

Das Einfachheitskriterium und das Falsifikationsprinzip Poppers
Sind einfachere mathematische Formalismen besser?

Erfan Kasraie

Universität Kassel

Institut für Philosophie

Als Laplace seine Himmelsmechanik Napoleon vortrug, fragte

Napoleon:

"Wo ist denn Gott in Ihrem Weltbild?" Laplace antwortete ungerührt:

„Sire! Diese Hypothese, benötige ich nicht“

Inhaltsverzeichnis

1. Was ist die Grundaussage des Ockhams Rasiermessers?

1.1 Einfachheit ist ein relativer Begriff

1.1.1 Was kommt mit dem Begriff Einfachheit bei der Wissenschaft zum Ausdruck?

1.1.2 Einfachheitskriterium , Ästhetisch oder Pragmatisch?

1.1.3 Einfachheitskriterium ist kein Wahrheitskriterium

1.2 Es geht um die Wahrscheinlichkeit

1.3 Einfachheit und das Problem der Zusatzannahmen.

Eine Theorie mit den wenigeren Annahmen ist die einfachere

2. Falsifizierbarkeit und die Poppersche Wissenschaftstheorie

2.1. Was ist der Falsifikationismus?

2.2 Ausschaltung des Ästhetisch-Pragmatischen Einfachheits-Begriffes

2.3 Einfachheit nach dem Grad der Falsifizierbarkeit

3. Mathematische Einfachheit

3.1 Nicht mehr als zwei verschiedene Arten einer Beschreibung derselben Welt.

3.2 Nach welchem Kriterium wählte Einstein die kompliziertere nicht-Euklidische Geometrie?

4. Weder Einfachheit noch Falsifizierbarkeit

Was die moderne Wissenschaft verlangt?

4.1 Gibt es eigentlich die einfachste Theorie?

was versteht man eigentlich unter Mathematische Einfachheit?

Schluss

Einleitung

“Meine Sprache ist die Grenze meiner Welt.“ Das ist ein berühmtes Zitat von Wittgenstein. Man sucht sich ein herkömmliches Wort aus dem täglichen Gebrauch, um einen Begriff im philosophischen Sinne zu erzeugen. Das ist genau was im Laufe der Wissenschaftsgeschichte mit dem Wort „Einfachheit“ passiert ist.

Dass Einfachheit ein entscheidender Gesichtspunkt bei Begründung und Durchsetzung naturwissenschaftlicher Theorien ist, sagen die meisten Wissenschaftsphilosophen. Wissenschaftler hört man von der Einfachheit der Theorien reden. Außenstehende können sowas zumindest im wissenschaftlichen Sinne nicht nachvollziehen. Das Prinzip, die einfachste Theorie allen anderen vorzuziehen, ist trotzdem seit langem Teil der wissenschaftlichen Methode. Überhaupt war die Wissenschaftstheorie in den ersten Jahrzehnten ihrer Existenz überwiegend normativ orientiert. Einfachheit, Allgemeinheit, Systematizität und Konservativität von Theorien und ähnliches mehr dienten dort immer als normative Kriterien. [Spohn 2000].

Es gibt neben Einfachheit, noch zahlreiche andere Vorzüge z.B. Theologische Vorzüge, wenn man zwischen Evolutionstheorie und Schöpfungsglauben bzw. Schöpfungstheologie, einer den Vorzug geben will. Es gibt sogar geistige oder moralische oder ästhetische Vorzüge, die dazu führen, dass man eine Theorie den anderen vorzieht. Theologische Vorzüge sollte allerdings in der modernen Wissenschaft keine Rolle spielen. Aber die Einfachheit zählt man immer noch als ein akzeptiertes Kriterium für die wissenschaftlichen Theorien. Das Problem der Einfachheit ist aber nicht so einfach wie es aussieht. Was aus der Sicht der Wissenschaftler als einfach bezeichnet wird, könnte aus der Sicht der Laien, eine komplizierte Formulierung sein. Allerdings ist in der Tat, die Empfindung von Einfachheit im Alltäglichen Leben ein sehr persönliches Gefühl. Das Finden eines Kriteriums dafür, was einfach ist, ist schwer zu formulieren. Man stellt sich die Frage: Gibt es überhaupt etwas Einfaches?

Es muss wohl einen objektiven Maßstab dafür geben. Das persönliche Gefühl spielt in der modernen Wissenschaft keine Rolle. Eine uralte Frage ist, ob sich ein solches Einfachheitsprinzip, oder mit anderen Worten das Kriterium der

Einfachheit, zumindest rechtfertigen ließe. In dieser Hausarbeit versuche ich zu zeigen, warum das Einfachheitsprinzip für Wissenschaftsphilosophen von Bedeutung ist. Außerdem verfolge ich dabei einen Hintergedanken, was Mathematische Einfachheit ist und ob das Einfachheitskriterium mit dem Fasifizierbarkeitsprinzip zu erklären ist. In der vorliegenden Hausarbeit werde ich außerdem die Frage erörtern, ob einfachere mathematischen Formalismen besser sind.

1. Was ist die Grundaussage des Ockhams Rasiermessers

Ockhams Rasiermesser oder Sparsamkeitsprinzip ist eine nach William von Occam benannte Regel, die sagt, es sei sinnvoll bei zwei Erklärungen für ein Phänomen die zu bevorzugen, die einfacher ist. Der Begriff Ockhams Rasiermesser ist in der Tat mehrere Jahrhunderte nach ihm entstanden. 1654 hatte der Philosoph Johannes Clauberg geäußert, "die Seienden dürfen nicht ohne Notwendigkeit vermehrt werden".

Laut dem Sparsamkeitsprinzip wird die einfachere Erklärung, der komplizierteren Erklärung vorgezogen. Warum das als Rasiermesser bezeichnet wird, ergibt sich daraus, dass die komplizierteren Erklärungen wie mit einem Rasiermesser weggeschnitten werden können.

William von Occam hat allerdings selber das Sparsamkeitsprinzip nur implizit angewendet. Die Grundaussage des Ockhams Rasiermessers lautet: "Eine Vielheit sollte nicht ohne Notwendigkeit angenommen werden" Oder mit anderen Worten ausgedrückt: "es ist grundlos, etwas mit mehr zu tun, was auch mit weniger erreicht werden kann". Laut dem Sparsamkeitsprinzip, es sollte nicht mehr angenommen werden, als nötig ist, um ein Phänomen zu erklären.

Sir William Hamilton (1788-1856) bezeichnete das Einfachheitskriterium als das "law of parsimony" bzw. „Occam's Razor" [Hamilton 1852].

Wenn man sich den Verlauf der wissenschaftsgeschichte anschaut, dann wird festgestellt, dass das Einfachheitsprinzip nicht ohne Grund als eines der Merkmale einer guten Theorie gelten kann. In der Tat findet man viele Leute, die aus ideologischen oder religiösen oder anderen Gründen, die schlechteren Erklärungen vorgezogen haben, weil sie einfacher zu verstehen sind.

Die hier versteckte Vorannahme besteht allerdings darin, dass wir zur Beschreibung der Welt unbedingt eine Theorie haben wollen. Wir als bewusste Beobachter wollen auf keinen Fall ohne Theorie bleiben. Eine mysteriöse Theorie ist auch eine Theorie die versucht, die Welt zu beschreiben und zum Beispiel erklären, warum es manchmal regnet, manchmal blitzt und so weiter.

