

Humboldt-Universität zu Berlin

Institut für Philosophie

Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaften und Naturphilosophie

Wird die naturwissenschaftliche Rationalität durch ästhetische Kriterien der Theorienwahl beeinträchtigt?

Bachelor-Arbeit im Hauptfach Philosophie

Erstgutachter: Prof. Dr. Olaf Müller

Abgabedatum: 02.07.2013

Paul Markus

B.A. Philosophie / Spanisch

Matr.-Nr.: 530506

xxxxxxxxxx

xxxxx Berlin

030 xxxxxxxx

xxxxxxxxxxxx@yahoo.com

Inhalt

| | | |
|----------|--|----|
| 1. | Einleitung: Wissenschaft und Rationalität..... | 2 |
| 1.1. | Der Erfolg der modernen Naturwissenschaft | 2 |
| 1.1.1. | Wissenschaftlichkeit als Paradigma für Objektivität | 2 |
| 1.1.2. | Die mathematisch-experimentelle Methode der Naturwissenschaft | 2 |
| 1.2. | Ordnung und Komplexität der Kriterien der Theorienwahl | 4 |
| 1.3. | Unterschiedliche Anforderungen an Theorienerfindung und Theorienwahl..... | 6 |
| 1.4. | Erweiterung des Rationalitätsbegriffs der Naturwissenschaft..... | 8 |
| 2. | Hauptfrage: Schwächen ästhetische Kriterien die Naturwissenschaft?..... | 10 |
| 2.1. | Ästhetik zwischen Sinneswahrnehmung und Intellekt..... | 10 |
| 2.2. | Ästhetische Normativität in der Naturwissenschaft | 14 |
| 2.2.1. | Ästhetische Idealvorstellungen..... | 14 |
| 2.2.2. | Ästhetische Einflüsse in erfolgreichen Theorien | 19 |
| 2.3. | Probleme oder Erkenntnisgewinn durch ästhetische Theorienbegründung?.... | 21 |
| 2.3.1. | Negativer Aspekt: Ästhetische Begriffe sind subjektiv | 21 |
| 2.3.2. | Positive Aspekte..... | 23 |
| 2.3.2.1. | Ästhetische Kriterien haben nur einen sekundären Einfluss | 23 |
| 2.3.2.2. | Ästhetische Kriterien als stabilisierender Faktor..... | 23 |
| 2.3.2.3. | Ästhetischer Gehalt geht über sprachlich Darstellbares hinaus..... | 25 |
| 2.3.2.4. | Evolutionstheoretische Begründung der ästhetischen Kriterien..... | 28 |
| 2.4. | Fazit: Ästhetische Kriterien der Theorienwahl sind mit der Rationalität der modernen Naturwissenschaft vereinbar | 30 |
| 3. | Ausblick: Genetische Gemeinsamkeit von Ästhetik und Wissenschaft? | 31 |
| 4. | Bibliographie..... | 34 |

1. Einleitung: Wissenschaft und Rationalität

1.1. Der Erfolg der modernen Naturwissenschaft

1.1.1. Wissenschaftlichkeit als Paradigma für Objektivität

Die Naturwissenschaft genießt in unserer Gesellschaft eine große Autorität. Dieser Status ist angesichts des umfassenden Verständnisses unserer Welt – der materialen Beschaffenheit unseres Universums – und den vielen erfolgreichen Voraussagen, die ihre Theorien ermöglichen, weitgehend gerechtfertigt. Anders als etwa politische Fragen, die durch mehrheitliche Zustimmung legitimiert werden können, gelten wissenschaftliche Aussagen als wahr, wenn sie auf natürliche Tatsachen begründet sind. Ihre Überzeugungskraft beruht darauf, dass sie unabhängig von persönlichen Vorlieben entstehen, denn das, was sie erklären, findet auch unabhängig vom Willen der Menschen statt.

