dass sogenannte *Hintergrundtheorien* mit einfließen. Schon die Forderung, einer Sinnestäuschung durch bestimmte Messgeräte zu entgehen, impliziert die Akzeptanz, dass diese Apparate auch zuverlässig und angepasst sind (vgl. Czayka, S. 86). Außerdem stehen hinter der Beobachtung meist eine bestimmte Intention, ein Problem oder eine Frage, die den Blick des Forschers lenken. Auch sein Wissen auf dem jeweiligen Gebiet ist Voraussetzung, dass die relevanten Merkmale überhaupt entdeckt und die Beobachtungsaussagen formuliert werden können.

4.2 Hypothesengewinnung

Laut Definition ist eine Hypothese eine „wissenschaftlich begründete Annahme“ (Bertelsmann/Hypothese), also eine Vermutung, die zwar ihre Berechtigung hat, aber noch nicht bewiesen ist. Von den Wissenschaftstheoretikern wird allerdings nicht eindeutig und einheitlich formuliert auf welchem Wege und unter Beachtung welcher Regeln neue Hypothesen aufgestellt werden sollen. Die Hypothesenfindung ist einerseits ein kreativer oder auch intuitiver Prozess, orientiert sich aber oft an der gehaltserweiternden induktiven Form des Schlusses. Das Verfahren der *Induktion* ermöglicht aus den gesammelten Beobachtungen verallgemeinernde Annahmen zu folgern. (vgl. Theimer S. 19, Kelle, S. 143)

Ein weiteres Schlussverfahren, das in der Hypothesengewinnung eine wichtige Rolle spielt, ist die *Abduktion* nach Peirce⁹: Gegeben, dass „ $A \rightarrow B$ “ und „ B “ gelten, wird gefolgert, dass auch „ A “ gilt:

Wenn es regnet, wird die Straße nass	$A \rightarrow B$
Die Straße ist nass	B
Es hat geregnet	A

Abbildung 3. Beispiel Abduktion

Aus der Regel „Wenn es regnet, wird die Straße nass“ und der Beobachtung „Die Straße ist nass“ wird gefolgert „Es hat geregnet“. Aber auch andere Ursachen könnten für die nasse Straße verantwortlich sein. Wahre Prämissen führen hier nicht zwingend zu einem wahren Schluss, es handelt sich nicht um einen logisch gültigen Schluss. Das Verfahren dieser *subsumierenden Abduktion*

⁸ Rudolf Carnap (1891–1970): Philosoph, Hauptvertreter des Logischen Empirismus (Wikipedia/Rudolf Carnap)

⁹ Charles Peirce (1839–1914): Mathematiker, Philosoph und Logiker (Wikipedia/Charles Peirce)

(Wikipedia/Abduktion) wird aber zum Beispiel oft in der medizinischen Diagnose angewendet. Die *terminogene Abduktion* (Wikipedia/Abduktion) geht sogar soweit, dass dabei außerdem die Regel $A \rightarrow B$ neu konstruiert wird, um eine mögliche Erklärung für ein bestimmtes Phänomen B zu liefern. Unter der Voraussetzung der Plausibilität und der Verträglichkeit mit bekannten Wissensbeständen kann eine solche Hypothese gebildet und im weiteren Verlauf auf ihre Richtigkeit überprüft werden. (vgl. Kelle, S. 147–159)

Neben Bedingungen wie Allgemeingültigkeit und synthetische Form, die für empirische Gesetze gelten (s. Kapitel 3.3) müssen Hypothesen daher folgende Eigenschaft erfüllen: Aus den aufgestellten Hypothesen müssen deduktiv überprüfbare Aussagen gefolgert werden können, die zutreffen müssten, wenn die angenommene Hypothese korrekt ist. Nur so kann schließlich die Prüfbarkeit der Annahme gewährleistet werden.

4.3 Deduktion aus der Hypothese

Im weiteren Verlauf werden konkrete Vorhersagen, die sich logisch aus den aufgestellten Hypothesen folgern lassen, formuliert, mit denen die Annahmen auf ihre Korrektheit überprüft werden sollen. Dabei sind nur solche Aussagen gültig, die sich direkt durch deduktiven Schluss aus der Hypothese, die neben den jeweiligen Randbedingungen und bekannten Gesetzen als Prämisse verwendet wird, ergeben. Außerdem müssen die Vorhersagungen weiterreichen als der bisher schon beobachtete Gegenstand, denn auf keinen Fall darf die Voraussage mit den Phänomenen belegt werden, die bereits zur Hypothesenbildung verwendet wurden (vgl. Kelle, S. 152), dies würde einem Zirkelschluss entsprechen.