1.1 Einfachheit ist ein relativer Begriff

Das Sparsamkeitsprinzip wird oft mit Einfachheit gleichgesetzt. Dass eine Theorie einfacher als eine konkurrierende ist, ist aber inhaltlich umstritten. Die Umstrittenheit bezieht sich hauptsächlich darauf, dass das Wort Einfachheit mehrere Bedeutungen hat bzw. in unterschiedlichen Kontexten gebraucht wird. Was für mich einfach ist, kann für andere etwas ganz Kompliziertes darstellen und umgekehrt. Das Problem ist genau, dass Einfachheit ein relativer Begriff ist. Zur Beurteilung der wissenschaftlichen Theorien brauchen wir einen absoluten Maßstab und keinen relativen. Trotz allem wird das Einfachheitskriterium von den meisten Wissenschaftlern herangezogen und ist seit langem Teil der wissenschaftlichen Methode. Wie das passiert, kann verschiedene Ursache haben und wird unterschiedlich beurteilt. Ein Grund könnte sein, dass wir alle intuitiv wissen, was mit Einfachheit gemeint ist. Einfachheit ist allerdings kein einzelner Begriff, sondern ein gesamtes Konzept. Meinen wir damit semantisch-ontologische Einfachheit, methodologische Einfachheit, einfachere Anwendbarkeit, logisch-syntaktische Einfachheit, pragmatische Einfachheit, psychologische Einfachheit, einfachere mathematische Formalismen oder vielleicht einfachere Prüfbarkeit? Laut Quine, Einfachheit sei Annehmlichkeit und Eleganz und zudem abhängig von der spezifischen Darstellung einer Theorie [Quine 1976].

Popper schreibt in seinem Buch "Logik der Forschung", Einfachheit hat mehrere Bedeutungen. Eine Theorie wie die Schrödingersche Theorie könnte in einem erkenntnistheoretischen Sinn, einfach und in einem anderen Sinn kompliziert sein [Popper 1982]. Die Relativität des Begriffs könnte aus diesem Grund problematisch sein. Stefan Ploch hat ausführlich erklärt, wie man das Einfachheitskriterium falsch verwenden kann und welche Versionen von Occams Rasiermesser wissenschaftlich sind und welche nicht [Ploch 2006].

1.1.1 Was kommt mit dem Begriff Einfachheit bei der Wissenschaft zum Ausdruck?

Es gibt eine starke Tradition in der Wissenschaftsphilosophie, die die Einfachheit als ideal bezeichnet [Beyerle 2008]. Lektorski schreibt: *Eine spezifische Interpretation des Einfachheitsprinzips wurde von Ernst Mach gegeben. Mach sah den Sinn des Prinzips der Einfachheit in seiner ökonomisierenden Funktion: die Beachtung dieses Prinzips erspare dem Wissenschaftler Kräfte und biete ihm bessere Möglichkeiten, sich in empirischen Situationen zurechtzufinden* [Lektorski 1968].

Außerhalb der Wissenschaft, im praktischen Leben ist die Anwendung von Ockhams Rasiermesser auch sehr üblich. Das passiert sehr oft, wenn man die einfachste Erklärung aus dem Grunde bevorzugt, nur weil sie einfach ist. Stellen wir uns vor, wir würden eines Tages mit dem folgenden Faktum A konfrontieren.

A: Bei einem stürmischen Wetter im Garten unseres Hauses sehen wir einen umgeknickten Baum

Es könnte mehrere mögliche Erklärungen dafür geben.

E_i : Der Wind hat den Baum geknickt.

E_{ii} : Ein Meteorit ist eingeschlagen und im Garten abgestürzt.

E_{iii} : Ein Nashorn ist in unserer Abwesenheit im Garten gewesen.

E_{iv} : Der Fluch der Götter hat uns getroffen.

Alle oben genannten Theorien sind in einer Art und Weise einige mögliche Theorien. Man kann jetzt natürlich unendlich Theorien herstellen. Das Problem ist, dass inwiefern diese Theorien als gültig betrachtet werden können. Das ist genau, was normalerweise mit dem Begriff Einfachheit bei der Wissenschaft zum Ausdruck kommt. Der Vergleich und die Entscheidung zwischen den

verschiedenen Theorien ist seit langem Teil der Wissenschaft. Das berühmte Beispiel in diesem Zusammenhang ist in der Kosmologie von großer Bedeutung. Das heißt bei der Wahl zwischen dem Geozentrischen Weltbild und dem Heliozentrischen Weltbild. In der Physik bei der Relativitätstheorie zwischen der euklidischen und nicht-euklidischen Geometrie. In der Geschichte der Biologie zwischen darwinischer und lamarckscher Theorie usw.

Die grundsätzliche Forderung der wissenschaftlichen Methode ist, dass man die verständlichste und einfachste Erklärung wählen sollte, die das Beobachtete erklärt. Kehren wir noch einmal zu unserem Beispiel zurück. Es gibt zahlreiche Theorien, mit denen das Phänomen A erklärt werden kann.

Man neigt allerdings dazu, die Theorie E_i zu wählen. Die Theorie E_i , die zur Erklärung des Phänomens A herangezogen wird, ist die einfachste Erklärung. Es könnte aber auch ein auf der Erde eingeschlagene Meteorit gewesen sein, oder wegen des Fluchs der Götter. Die Annahme setzt allerdings diverse andere Annahmen voraus. Die Existenz der Götter usw. In der Wissenschaftsmethode, besser gesagt, bei der Auswahl mehrerer Theorien zur Erklärung eines Sachverhaltes wählt man immer diejenige, die mit den wenigsten Annahmen und Variablen auskommt.

Aus welchem Argument ziehen wir es vor, die Theorie E_i , den anderen den Vorzug zu geben, bezieht sich genau auf die Natur des Einfachheitskriteriums bei der Wissenschaft. Die Theorie E_i ist weder schöner, noch kürzer. Die ist aber bestimmt die wahrscheinlichste. Gibt es ein Verhältnis zwischen Einfachheit und Wahrscheinlichkeit? Das ist das Thema, das im Abschnitt 1.2 beschrieben wird.

1.1.2 Einfachheitskriterium , Ästhetisch oder Pragmatisch?

Einer Theorie nur aus ästhetischen Gründen den Vorzug zu geben, sieht nicht plausibel aus. Kein Wissenschaftler behauptet, dass man eine Theorie wegen der Schönheit des Erklärungsmodells für gültig halten soll. *Merkwürdigerweise sind sich Mathematiker und Physiker aber erstaunlich einig darüber, was sie als schön ansehen.* [Honerkamp 2013]. Das Problem der Einfachheit in der Wissenschaft sieht aber anders aus. Was bedeutet eigentlich Einfachheit? Viele haben sich solche Fragen gestellt, auf die es keine einfachen Antworten gibt. Der Begriff Einfachheit, der in der Kunst herangezogen wird, ist umstritten. So

wie in der Wissenschaft. Es wird immer gesagt, dass sich die Ästhetik mit den Grundlagen der Kunst und des Schönen befasst. Schöner ist einfacher, Einfacher ist schöner usw. So hört man verschiedene Meinungen, von denen die meisten einander entgegengesetzt sind. Elliott Sober schreibt in seinem Artikel mit dem Titel " Why is simpler better?":

“Different artists have had different goals. Artists are not in the business of trying to discover the uniquely correct degree of complexity that all artworks should have. There is no such timeless ideal. Science is different, at least according to many scientists” [Sober 2015].