Wenn im Rahmen einer Überlegung oder Diskussion relevante wissenschaftliche Erkenntnisse argumentativ verwendet werden, lassen sie sich nicht ohne weiteres von der Hand weisen. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse bewusst zu ignorieren kann leicht als Weigerung gewertet werden, die Realität anzuerkennen. Ein wichtiger Grund hierfür ist, dass das Verfahren, mit dem die Wissenschaft ihre Resultate erarbeitet, als Modell für Objektivität steht. Diesem Modell wird das Potential zugeschrieben, die Realität darzustellen und damit, auch im metaphorischen Sinn, zu ‚erfassen‘: Die technischen Fortschritte aufgrund physikalischer Theorien ermöglichen es uns, Mobiltelefone und Computer zu benutzen und eine Vielzahl von Krankheiten zu heilen. Über ein besseres Verfahren, sich den Grenzen seiner Erkenntnisfähigkeit zu nähern, verfügt der Mensch nicht. Daher ist der Begriff 'Wissenschaftlichkeit' positiv besetzt und wird als Synonym für 'Objektivität' und 'Wahrheit' verwendet.

1.1.2. Die mathematisch-experimentelle Methode der Naturwissenschaft

Die moderne Naturwissenschaft folgt einem dualen Weg der Abstraktion von Zusammenhängen in Form von mathematisch verfassten Theorien und der empirischen Überprüfung der aus ihr abgeleiteten Gesetze. Galileo Galileis experimenteller Ansatz zur Überwindung der aristotelischen Physik kann als entscheidende Neuerung gesehen werden, in deren Tradition wir noch heute stehen. Dieser Fortschritt wurde erkenntnistheoretisch durch den Nominalismus vorbereitet, der die reine Begriffswissenschaft verdrängte und die erkenntnistheoretische Würdigung der Empirie ermöglichte. Die Beobachtung musste sich nach Galileis Auffassung zudem in mathematischen Gesetzen erklären lassen, nicht anhand

von sprachlichen Definitionen von Substanzen und Qualitäten.¹ Dieses Modell ist im Grunde immer noch gültig und definiert, worin die naturwissenschaftliche Rationalität besteht. Der Verstoß gegen logische Konsistenz und Beobachtungsadäquatheit würde jede Theorie disqualifizieren.

In dieser Methode gibt es eine theoretische und empirische Dualität, beide Aspekte sind aufeinander bezogen. Man versucht einerseits, dieses Wissen auf *externe* Tatsachen zurückzuführen und zu begründen. Das heißt, man folgt einer Methode, die verspricht, über subjektive Erfahrungen hinauszugehen und die Phänomene anhand ihrer Determinierung durch die Beschaffenheit der Natur zu erklären. Wissenschaftliche Theorien sollen die Realität repräsentieren, die Beobachtungen müssen also berücksichtigt werden. Die wissenschaftliche Methode weist auch noch eine *intrinsische* Facette auf: Die durch Messung erhaltenen Daten sollen nur durch logische Regeln in aussagekräftige Theorien überführt werden. Dies lässt sich an den Theorien selbst überprüfen, ist also ein theorieimmanentes Kriterium. Andere Einflüsse (wie Konservativität, ästhetische oder moralische Überlegungen) hingegen werden misstrauisch zur Kenntnis genommen, da sie als von außen an die Theorien herangetragen betrachtet werden können und der Auffassung einer inneren Gesetzmäßigkeit widersprechen. Sie lassen sich als persönliche Vorstellungen über die Natur verstehen, was in starkem Kontrast zum Objektivitätsideal steht. Eine Verteidigung nach folgendem Muster reicht nicht aus, um wissenschaftliche Autorität zu begründen: ‚Theorie A ist eine bessere Erklärung für Sachverhalt X, weil sie schöner ist als Theorie B / weil sie anders als B keine neuen Terme benutzt etc.‘ Dies verstößt gegen die Definition von Wahrheit, die wir für naturwissenschaftliche Aussagen anstreben. Hingegen ist ‚Theorie A ist eine bessere Erklärung für X, da sie mehr Beobachtungen beschreiben kann als B‘ durchaus überzeugend. Unserer Vorstellung von der wissenschaftlichen Methode liegt also ein klassisches Ideal zugrunde, das Teil der Allgemeinbildung geworden ist und unser Weltbild prägt.²

¹ Vgl. Cassirer (2011), S. 126-131.