4.4 Definition von Begriffen

Bevor eine Überprüfung der Aussagen erfolgen kann, muss eine *Operationalisierung* stattfinden: Das heißt, dass die zentralen Begriffe einer bestimmten Aussage so definiert werden müssen, dass eine Überprüfung durch eine Operation, wie Messung oder Beobachtung ermöglicht, festzustellen, ob der jeweilige Begriff zutrifft oder nicht. Neben den Naturwissenschaften legen auch die Sozialwissenschaften besonderen Wert auf eine solche Definition. Soll zum Beispiel die Behauptung „Fernsehen bewirkt Schädigungen bei Kindern“ nachgewiesen werden, muss vorerst festgestellt werden, was als eine solche „Schädigung“ beurteilt wird und auch wie diese festgestellt werden kann (vgl. Merten, S. 76). Es muss also sowohl die „Messgröße“ als auch das zu verwendende „Erhebungsinstrument“ angegeben werden (vgl. Wikipedia/Operationalisierung). Einstein hat zum Beispiel zu Beginn seiner Ausführungen über die Relativitätstheorie zentrale Begriffe wie „Gleichzeitigkeit“ und „Zeit“ definiert, um im Anschluss mit ihnen arbeiten zu können.

4.5 Überprüfung im Experiment

Im Anschluss werden Experimente entworfen und durchgeführt, um die Vorhersagen und somit die Hypothesen zu überprüfen. Dabei sind bestimmte Regeln zu beachten:

- Der Verlauf, der Aufbau und die Struktur des Experiments sowie die jeweiligen Rahmenbedingungen müssen präzise festgehalten werden, um für unabhängige Beobachter überprüfbar und reproduzierbar zu sein. (vgl. Theimer, S. 30)
- Zu Beginn der Untersuchung muss der Forscher die *Reliabilität* der verwendeten Messinstrumente, das heißt, dass sie zur Datengewinnung zuverlässig sind, sicherstellen. Bei der *Retestmethode* wird dies kontrolliert, indem der Test wiederholt durchgeführt wird. Die *Paralleltestmethode* soll dies durch Messung mit verschiedenen Geräten erreichen. (vgl. Brockhaus/Reliabilität)
- Sorgfalt und Präzision müssen im gesamten Verlauf der Untersuchung strengsten beachtet werden. Das betrifft zum Beispiel die überlegte Auswahl und korrekte Verwendung von Methoden und Apparaten, sowie die exakte Messung und Rechnung. Außerdem muss bedacht werden inwieweit die gewählten Methoden das Ergebnis beeinflussen könnten. (vgl. Theimer, S. 30)
- Mit Hilfe des Experiments sollen Zusammenhänge zwischen bestimmten Faktoren festgestellt werden. Um diese gezielt untersuchen zu können, müssen äußere Einflüsse ausgegrenzt werden. Nur Experimente, die von möglichen Störfaktoren isoliert werden, gelten als *intern valide*. Dies setzt allerdings die Kenntnis der Störfaktoren sowie adäquater Isolationsmöglichkeiten voraus. Galileis Fallgesetz, dass alle Körper, unabhängig von ihrem Gewicht, gleich schnell fallen, konnte erst Newton beweisen, indem er die Experimente in einem Vakuum durchführte und somit den Einfluss des Luftwiderstandes ausgrenzte. (vgl. Theimer, S. 32f.)
- Bei der Untersuchung kausaler Zusammenhänge müssen im Experiment Methoden angewendet werden, mit denen verlässlich festgestellt werden kann, ob wirklich die angenommene Ursache der wahre Auslöser ist. Oft wird dafür die Methode des *Kontrollversuchs* gewählt (vgl. Theimer, S. 33): Es wird nicht nur der Fall „Wenn A dann B“, sondern auch „Wenn kein A dann kein B“ untersucht. In der Medizin hat sich in diesem Zusammenhang der *Blinderversuch* etabliert: Wenn die Wirkung eines neuen Heilmittels getestet werden soll, wissen die Versuchspersonen nicht, ob ihnen nur ein Placebo oder die richtige Medizin verabreicht wird. Nur wenn in der Kontrollgruppe, die das Placebo erhielt, deutlich weniger Patienten gesunden, kann auf die Wirksamkeit des Medikaments geschlossen werden. Im *Doppelblindversuch* werden sogar die Personen, die das Mittel aushändigen, nicht informiert. So soll ausgeschlossen werden, dass die Wirkung durch Autosuggestion beeinflusst wird. (vgl. Theimer, S. 31)
- Die Ergebnisse des Experiments müssen objektiv gesammelt und beurteilt werden, indem der Forscher seiner Arbeit selbstkritisch gegenübersteht. Die Zielvorstellungen des Forschers dürfen nicht den Aufbau des Experiments