In der Wissenschaft sieht man auch, dass es verschiedene Standpunkte dazu gibt. Dass wir bei zwei Erklärungen für ein Phänomen die zu bevorzugen, die einfacher ist, könnte ein ethischer Vorzug, ein ideologischer Vorzug, ein ästhetischer Vorzug, Pragmatisch, Erkenntnistheoretisch oder eine Mischung von den verschiedenen Vorzügen sein.

Eines der bekanntesten Beispielen dafür ist das Buch " Mathematical Principles of Natural Philosophy " von Isaac Newton. Er nennt in diesem Buch 4 Regeln für das Argument, die überwiegend mit dem Begriff Einfachheit verbunden sind. Obwohl die Regeln, die er kategorisiert, erkenntnistheoretisch sind, stammen allerdings von seinem theologischen Grundgedanken. Newton glaubte an die Existenz des Gottes und meinte, dass Gott der Gott der Ordnung sei und nicht der Gott der Unordnung. Nach seiner theologischen Vorannahme, die Wahrheit liege in der Einfachheit, weil Gott die Welt erschaffen habe [Sober 2015].

Poincaré war der Auffassung, dass der Begriff Einfachheit als ein konventionelles Prinzip berücksichtigt werden sollte. Der Philosoph Moritz Schlick, Begründer des berühmten Wiener Kreises aber meinte, dass Einfachheit ein halb ästhetisch - halb pragmatischer Begriff ist. Karl Popper spricht dagegen von der Ausschaltung des Ästhetisch-Pragmatischen Einfachheits-Begriffes und ist der Meinung, dass Einfachheit in logischem Sinn untersucht werden muss und nicht in ästhetisch-pragmatischem Sinn. Feigl schreibt:

Wenn sich Einstein bei der Aufstellung [...] seiner Relativitätstheorie auf Schönheit, Harmonie, Symmetrie, Eleganz stützte, so ist doch nicht zu vergessen, dass er auch sagte (in seiner Vorlesung 1920 in Prag war ich anwesend): ‘Falls die Beobachtungen der Rotverschiebung in den Spektren dichter Sterne nicht quantitativ mit den Grundsätzen der Allgemeinen Relativitätstheorie übereinstimmen, dann ist meine Theorie Staub und Asche [sukopp 2007].

1.1.3 Einfachheitskriterium ist kein Wahrheitskriterium

Einfachheitskriterium ist nur eines von mehreren Kriterien für die Qualität von Theorien. Ockhams Rasiermesser und sich daraus ergebenden Einfachheitskriterium kann nicht als ein sicheres Wahrheitskriterium berücksichtigt werden. Mit anderen Worten ist das Einfachheitskriterium einfach ein Hilfsmittel zur vergleichenden Bewertung von Theorien. Einfachheitskriterium lässt sich daraus kein Urteil darüber ableiten, welche Hypothese gültig bzw. wahr ist. Einfachheitskriterium lässt sich unnötige Annahmen aussondern. Es gibt allerdings keine Garantie, dass die vorgezogene Theorie wahr ist. Besonders bei den Theorien, die gleichen Vorhersagen machen und wenn es keinen empirischen Anhaltspunkt dafür gibt, welches Erklärungsmodell herangezogen werden sollte. Köhler schreibt, *„dass es trotz mangelnder Garantie, Fortschritte zu erzielen, gute Gründe gibt, Einfachheit als Kriterium sowohl bei der Entwicklung, als auch bei der Wahl zwischen Theorien zu berücksichtigen.“* [Köhler 2010]. Es gibt auch einige Gegenmeinungen. R. Swinburne ist der Meinung, dass Einfachheit ein Beleg für Wahrheit sei [Swinburne 1997]. Nehmen wir das folgende Beispiel:

Ein Chinese bekommt einen unbekanntem Brief, auf dem auf Deutsch nur ein Satz steht:

„Heute ist das Wetter wolzig.“

Der Chinese möchte wissen, woher dieser Brief gekommen ist. Da es keine Senderadresse angegeben ist, gibt es keinen empirischen Weg dafür, die Herkunft des Briefes zu bestimmen. Es kann mehrere Theorien geben, die gleichen Vorhersagen machen können.

T¹ :Ein deutscher aus Deuschthland hat den Brief geschrieben.

T²: Ein Österreicher aus Österreich hat den Brief geschrieben.

T³: Ein deutscher, der in seinem Urlaub in Neuseland den Brief geschickt hat.

{...

T^N : Ein Engländer, der fleißend deutsch kann, hat den Brief aus UK geschrieben.

Nach dem Einfachheitskriterium wäre es pragmatisch, das Erklärungsmodell mit den wenigsten Annahmen zubevorzuziehen. Aber in diesem Fall gibt es keinen Untercheid zwischen den Theorien T¹ und T². Die Auswahl einer Theorie hängt von unseren Vorkenntnissen ab. Aber wenn es keine oder zu wenige Vorkenntnisse gibt, wird die Auswahl zwischen den Theorien nach dem Einfachheitskriterium unmöglich. Die entscheidenden Vorkenntnisse, wie z.B. an welchem Tag der Brief zur Post gegeben worden ist usw. Wenn solche Kenntnisse nicht vorhanden sind, gibt es keine einfachere Theorie. Wir wissen, dass der Brief auf Deutsch geschrieben worden ist. Aber dieses Wissen reicht nicht, um zu entscheiden, ob die Theorie T¹ oder T² einfacher (und vorzuziehen) ist.

Wenn wir wüssten, wann der Brief verfasst wurde, wäre alles anders gewesen. Man kann einfach googlen und sehen, wie das Wetter in Deuschthland und Österreich am Tag des Schreibens des Briefes gewesen ist. Natürlich wenn es in den beiden Ländern wolkig gewesen ist, haben wir noch keine Möglichkeit, einer Theorie den Vorzug zu geben. Mit diesem Beispiel sehen wir, dass Einfachheit allein kein entscheidender Bewertungsmaßstab sein kann. Aus dieser Sicht hat Einfachheit nichts mit Wahrheit zu tun. *„Obwohl Einfachheit kein Beleg für Wahrheit ist, müssen wir „(wenn wir ‚erkennen‘ wollen) [einfachere Sätze] deshalb höher [...] werten als weniger einfache, weil sie mehr sagen, weil ihr empirischer Gehalt größer ist, weil sie besser überprüfbar sind“* [Popper 1982]. Das Wahrheitskriterium einer Theorie nach vielen Philosophen und Wissenschaftler liegt darin, dass eine Theorie nicht nur schön, sondern in sich stimmigen Struktur und funktional und konkret umsetzbar sein sollte.

1.2 Es geht um die Wahrscheinlichkeit

Der Begriff Einfachheit in der Wissenschaft ist stark mit dem Begriff Wahrscheinlichkeit verbunden. Warum sind einfachere Theorien besser? Die Antwort auf diese Frage liegt in der heutigen Wissenschaft auf der Wahrscheinlichkeit und nicht auf Basis der Theologie (wie die religiöse Ansicht Newtons). Ob sich das Sparsamkeitsprinzip rechtfertigen lässt, ist Teil der heutigen Wissenschaftstheorie. Elliott Sober schreibt in seinem Artikel "Why is simpler better?" dass es 3 Sparsamkeitsparadigmen gibt, damit man Ockhams Rasiermesser rechtfertigen kann. Gemäß dem ersten Paradigma, wird den Medizinstudenten gelehrt, die Verfolgung der Zebras zu vermeiden. Nehmen wir an, es gibt für die Erklärung einer Krankheit 2 Theorien.