² Man kann die Auffassung der harten Objektivität von Wissenschaftlichkeit allerdings auch untergraben und gewisse Anforderungen umgehen mit der Auffassung, dass es in der Wissenschaft gar nicht darum geht, die Welt in einem allumfassenden System zusammenzufassen und zu synthetisieren. Es geht nicht um die absolute Sicht auf alles, sondern um Lösungen für praktische Probleme, die bloß ausreichend allgemeine Erklärungen zu geben brauchen, um diese Aufgabe zu erfüllen. Hier möchte ich aber von der größtmöglichen Objektivität als Gebot ausgehen.

1.2. Ordnung und Komplexität der Kriterien der Theorienwahl

Obwohl die moderne Naturwissenschaft mittlerweile tief in unserer Kultur verwurzelt ist, sieht sie sich gelegentlich skeptischen Einwänden ausgesetzt. Diese kommen zum Beispiel von Verfechtern dogmatischer religiöser Naturauffassungen, die den Geltungsanspruch der Wissenschaft reduzieren wollen. Andererseits gibt es auch aus einem wissenschaftlichen Ansatz heraus selbstkritische Entwicklungen wie die Wissenschafts- und Techniksoziologie, die die Objektivität der Forschungspraxis angesichts sozialer und psychischer Phänomene im Labor hinterfragen. Sicherlich hat die Naturwissenschaft nicht auf alle Fragen Antworten parat, und wenn es keine Antworten gibt, ist der Rekurs auf spirituelle Lebenseinstellungen ein Stück weit verständlich. Zudem stellt die naturwissenschaftliche Arbeit, auch innerhalb ihrer Kompetenzen, keine perfekte, von menschlichen Mängeln befreite Tätigkeit dar.³

Aber auch jenseits der metaphysischen und sozialen Fragen steht die wissenschaftliche Methode an sich vor der Herausforderung, für die Vielfalt der an der Theorienbildung beteiligten Faktoren ein geordnetes Verhältnis zu definieren. Wie zuvor erläutert (1.1.2) sind die zwei Kriterien

- a) Beobachtungsadäquatheit und
- b) logische Konsistenz

fundamental, ihre Rolle steht außer Frage. Aus diesen Kriterien allein lassen sich aber viele formal unterschiedliche, empirisch äquivalente Theorien ableiten. Um unter allen möglichen eine Theorie auszuwählen, müssen wir weitere Kriterien anwenden, deren rationaler Status aber fraglich erscheint. Nehmen wir folgende Liste⁴ als Ausgangspunkt zur Erläuterung zusätzlicher Kriterien der Theorienwahl:

- c) Einfachheit: eine weniger komplizierte Theorie ist vorzuziehen;
- d) Ökonomie: eine Theorie, die mit weniger Termen auskommt, ist besser;
- e) Ästhetik: eine Theorie sollte ein Gefühl der Schönheit vermitteln;
- f) Verheißungskraft: eine Theorie gewinnt an Wert, wenn sie weitere Forschungserfolge erwarten lässt;

³ Wolfgang Friedrich Gutmann etwa wertet das wissenschaftliche Weltbild als „Pseudomythos“ ab, aufgrund der in ihr „hypostasierten Abstraktion“, die aus der „Konzentration auf Teilaspekte einer viel volleren Sicht der Realität [...] bei gleichzeitiger Elimination vieler anderer“ resultiert (Gutmann (1991), S. 165). Es geht mir hier aber nicht darum, ob die Wissenschaft alle Fragen des Menschen beantworten kann, sondern ob die Antworten, die sie gibt, nach einer angemessenen rationalen Methode entstanden sind.