derart beeinflussen, dass garantiert positive Ergebnisse erzielt werden. Außerdem dürfen Resultate, die die Hypothese in Frage stellen, nicht unterschlagen werden, sondern sollen im Anschluss genauer untersucht werden. (vgl. Theimer, S. 30)

- Positive wie negative Ergebnisse müssen in zahlreichen Untersuchungen bestätigt werden, um zufällige Resultate auszuschließen. (vgl. Theimer, S. 30)

Die Forderungen, die an das Experiment gestellt werden, lassen sich durch die folgenden Kriterien zusammenfassen (vgl. Carey, S. 54f.):

- ⇒ *Falsifiability criterion*: Eine gute Untersuchung muss Faktoren ausschließen, die die Vorhersage als gescheitert erklären würden, obwohl die Erklärung richtig ist.
- ⇒ *Verifiability criterion*: Eine gute Untersuchung muss Faktoren ausschließen, die die Vorhersage als erfolgreich erklären würden, obwohl die Erklärung falsch ist.

4.6 Verwerfung oder Theoriebildung

a) Widerspruch zwischen Vorhersage und Beobachtung: Wenn die Resultate der Untersuchung den deduzierten Ergebnissen widersprechen, muss die Hypothese *verworfen* werden. Das heißt nicht, dass sie als gänzlich falsch bewertet wird (vgl. Menne, S. 116), sondern im Anschluss kann untersucht werden, weshalb ein Widerspruch aufgetreten ist, indem zum Beispiel der Experimentaufbau oder die vorausgesetzten Annahmen nochmals überprüft werden. Aufgrund der in Kapitel 2.1 beschriebenen Problematik, dass eine falsifizierte Vorhersage nicht zwingend auf die Hypothese zurückzuführen ist, sind zusätzliche Annahmen oder deren Veränderung möglich. Die Bedingung dabei lautet aber, dass die Modifikationen weitere überprüfbare Folgerungen als die nicht modifizierte Hypothese nach sich ziehen. Änderungen, die aber nur vorgenommen werden um die Theorie vor der Falsifikation zu schützen werden *Ad-Hoc-Modifikationen* genannt. (vgl. Chalmers, S. 64)

Die Geschichte der Wissenschaft liefert ein gutes Beispiel dafür, dass besonders bereits vielfach bestätigte Theorien nicht einfach abgelehnt werden, sobald ein Widerspruch zu einer Beobachtung auftaucht: Im 19. Jahrhundert wurde eine erhebliche Abweichung zwischen der beobachteten Umlaufbahn des Uranus und den Berechnungen dieser mittels der Gravitationstheorie von Newton festgestellt. Schließlich wurde vermutet, dass ein bisher unbekannter Planet die Bahn des Uranus beeinflusst. Diese Zusatzannahme war aber nicht ad-hoc, denn nach einer Abschätzung der Position, die dieser Planet folglich aufweisen müsste, wurde das entsprechende Himmelsgebiet untersucht, was schließlich zur Entdeckung des Planeten Neptun führte. (vgl. Chalmers S. 66)

Es gibt auch sogenannte *Arbeitshypothesen*, die eigentlich noch nicht hinreichend begründet sind, aber vorläufig akzeptiert werden um weiterarbeiten zu können. Solche Annahmen sind durchaus legitim, solange sie offengelegt werden und ihre Verifizierbarkeit angenommen werden kann. (vgl. Menne, S. 120)

b) Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Beobachtung: Die Übereinstimmung zwischen Vorhersage und Versuchsergebnis liefert noch keinen sicheren Beweis, sondern nur ein Anzeichen für die Richtigkeit der Hypothese. Im Anschluss muss untersucht werden, ob nicht auch andere Hypothesen das Resultat erklären können. Falls ja, sind die beiden „konkurrierenden“ Hypothesen in weiteren Untersuchungen zu vergleichen, um festzustellen, welche das Phänomen zutreffender erklärt, wobei zum Beispiel die genannten Kriterien wie Einfachheit und Informationsgehalt herangezogen werden.