1. Übliche Krankheit A
2. Seltene Krankheit B

Nach dem ersten Paradigma des Sparsamkeitsprinzips, ist die Theorie A vorzuziehen. So kann ein Arzt für einen Patienten eine Krankheit diagnostizieren, die wahrscheinlicher ist.

Das zweite Paradigma heißt laut Sober "The razor of silence". Wenn wir einen Grund dafür haben, dass A die Ursache des Phänomens C ist, und keinen Grund dafür, dass B die Ursache des Phänomens C, dann A sei im Vergleich zu (A & B) eine bessere Erklärung für C. Für die Klärung der Ursache des Todesfalls einer Person, der vom Abgrund gefallen ist, gibt es in diesem Fall zwei konkurrierende Theorien.

Phänomen C: Die Person X ist gestorben.

Die Theorie A: Die Person ist vom Abgrund gefallen.

Die Theorie $A \wedge B$: Die Person ist vom Abgrund gefallen und wurde vergiftet.

Gemäß dem zweiten Paradigma "The razor of silence" ist die Theorie A vorzuziehen. Weil sie wahrscheinlicher ist. Das dritte Paradigma heißt laut Sober "The razor of denial". Dieses Paradigma lässt sich allerdings schwer rechtfertigen. Nach diesem Paradigma ist zwischen zwei konkurrierenden Erklärungen, $A \wedge B$ und $A \wedge \neg B$ wählt man die zweite Erklärung. "The razor of silence" hat keine Antwort darauf, welche Erklärung vorzuziehen ist. Sober schreibt:

The problem changes if you consider two conjunctive hypotheses. Which is the better explanation of E: $C1 \wedge \neg C2$ or $C1 \wedge C2$? The razor of silence provides no guidance, but another razor, the razor of denial, does. It tells you to prefer the former.

Alle oben genannten Paradigmen basieren auf der Wahrscheinlichkeit der Gültigkeit der Hypothesen. Obwohl es keine endgültige Rechtfertigung für Ockhams Rasiermesser gibt, kann man aus oben genannten Beispielen davon ausgehen, dass einfachere Theorien wahrscheinlicher sind.

1.3 Einfachheit und das Problem der Zusatzannahmen

Nach dem Einfachheitskriterium sind die Hypothesen die besten, die die geringste Komplexität aufweisen. Diejenigen Erklärungen sind zu bevorzugen, die mit einer vergleichsweise geringeren Anzahl an Variablen oder Hypothesen auskommen [Christenson 1976]. Eine Theorie mit den weniger Annahmen ist die einfachere und sozusagen die bessere. *Je weniger Annahmen man machen muss, desto eleganter ist eine Theorie, und je abstrakter die Annahmen sind (Unwillkürlichkeit), d.h. für desto mehr Beobachtungen sie aufkommen, desto eleganter die Theorie* [Ploch 2006]. Sober schreibt, die Informativität einer Theorie bestimme ihren Grad an Einfachheit und diese sei daher messbar an der Anzahl der benötigten Zusatzinformationen zur Beantwortung einer Fragestellung [Köhler 2010].

Die heutige Wissenschaft beschäftigt sich in vielen Fällen wie Urknalltheorie, Elementarteilchen, Evolutionstheorie usw. mit dem nicht direkt Beobachtbaren Sachverhalte. Ein wichtiges Maß für die Stärke einer Theorie ist, dass inwiefern eine Theorie ohne Zusatzannahme mit der Realität in Einklang gebracht wird

und eine ausreichende Beschreibung liefert. Die geringe Anzahl von Annahmen ist seit langem ein Vorteil für eine Theorie. In einem Brief an Pauli aus dem Jahr 1928 spricht Heisenberg von der Ableitung der Thermodynamik aus den quantenmechanischen Vielteilchensystemen und betont, dass die Thermodynamik ohne Zusatzannahme abgeleitet werden kann [Pauli 2008].

Das interessanteste Beispiel dürfte in diesem Zusammenhang die Kosmologie bzw. die Urknalltheorie sein. Silk schreibt, der größte Teil der Urknalltheorie beruhe mehr auf Tatsachen als auf Spekulationen. Außerdem gebe man der Urknalltheorie aufgrund ihrer relativen Einfachheit den Vorzug vor anderen, exotischeren Theorien.[Silk 2013]. Die Urknalltheorie kann als eine akzeptable Theorie betrachtet werden, weil sie aufgrund ihrer relativen Einfachheit, ohne Zusatzannahme mit den anderen Ergebnissen im Labor übereinstimmt.

Johannes Geiss schreibt, dass die Messung der Menge an Helium im Kosmos einen kritischen Test dar für unser Verständnis der Vorgänge im frühen Universum stellt. Die Übereinstimmung von theoretischer Vorhersage und Beobachtung sei verblüffend. Er schreibt: *Mit den aus Versuchen im Labor und Beobachtungen von Planetenbahnen hergeleiteten physikalischen Gesetzen berechnen wir, ohne irgendwelche Zusatzannahmen, dass der Big Bang 24–25 Gewichtsprozent an Helium produzieren sollte. Die astronomische Beobachtung ergibt 24.3–24.6 Prozent* [Geiss 1998].

Diese Übereinstimmung zwischen theoretischer Vorhersage und Himmelsbeobachtung bestätigt diese Tatsache, dass die Urknalltheorie ohne Zusatzannahme mit den Daten der anderen Experimenten in Einklang gebracht wird. Der Umgang mit den Zusatzannahmen kann man allerdings nicht einfach kritisieren. Das Problem beginnt in einem Moment, in dem eine Theorie mit den neuen Messungen nicht übereinstimmt. Mit anderen Worten, wenn eine Theorie nur mit Zusatzannahmen mit der Realität in Einklang gebracht werden kann. Ironischerweise wird gesagt, dass die Physiker immer ein paar Zusatzannahmen haben, um ihre Theorien zu retten. Man kann einfach 1 (eine hypothetische "dark number", wie dunkle Materie und dunkle Energie) zur linken Seite der falschen Gleichung $1+1=3$ hinzuaddieren, um die Gleichung zu vertuschen.

Einer Theorie den Vorzug zu geben, die so viele neue Annahmen macht ist in der Wissenschaft nicht beliebt.

Es wird gesagt, dass man stets so wenig unbegründete oder unbeweisbare Annahmen machen sollte weil jede zusätzliche Annahme die Wahrscheinlichkeit für die Wahrheit des Gesamtsystems vermindert. Üblicherweise akzeptiert man in der Wissenschaft keine pseudowissenschaftliche Theorien bzw. unklare metaphorische Begriffe. Weil sie unbegründete und zusätzliche Annahmen beinhalten. Aber das Bestehen darauf, dass die geringe Anzahl von Annahmen unbedingt ein Vorteil für eine Theorie ist, ist nicht immer gewünscht. Eins der bekanntesten Beispiele in der Wissenschaftsgeschichte ist die Annahme der Existenz der kosmologischen Konstante. Im Februar 1917, vervollständigte Einstein seine Allgemeine Relativitätstheorie. Um eine "stabile" Beschreibung des Universums leisten zu können brauchte er die Konstante, damit das Universum in seiner Theorie aufhört zu expandieren. weil diese Akzeptanz nur durch Annahme der Existenz der kosmologischen Konstante zu rechtfertigen war.

Er machte dazu noch eine extreme Vereinfachung. Einstein war allerdings unzufrieden damit, solch eine Konstante überhaupt einführen zu müssen - und bezeichnete sie später als Fehler. *Aus heutiger Sicht ist diese Konstante jedoch ein notwendiges Ingredienz der Theorie sowie die beste und einfachste Erklärung, warum sich der Weltraum immer schneller ausdehnt* [Vaas 2016]. Die heutige Forschungsergebnisse der Kosmologie bestätigen die Existenz der Kosmologischen Konstante, deren Einführung hat Einstein zwar damals bereut. Rüdiger Vaas schreibt: *Dass das Kosmologische Prinzip so gut passt, ist gleichsam ein Geschenk der Natur, weil es die Beschreibung des Alls durch eine Symmetriebedingung extrem vereinfacht – Einsteins zehn gekoppelte Gleichungen reduzieren sich dann auf zwei* [Vaas 2016].

3. Falsifizierbarkeit und die Poppersche Wissenschaftstheorie

Sir Karl Raimund Popper gilt als einer der einflussreichsten Philosophen auf den Gebieten der Wissenschaftstheorie. Seine Werke wie z. B. "Logik der Forschung", "Conjectures and Refutations" oder "Objective Knowledge" gehören zu den bedeutendsten Werken der Wissenschaftstheorie des 20. Jahrhunderts. Falsifikation von Theorien, spielt seit Karl Poppers "Logik der

Forschung" eine wesentliche Rolle bei der Erkenntnistheorie. Der Falsifikationismus geht davon aus, dass eine Hypothese niemals bewiesen, aber allenfalls widerlegt werden kann. Nach Popper seien nur falsifizierbare Theorien erfahrungswissenschaftlich. Aus seiner Sicht, sei eine Aussage demnach dann falsifizierbar, falls der Nachweis ihrer Ungültigkeit theoretisch möglich ist. Die Stärke einer Theorie besteht nach Popper nicht in dem, was sie erlaubt, sondern in dem, was sie verbietet .

Historische Betrachtungsweise ist der Grundgedanke des Falsifikationismus bereits älter als Popper. Laut Graf-Stuhlhofer, findet man ihn z. B. bei August Weismann im Jahr 1868 , der schrieb:

„lässt sich eine wissenschaftliche Hypothese zwar niemals erweisen, wohl aber, wenn sie falsch ist, widerlegen, und es fragt sich deshalb, ob nicht Tatsachen beigebracht werden können, welche mit einer der beiden Hypothesen in unauflöslichem Widerspruch stehen und somit dieselbe zu Fall bringen“ [Graf-Stuhlhofer 1986].

Laut Popper arbeitet das wissenschaftliche Verfahren Hypothetico-Deduktive. Poppers Doktrin kann man folgendermaßen zusammenfassen:

Empirische Daten → Hypothesenbildung → Theorie → Deduktiver Schluss → Vorhersage → Prüfung mit empirischen Daten

Aus den Hypothesen sollen sich Prognosen deduzieren lassen, durch die wir die Theorien empirisch prüfen können. Negative empirische Belege können eine Theorie sofort vernichten. Falsifizierbarkeit bestimmt, ob eine Theorie die Eigenschaft der prinzipiellen empirischen Widerlegbarkeit besitzt. Nicht die Beweisbarkeit, sondern die Widerlegbarkeit gilt als allgemein akzeptiertes Kriterium einer Theorie [Popper 1982]. Viele Philosophen üben allerdings harte Kritik an Poppers Ansicht und sind der Meinung, dass etablierte Theorien nicht aufgrund von falsifizierender Evidenz verworfen werden. Manchmal können falsifizierende Befunde durch störende Ursachen bzw. durch Weiterentwicklung der Theorie oder der Beobachtungsmethode erklärt werden. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Entdeckung des Neptun. Die

Gravitationstheorie von Newton hatte Probleme, die Bahn des Planeten Uranus richtig vorherzusagen. Man änderte daraufhin die Hilfhypothesen: Es wurde angenommen, es existiere ein bisher unbekannter Planet, der eine zusätzliche Gravitationskraft auf Uranus ausübt. [Beisbart 2011]. Neuer Planet wurde postuliert und dessen Bahn von Adams 1843 und Le Verrier 1846 vorausberechnet. Der vorhergesagte Planet Neptun wurde 1846 von Galle entdeckt. Das Scheitern der Gravitationstheorie von Newton zur Berechnung der Bahn des Planeten Uranus war ein falsifizierendes Ereignis. Dieses Beispiel zeigt, dass Empirische Falsifikation nicht unbedingt ein entscheidender Faktor für die Verwerfung einer Theorie ist. *Nach Lakatos , es tauchen zahlreiche falsifizierende Ereignisse auf, die nur durch Einschränkung des Gültigkeitsbereiches der Theorie oder durch andere Zusatzannahmen überwunden werden können* [Gläs & Löcher1980]. Die Wissenschaftler suchen eher bestätigende Messungen für ihre eigenen Ideen und Theorien. Lakatos sagt, dass Poppers Falsifikation in der Forschung einfach nicht vorkommt. Er meint: *"Poppers Kriterium ignoriert die bemerkenswerte Zähigkeit wissenschaftlicher Theorien"* [Brunner 1991].

Falsifizierbarkeit bedeutet allerdings nicht, dass für eine Theorie definitiv gezeigt werden muß, dass sie falsch ist. *Poppers Forderung nach Falsifizierbarkeit bezieht sich lediglich auf eine logische Relation zwischen einer Theorie und der ihr zugehörigen Klasse von Grundaussagen (class of basic statements) und damit zwischen einer Theorie und den potentiellen Falsifizierern* [Ploch 2006]. Popper selbst sagt, Falsifizierbarkeit gibt keine Garantie, dass wir Fortschritte zu besseren Theorien machen. Da wir keine Aussagen über die Wahrheit unserer Theorien machen können. Trotzdem erhalten wir bei diesem Prozess besser geprüfte Theorien, die sich besser bewähren und zu „einem gewissen Zeitpunkt anderen Theorien vorgezogen werden [Popper 1984].

2.3 Einfachheit nach dem Grad der Falsifizierbarkeit

Im Gegensatz zu Schlick war Popper der Meinung, dass Einfachheit in logischem Sinn untersucht werden muss und nicht in ästhetisch-pragmatischem

Sinn. Laut Popper sind Theorien mit wenigen und einfachen Annahmen leichter falsifizierbar als solche mit vielen und komplizierten Annahmen. Er versucht zu erklären, welcher die am besten falsifizierbare Theorie als die Einfachste auszeichnet. *"Popper (...) identifiziert die Einfachheit einer Theorie mit ihrem Falsifizierbarkeitsgrad. Die Theorie, die am allgemeinsten formuliert ist, ist somit auch die am besten prüfbar und einfachste Theorie"* [Köhler 2010]. Ob die Einfachheit einer Theorie mit dem Falsifizierbarkeitsgrad identifiziert werden kann, ist allerdings nicht übereinstimmend. Es gibt Meinungen, die sagen, dass Einfachheit und Falsifizierbarkeitsgrad zwei verschiedene Kriterien sind. Brunner schreibt: *Sind zwei Modelle im gleichen Maße mit der Evidenz im Einklang, dann sollte einige Kriterien angewendet werden und eine Entscheidung bringen. Diese Kriterien sind: Einfachheit, Zahl der Freiheitsgrade, physikalische Gesetze als Basis, Möglichkeit der Falsifizierbarkeit und Robustheit* [Brunner 1991]. Die Grundaussage von Popper läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Die einfachere Hypothese sei leichter widerlegbar. Mit anderen Worten je simpler der erklärende Sachverhalt, desto einfacher sind die Möglichkeiten der Falsifikation. Spohn schreibt: *Wo kommt jedoch die Annahme her, die leichter widerlegbare Hypothese sei eher wahr? Das ist auf die eine oder andere Weise eine substantielle Annahme, die nicht so einfach zu verteidigen ist und die man mit Poppers Theorie der Wahrheitsnähe zu verteidigen suchen mag, welche aber ihrerseits als umstritten zu bezeichnen ist* [Spohn 2000].