In der weiteren Entwicklung der Theorie werden wiederum hypothetisch allgemeinere Erklärungen für die bestätigten Hypothesen und deren Zusammenhänge gesucht und wieder durch Deduktion überprüft. Dieser Vorgang setzt sich solange fort, bis Hypothesen zu ausreichend gesicherten, d.h. in mehreren Fällen verifizierten, aber in keinem Fall falsifizierten, allgemeinen, abstrakten, von Beobachtungsaussagen gelösten Gesetzhypothesen werden, welche die Phänomene des untersuchten Bereichs erklären können. Der beschriebene Prozess der Theoriebildung wird auch als *hypothetisch-deduktive Methode* bezeichnet, da aus hypothetisch aufgestellten Behauptungen deduktiv überprüfbare Aussagen gefolgert werden. Betrachtet man aber die logische Ableitbarkeit innerhalb solcher Theorien, so stellt eine bestimmte Grundmenge an Gesetzen, also Axiomen, das Fundament der Theorie dar, aus welchem alle anderen Sätze der Theorie und schließlich einzelne, überprüfbare Beobachtungsaussagen deduziert werden können. Bochenski bezeichnet daher eine naturwissenschaftliche Theorie als „auf dem Kopf stehendes axiomatisches System“ (Bochenski, S. 110).

4.7 Konfirmierung der Theorie

Der Prozess der wissenschaftlichen Untersuchung ist auch nach Bestätigung der Theorie durch den Wissenschaftler nicht beendet. Ein Forscher muss seine Arbeit im Anschluss der Kritik von Fachkollegen aussetzen, wenn er den Anspruch der Wissenschaftlichkeit erfüllen will. Bevor eine Theorie von der *scientific community* akzeptiert und veröffentlicht wird, muss diese durch unabhängige und neutrale Forscher überprüft und bestätigt werden. (vgl. Hug Bd. 4, S. 121)

Wissenschaftliche Fachzeitschriften unterziehen eingereichte Forschungsarbeiten zum Beispiel dem Prozess des *peer review*, bei dem ein wissenschaftliches Gutachten durch Sachkundige erstellt wird, welches schließlich die Veröffentlichung oder Ablehnung zur Folge hat. Diese Kontrolleinrichtung hat aber in einigen Fällen auch schon versagt, wie die „Sokal-Affäre“ zeigt. Hier ist es dem Physikprofessor Alan Sokal gelungen, einen Scherzartikel, der nicht als solcher erkannt wurde, in der renommierten Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ zu veröffentlichen. (vgl. Hug Bd. 1, S. 123)

5 Fazit

Abschließend muss noch darauf hingewiesen werden, dass der vorgestellte Kriterienkatalog und die naturwissenschaftliche Methode auch von allgemein an-

erkannten Theorien nicht immer eingehalten werden können. Neben zwingenden Kriterien wie Widerspruchsfreiheit und Prüfbarkeit, kann zum Beispiel der Anspruch der Vollständigkeit nicht immer erfüllt werden. Die Wissenschaften beschäftigen sich schließlich mit komplexen zusammenhängenden Sachverhalten, nicht nur mit einzelnen Phänomenen. Auch die vorgestellte, idealisierte, Methode des Erkenntnisgewinns ist nur eine von vielen Vorgehensweisen der Naturwissenschaften. Gerade weil die Themenbereiche der Wissenschaft so umfangreich sind, kann der Aufbau von Theorien nicht so geradlinig erfolgen, wie hier beschrieben wurde. An der Stelle möchte ich, auch wenn im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr genauer darauf eingegangen werden kann, noch auf den Begriff des *Modells* hinweisen, welches in den Wissenschaften angewendet wird, um die Komplexität des Gegenstandsbereichs durch Abstraktion und Vereinfachung zu reduzieren.