Bei den Theorien, die gleichen Vorhersagen machen, muss man nach Popper diejenige mit dem größten Informationsgehalt bevorzugen, welche seines Erachtens die Einfachste ist. Auch die Nützlichkeit einer Theorie steigt mit ihrer Einfachheit. Köhler schreibt: *Haben wir nun mehrere Theorien zur Wahl, so können wir sie anhand des Grades ihrer Falsifizierbarkeit miteinander vergleichen. Je mehr Gehalt eine Theorie hat, desto besser ist sie falsifizierbar, da sie mehr aussagt und es folglich mehr Fälle gibt, durch die sie widerlegt werden kann* [Köhler 2010].

Dass die einfacheren Hypothesen falsifizierbar sind, sieht plausibel aus. Kehren wir zu unserem Beispiel auf den Seiten 9&10 zurück. In diesem Beispiel hängt die Auswahl einer Theorie von unseren Vorkenntnissen ab. Mit dem geringen Informationsgehalt, wird die Auswahl zwischen den Theorien T¹

und T^2 sowohl nach dem Einfachheitskriterium als auch nach der Falsifizierbarkeit unmöglich. Das zeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen der Einfachheit und dem Grad der Falsifizierbarkeit gibt.

3. Mathematische Einfachheit

In der Wissenschaftsgeschichte hat es schon immer Situationen gegeben, in denen eine Sachverhalte mit mehreren Theorien und auf unterschiedlichen Wegen erklärt worden sind. Zum Beispiel die Matrizenmechanik von Heisenberg und die Wellenmechanik von Schrödinger, die zum gleichen Ergebnis führen. *Es ist und bleibt ein Rätsel, dass sich eine Vielzahl von quantitativen Naturbeobachtungen durch einige wenige, relativ einfache mathematische Gleichungen beschreiben lässt* [Kinzel]. Es wird gesagt, dass die aus mathematischen Gleichungen hergeleiteten Aussagen der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik, sind einfach. Die Basis einer starken Theorie wie die Quantenmechanik ist das Verhältnis von Energie (E) und Frequenz (ν) eines Photons, die im Rahmen einer einfachen Gleichung $E=h \cdot \nu$ ausgedrückt wird. Die bekanntesten Gleichungen der modernen Physik wie die Äquivalenz von Masse und Energie ($E = mc^2$) oder die Heisenbergsche Unschärferelation $p \cdot q \geq \hbar/2$ sehen im Allgemeinen einfach aus.

Diese mathematischen Formalismen sind allerdings in der Tat nicht so einfach, wie sie aussehen. Obwohl die endliche Form jener Formel einfach aussieht, aber das bedeutet nicht, dass der Ableitungsprozess der Formeln auch einfach ist.

Im gegensatz dazu basiert zum Beispiel das plancksche Strahlungsgesetz auf der komplizierten quantenmechanischen Methode. Im üblichen Sinne ist weder die Interpretation des Formalismus so einfach, noch die mathematische Schritte der Ableitung der Gleichungen. Man hört immer und überall, dass die Physiker auf der Suche nach eleganten und mathematisch schönen Theorien sind, die mit den wenigsten Annahmen auskommen. Aber was versteht man eigentlich unter Mathematische Einfachheit?

3.1 Nicht mehr als zwei verschiedene Arten einer Beschreibung derselben Welt.

Im Kapitel 15 seines Buchs "Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaft" unter dem Titel Poincaré gegen Einstein, zitiert Rudolf Carnap von Poincaré, der sagte: *Nehmen Wir einmal an(...), die Physiker entdeckten, dass die Struktur des wirklichen Raumes von der Euklidischen Geometrie abweicht. Die Physiker hätten dann die Wahl zwischen zwei Alternativen. Sie könnten entweder die nicht-Euklidische Geometrie als eine Beschreibung des physikalischen Raumes annehmen, oder sie könnten die Euklidische Geometrie retten, indem sie neue Naturgesetze annähmen, welche ausdrücken, dass alle festen Körper sich in gewisser Weise ausdehnen und zusammenziehen"*

Laut Carnap, Poincaré hätte vorausgesagt, dass die Physiker immer den zweiten Weg wählen würden. Sie würden es vorziehen, die Euklidische Geometrie beizubehalten, denn sie sei viel einfacher als die nicht-Euklidische Geometrie. Nach Carnap, Poincaré wußte natürlich nichts von dem komplizierten nicht-Euklidischen Raum, den Einstein bald vorschlagen würde. Poincaré *dachte vermutlich nur an die einfacheren nicht-Euklidischen Räume mit konstanter Krümmung, sonst würde er es zweifellos für noch viel unwahrscheinlicher gehalten haben, dass die Physiker sich von Euklid abwenden würden* [Carnap 1969]. Stellen wir uns vor, es gibt zwei Physiker P1 und P2 .

1. Der Physiker P1 vertritt eine Theorie T1
2. Der Physiker P2 vertritt eine Theorie T2

Die beiden Physiker, vertreten die verschiedene Theorien über die Natur ihrer flachen Welt. Der Physiker P1 ist der Meinung, dass die Welt Teil einer Kugel sein muß. P2 sagt dagegen, dass sie eine Ebene sei, dass sich aber die Körper in gewisser vorhersagbarer Weise ausdehnen und zusammenziehen würde, wenn man sie bewege. Für Carnap stellt sich die Frage, wie die beiden Physiker entscheiden können, welche von ihnen recht hat? Die Antwort ist laut Carnap, dass man das nicht entscheiden kann." *Sie können prinzipiell nicht entscheiden, welche Theorie die richtige ist. Aus diesem Grunde, so sagte Poincaré sollte man die Frage, wer recht hat, nicht einmal stellen. Die beiden Theorien sind*

nicht mehr als zwei verschiedene Arten einer Beschreibung derselben Welt"
[Carnap 1969].

3.2 Nach welchem Kriterium wählte Einstein die kompliziertere nicht-Euklidische Geometrie?

Genau wie das oben genannte Beispiel hatten die Physiker zwei Möglichkeiten vor sich.

T1 : Die Physiker hatten die Möglichkeit, die Euklidische Geometrie beizubehalten und die neuen Beobachtungsergebnisse durch neue Korrekturfaktoren in den Gesetzen der Mechanik und Optik zu erklären. (Diese Idee vertrat Poincaré)

T2 : Die Physiker hatten die Möglichkeit, sich von der Euklidischen Geometrie abzuwenden.

Dieses Beispiel aus der Geschichte der modernen Physik zeigt, dass Poincaré sich in diesem Fall geirrt hat. Die Physiker haben die zweite Möglichkeit gewählt. Die kompliziertere nicht-Euklidische Geometrie. Carnap schreibt: *Was war die Grundlage dieser Entscheidung? Geschah es aus Gründen der Einfachheit? Wenn ja, wegen der Einfachheit wovon? Der Weg Euklids bringt eine viel einfachere Geometrie, aber kompliziertere Physikalische Gesetze. Der nicht-Euklidische Weg bringt eine Sehr viel kompliziertere Geometrie mit sich, aber auch sehr einfache physikalische Gesetze.*

Carnap ist der Auffassung, dass die Einfachheit des gesamten Systems der Physik von Bedeutung ist, und nicht die Einfachheit dieses oder jenen Aspektes der Situation. Laut Carnap trafen die Physiker ihre Wahl mit Rücksicht auf die Einfachheit des gesamten Systems der Physik, das sich aus der Wahl ergeben würde. Es geht laut Carnap nicht um die Einfachheit der einen bestimmten Aspekte der Physik, sondern darum, dass der nicht-Euklidische Weg eine enorme Vereinfachung der Physikalischen Gesetze mit sich bringt. Nach Carnap sei der nicht-Euklidische Weg, wegen der großartigen Einfachheit von

Einsteins Bewegungsgleichungen für Körper und Lichtstrahlen, dem Euklidischen vorzuziehen. Das Hauptproblem ist, dass das einfachste Gesamtsystem der Physik auch das wünschenswerteste ist. Laut Carnap ist das Problem allerdings komplizierter als man sich vorstellen kann. Er schreibt: *wie man entscheidet, welches von zwei Systemen die größte Gesamteinfachheit hat. Bei zwei konkurrierenden Systemen kann es leicht vorkommen, dass jedes von beiden in gewisser Hinsicht einfacher ist als das andere. Wie kann man in solchen Fällen die Gesamteinfachheit messen?*

4. Weder Einfachheit noch Falsifizierbarkeit - Was die moderne Wissenschaft verlangt?

Seit der Zeit Galileis und Newtons lassen sich die physikalische Theorien mathematisch formulieren. Es gibt zahlreiche Theorien, die versuchen die Welt zu erklären. Viele Theorien sind im Laufe der Geschichte abgeschafft und durch neue Theorien ersetzt. Das Thomson'sche Atommodell wurde durch das Rutherford'sche Atommodell verdrängt. Das Bohrsche Atommodell verfeinerte das Rutherford'sche Atommodell usw. Ist eigentlich das Bohrsche Atommodell einfacher bzw. besser als das Thomson'sche Atommodell? Entwickeln sich wissenschaftliche Theorien in Richtung der Einfachheit? Sind die kommenden Theorien falsifizierbarer? Ein Blick auf die folgende Liste der Atommodelle zeigt, dass die neueren Theorien nicht unbedingt einfacher sind. In welchem Sinne ist zum Beispiel das Bohrsche Atommodell einfacher/besser als das Rutherford'sche Atommodell?

Das Teilchenmodell von Demokrit → Das Dalton-Modell → Das Dynamidenmodell → Das Thomson'sche Atommodell → Das Rutherford'sche Atommodell → Das Bohrsche Atommodell → Das bohr-sommerfeldsche Atommodell → Das Schalenmodell → Das Kugelwolkenmodell → Das Orbitalmodell → Das Thomas-Fermi-Modell →

Es sieht so aus, dass die mathematische Formalismen des Atommodells von den Wissenschaftlern stets modifiziert werden müssen, um bessere Theorien zu erstellen. Mit dem Wort "besser" geht hier um die bessere Übereinstimmung

mit den anderen Gesetzen der Physik. Weil Gesunden Menschenverstand nach das gesamte System der Physik in sich einstimmig sein sollte. Die Entwicklung der modernen Physik zeigt allerdings uns, dass die Wissenschaftler versuchen nicht unbedingt, überflüssige Entitäten zu vermeiden. Obwohl viele aussagekräftige Beweise z.B. für die Existenz der Schwarzen Löcher gibt, hat kein Astronom je ein Schwarzes Loch gesehen. Viele Theorien wie die Theorien über Dunkle Materie und Wurm Löcher sind im klassischen Sinne Weder Einfach noch Falsifizierbar. Nach dem Einfachheitskriterium reden wir von „Einfach“ und „Einfacher“. Man stellt sich allerdings die Frage, gibt es eigentlich die einfachste Theorie?

4.1 Gibt es eigentlich die einfachste Theorie?

Was versteht man eigentlich unter Mathematische Einfachheit?

Eine Argument gegen das Ockhams Rasiermesser Sparsamkeitsprinzip ist meines Erachtens das, dass es keine einfachste Theorie in der Wissenschaft geben kann. Mit anderen Worten: Jede Theorie braucht einige Grundterme, die sich mit anderen Grundannahmen bzw. Theorien erklären lassen müssen. Die Wissenschaftliche Theorien entwickeln sich nicht in die Richtung, einfacher zu werden. Ein bekanntes Beispiel ist die gesuchte Weltformel (Theory of Everything). Physiker und Mathematiker sind seit Jahren auf der Suche nach der Weltformel, um die Quantentheorie und Gravitationstheorie zusammenzubringen. Warum sind die Physiker auf der Suche nach der Weltformel? Ist die sogenannte Weltformel die einfachste Theorie der Physik? Eine Theorie zu besitzen (Weltformel) ist im praktischen Sinne besser, als 2 unterschiedliche Theorien (die Quantentheorie und Gravitationstheorie). Aber das ist nicht, was mit dem Einfachheitskriterium gemeint ist. Einfachheitskriterium besagt dass einfachere Theorien komplizierten Theorien vorzuziehen sind, wenn sie dieselben Phänomene erklären können. Die Frage ist, welche Merkmale eine gute Theorie aufweisen soll. Sehr spannend sind die Beispiele aus der Wissenschaft, die zeigen, dass das nicht so ist, dass einfachere Theorien unbedingt komplizierten Theorien vorzuziehen sind. Ein bekanntes Beispiel sind die Navier-Stokes-Gleichungen. Bis heute gibt es gar keine Lösung für die Navier-Stokes-Gleichungen. Einfachheitshalber versucht

man wegen der schwierigen Lösbarkeitseigenschaften der Navier-Stokes-Gleichungen vereinfachte Versionen der Gleichungen heranzuziehen (z.B. Eulersche Gleichungen). An der Nützlichkeit des Ockhams Rasiermesser zweifelt kaum ein Wissenschaftstheoretiker. Aber das einfachere mathematische Verfahren ist nicht das Ziel der Wissenschaft. Das größte Problem liegt jedoch darin, dass das Einfachheitskriterium falsch interpretiert werden kann. Das Problem wird gelöst, wenn wir Rudolf Carnap zustimme. Nach Carnap, Einfachheit sei eigentlich Einfachheit des gesamten Systems (z.B. in der Physik). Ansonsten können wir nach dem Einfachheitskriterium nicht rechtfertigen, warum die Physiker kompliziertere nicht-Euklidische Geometrie gewählt haben. Ein weiteres Beispiel ist Hawking-Effekt. *Eine solche Theorie ist mathematisch so kompliziert, daß sie nur auf sehr wenige Effekte praktisch anwendbar ist. Um Anregungen für den Umgang mit der vollen vierdimensionalen Theorie zu bekommen, betrachtet man einfachere Theorien, die sich mathematisch leichter fassen lassen. Eine solche Vereinfachung besteht z.B. darin, daß man nur Systeme betrachtet, die gewisse Symmetrien aufweisen. Dann kann man alle physikalischen Vorgänge mit weniger als vier (z.B. zwei) Koordinaten beschreiben, wodurch der betrachtete Spezialfall leichter handhabbar wird* [Lotze 1999]. Nach Lotze kann man solche Vereinfachungen auf verschiedene Weise vornehmen, aber das ist nicht deutlich, welches die beste ist. Das Ziel ist es zum Beispiel, verschiedene zweidimensionale Modelle daraufhin zu untersuchen, wie gut sie die vierdimensionale Theorie nachahmen.