Zum Abschluss komme ich noch einmal auf die Problematik, dass die Wissenschaften für ihre Erklärungen Aussagen heranziehen, die eigentlich selbst nicht verifiziert sind (im Sinne eines Beweises der „Wahrheits-Entsprechung“), zurück: Es wurde bereits erwähnt, dass die Axiome der Formalwissenschaften Grundsätze sind, die keiner Begründung bedürfen. Auch in den Realwissenschaften werden bestimmte Naturgesetze akzeptiert und als Grundlage von Theorien verwendet, ohne sie anzuzweifeln. Meist werden sie zwar mit Hilfe von Methoden, die in den Wissenschaften als verlässlich gelten, z.B. die hypothetisch-deduktive Methode in den Naturwissenschaften, gewonnen, aber letztendlich kann nicht bewiesen werden, ob sie auch der „Wahrheit“ entsprechen. Der Beweis der Grundvoraussetzungen ist für die Wissenschaften auch weniger relevant. Die Akzeptanz der Voraussetzungen ergibt sich vielmehr aus der Tatsache, dass die Gesetze über logische Schlussverfahren zu Folgerungen führen, die sich immer wieder in der Erfahrung bewähren (vgl. Wissenschaftsphilosophie, S. 11). Zum Beispiel bestehen die Stärke und Berechtigung von Newtons formalen axiomatischen Grundgesetzen der Bewegung darin, dass sie die Grundlage der Klassischen Mechanik bilden, deren Sätze auf erfahrbare Bereiche, wie die Beschreibung der Planetenbewegungen, angewendet werden können. Eine weitere Grundeinstellung der Wissenschaft lautet aber folglich auch, dass selbst eine Theorie, die sich in zahlreichen Untersuchungen und Anwendungen bewährt hat und somit als bestätigt angesehen wird, immer noch als revidierbar zu betrachten ist.

Literatur

- Bertelsmann. *Lexikon in 3 Bänden. Jubiläumsausgabe* (2003) Gütersloh; München: Wissen Media Verlag
- Bochenski, I.M. (1954): *Die zeitgenössischen Denkmethode*n. München: A. Francke Verlag
- Boyd, R. et al. (1991): *The Philosophy of Science*. Massachusetts: MIT Press
- Brockhaus. *Die Enzyklopädie in 24 Bänden* (1996) Leipzig; Mannheim: F.A. Brockhaus
- Carey, S.S. (2004): *A Beginner's Guide to Scientific Method*. Belmont: Wadsworth
- Chalmers, A.F. (2001): *Wege der Wissenschaft. Einführung in die Wissenschaftstheorie*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag
- Czayka, L. (1991): *Formale Logik und Wissenschaftsphilosophie. Einführung für Wirtschaftswissenschaftler*. München: R. Oldenbourg Verlag
- Derry, G.N. (2001): *Wie Wissenschaft entsteht. Ein Blick hinter die Kulissen*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.1: Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.2: Einführung in die Forschungsmethodik und Forschungspraxis*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Hug, T. (Hrsg.) (2001): *Wie kommt Wissenschaft zu Wissen? Bd.4: Einführung in die Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsforschung*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Kämpfer, M. (2000): *Wissenschaft-Pseudowissenschaft: Ein einführender Beitrag über die Abgrenzungsschwierigkeiten. Teil 1: Was ist Wissenschaft?*, in: *Studium Integrale Journal*, 7.J., S. 19-27
- Kelle, U. (1994): *Empirisch begründete Theoriebildung. Zur Logik und Methodologie interpretativer Sozialforschung*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag
- Menne, A. (1992): *Einführung in die Methodologie. Elementare allgemeine wissenschaftliche Denkmethode*n im Überblick. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Merten, K.; Teipen, P. (1991): *Empirische Kommunikationsforschung. Darstellung Kritik Evaluation*. München: Verlag Ölschläger
- Radner, D.; Radner, M. (1982): *Science and Unreason*. Belmont: Wadsworth Publishing Company
- Theimer, W. (1985): *Was ist Wissenschaft? Praktische Wissenschaftslehre*. Tübingen: Francke Verlag
- Vollmer, G. (1993): *Wissenschaftstheorie im Einsatz: Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie*. Stuttgart: S. Hirzel Verlag
- Wikipedia. *Die freie Enzyklopädie*. Internet-Adresse: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite> (19.07.2004)
- Wissenschaftsphilosophie*, Verfasser unbekannt, Internet-Adresse: <http://www.uni-duisburg.de/FB1/PHILO/index/Wissenschaftsphilosophie.PDF> (19.07.2004)