Kommen wir zurück zur Kernaussage des "Ockhams Rasiermesser"-Prinzips: Wenn zwei Theorien einen Sachverhalt gleich gut erklären, ist die einfachere vorzuziehen. Besonders umstritten ist hier das Wort gleich gut. Ein bekanntes Beispiel ist die Wahl zwischen der Heisenberg'schen Matrizenmechanik und Schrödingers Wellenmechanik. In solchen Beispielen kommt Ockhams Rasiermesser gar nicht zur Anwendung. Im gleichen Maße kann man nicht sagen, ob die Quantenmechanik Heisenbergs falsifizierbarer als ihre konkurrierende Theorie Schrödingers Wellenmechanik ist. Das Problem ist, dass die Einfachheit hinsichtlich eines Aspektes, die Komplexität bezüglich eines anderen Kriteriums erhöhen kann. Deswegen kann man nicht bestimmen, wann genau eine Theorie als "einfacher" zu bewerten ist. Nehmen wir an, wir

hätten zwei Theorien T^1 und T^2 und es gibt Außer der Einfachheit des Formalismus keinen Grund dafür, T^1 gegenüber T^2 oder umgekehrt zu bevorzugen.

$$T^1 = x^2$$

$$T^2 = ax^3 + bx^2 + c$$

Bei den verschiedenen mathematischen Formalismen mit der gleichen Erklärungskraft bzw. Vorhersagekraft, sollen eigentlich die Wissenschaftler nach dem Einfachheitskriterium den mathematischen Formalismus T^1 wählen. Aber die Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass es Situationen geben könnte, in denen die kompliziertere mathematische Form vorzuziehen ist.

Schluss:

Die einfachere Theorien sind die Theorien mit dem höheren Grad der Falsifizierbarkeit. Mit anderen Worten, die Theorien mit weniger Faktoren und Grundannahmen. Aber Einfachheit ist nicht der einzige Maßstab für die Wahl einer Theorie. Bei den Theorien, die gleichen Vorhersagen machen, muss man diejenige mit dem größten Informationsgehalt bevorzugen. Im Gegensatz zu Popper bin ich allerdings der Auffassung, dass die Wissenschaftler meistens auf der Suche nach den Theorien mit dem größten Informationsgehalt sind. Eine Theorie mit dem größten Informationsgehalt ist nicht unbedingt die Einfachste, wie Popper gemeint hatte. Das klingt logisch, dass der Einfachheitsbegriff mit dem Falsifizierbarkeitsgrad identifiziert werden soll und Niedrigdimensionale Theorien leichter zu falsifizieren sind. Ich habe nichts dagegen, dass die Allgemeinheit einer Theorie mit ihrem Falsifizierbarkeitsgrad steigt und der Gesetzmäßigkeitsgrad einer Theorie mit ihrem Falsifizierbarkeitsgrad identifiziert wird. Aber von zwei oder mehr Theorien, die die gleichen Voraussagen machen, bevorzugt man nicht unbedingt diejenige, die einfacher formuliert ist. Die Eulersche Gleichungen sind weitaus einfacher (und laut Popper: falsifizierbarer) als die Navier-Stokes-Gleichungen, aber bestimmt nicht besser. Das Einfachheitskriterium ist nur eines von mehreren Bewertungskriterien für Theorien. Das ist nicht wesentlich entscheidender als Kriterien wie Informationsgehalt, Widerspruchsfreiheit, Kritisierbarkeit, Problemlösungspotenzial usw.

Literaturverzeichnis

Ann Köhler, Tamara Die Bedeutung der Einfachheit als Theoriewahlkriterium und Karl R. Poppers Einfachheitsbegriff, 2010/2011

Beisbart, Claus. Kritik an Poppers Wissenschaftsphilosophie, TU Dortmund, Institut für Philosophie und Politikwissenschaft 2011

Beyerle, Hubertus. Das Lob des Simplen Max Planck
Forschung 2/2008 (Gesellschaftsforschung), S. 15

Brunner, Fritz K. Über die Grenze von Modellen ,*Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und* 79 (1991): 9-20.

Carnap, Rudolf. Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaft. Vol. 36. Nymphenburger Verlagshandlung, 1969.

Christenson, Charles 1976: Proposals for a Program of Empirical Research into the Properties of Triangles. In: *Decision Sciences* 7 (4), S. 631–648

G1äs, Karl. Löcher, Peter. Materialien zur politischen Auseinandersetzung Heft Nr. 12
Wissenschaftstheorie und Politik 1980

Graf-Stuhlhofer, Franz. August Weismann - ein 'Vorläufer' Poppers. *Conceptus. Zeitschrift für Philosophie* 20 (1986) 99f.

Honerkamp, Josef, and Josef Honerkamp. "Über einen Aspekt der Schönheit bei physikalischen Theorien und Inventionen von JS Bach." *Was können wir wissen? Mit Physik bis zur Grenze verlässlicher Erkenntnis* (2013): 273-277.

Johannes Geiss, International Space Science Institute, Bern. Vortrag für den Verein Pro ISSI am 30.10.1997 (SPATIUM, International Space Science Institute, Publikationsorgan des Vereins Pro ISSI, IUM No.1, April 1998)

Kinzel, Wolfgang. Wozu brauchen wir theoretische Physik? Ziele der Physik, Lehrstuhl für theoretische Physik ,Universität Würzburg

Lektorski W. A.: Das Subjekt-Objekt-Problem in der klassischen und modernen bürgerlichen Philosophie. Herausgegeben von Dieter Wittich. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968. Taschenbuchreihe „Unser Weltbild“, Band 56, 1. Auflage

Lotze, Thomas. "Two-Dimensional Models of Black Hole Radiation.", Theoretisch-Physikalisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 1999

Macho, Siegfried. "Vorlesung (HS-2011): Wissenschaft und Pseudowissenschaft in der Psychologie."

Pauli, Wolfgang. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg ua/Scientific Correspondence with Bohr, Einstein, Heisenberg, ao: Band III/Volume III: 1940–1949. Vol. 11. Springer-Verlag, 2008.

Ploch, Stefan. "Metatheoretische Probleme in der Phonologie mit den handelsüblichen Kriterien Einfachheit (Occams Rasiermesser) und Unwillkürlichkeit (Nicht-adhocheit)." (2006).

Popper, Karl R.: Objektive Erkenntnis: Ein evolutionärer Entwurf, übers. v. Hermann Vetter, Hoffmann und Campe, Hamburg 1984.

Popper, Karl Raimund. Logik der Forschung. Vol. 4. JCB Mohr (Paul Siebeck), 1982.

Quine, Willard Van Orman: „24: On Simple Theories of a Complex World“, in ders.: *The Ways of Paradox and Other Essays*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts u.a. 1976, S. 255-258.

Silk, Joe. Der Urknall: die Geburt des Universums. Springer-Verlag, 2013.

Sober, Elliott, Why is simpler better? 2015 <https://goo.gl/2UaGmg>

Spohn, Wolfgang. "Wo stehen wir heute mit dem Problem der Induktion?." (2000): 151-164.

Sukopp, Thomas. "Anything goes? Paul K. Feyerabend als Elefant im Popperschen Porzellanladen." (2007).

Swinburne, Richard: *Simplicity as Evidence of Truth*, The Aquinas Lecture 61, Marquette University Press, Milwaukee 1997.

Vaas, Rüdiger. Jenseits von Einsteins Universum: Von der Relativitätstheorie zur Quantengravitation. Kosmos, 2016.