⁴ Vgl. Vorlesungs-Protokoll von Olaf Müller: Einführung in die Wissenschaftsphilosophie, WS 2012/13, S. 2.

g) Konservativität: neue Theorien sollten ältere Auffassungen soweit wie möglich integrieren.

Die einzelnen Kategorien stehen allerdings miteinander in Wechselwirkung und weisen das Problem auf, dass nicht alle zugleich befriedigt werden können. Die beiden Kriterien Einfachheit und Ökonomie stehen sogar im Gegensatz zueinander.⁵ Um eine Theorie an komplexe Beobachtungen anzupassen muss sie entweder mit den bestehenden, zur Verfügung stehenden Termen zu einer komplexeren Funktion modifiziert werden oder aber auf neue Terme zurückgreifen, die etwas Komplexeres repräsentieren und ermöglichen, dass die Funktion eine einfachere Struktur annimmt. Wenn versucht wird, die Anzahl von Elementen einzuschränken, muss man die unter ihrem Namen bezeichneten Verhältnisse mittels der verbleibenden Namen und einer umfangreicheren Strukturbeschreibung darstellen.⁶ Aber auch zwischen Einfachheit und Konservativität können Spannungen auftreten, da eine starke Vereinfachung als eine große Abweichung vom bisherigen, überlieferten Zustand einer Theorie gesehen werden kann.⁷

Für die Konservativität spricht das pragmatische Argument, dass sie den effizienten Umgang mit den Ressourcen der Wissenschaft unterstützt. Ohne jegliche Orientierung an der eigenen Tradition müssten in engem zeitlichem Abstand alle an der Forschung beteiligten Personen ihre theoretischen Grundlagen revidieren. Verschlimmert würde dieser Umstand wenn auch das Einfachheitsgebot entfiere und die neu zu lernenden Theorien um ein vielfaches mehr Buchseiten umspannten als bisher. Neben diesen pragmatischen Erwägungen ist die Konservativität aber auch als historisch relatives Kriterium fraglich. Die wahre Theorie des Lichtes, zum Beispiel, sollte nicht nur heute gelten, sondern beschreiben, wie Licht immer war und immer sein wird. Sie sollte nicht davon abhängen, aus welcher Zeit oder Kultur die Menschen stammen, die sie formulieren.

Auch die Abgrenzung der grundsätzlichen Kriterien der Empirie und der Logik von den restlichen scheint nicht offensichtlich zu sein. James McAllister gibt als „science’s standard

⁵ Ein Beispiel aus dem Bereich der natürlichen Sprachen: So wie im Spanischen mit den zwei Begriffen ‚pescado‘ und ‚pez‘ zwischen Fisch als Essen und als Tier unterschieden werden kann (ebenso im Englischen zwischen ‚pork‘ und ‚pig‘), muss man im Deutschen diesen Unterschied mittels eines zusammengesetzten Ausdrucks darstellen. Die Sprache analog zu wissenschaftlichen Theorien verstanden, wäre in diesem Fall der deutsche Wortschatz ontologisch sparsamer, im Englischen und Spanischen hätte man aber einfachere Oberflächenstrukturen zur Verfügung.

⁶ Ebenso entstehen beim Verfahren der Ramseyfizierung durch Umformulierung in Aussagen mit weniger Termen komplexere prädikatenlogische Aussagen. Der eingesparte Term wird durch eine Beschreibung der Struktur, in der er erscheint, ersetzt.

⁷ Vgl. Quine (1976), S. 189f.

means to judge of the truthlikeness or empirical adequacy of theories“⁸ zwei logische Bedingungen (1. interne Konsistenz; 2. Konsistenz mit etablierten erfolgreichen Theorien) und drei empirische an (3. Genauigkeit der Voraussagen; 4. Geltungsbereich der Voraussagen sollte über den ursprünglichen Entwicklungshintergrund hinausgehen; 5. Fruchtbarkeit, neue Phänomene oder Beziehungen zwischen Phänomenen aufzuzeigen).⁹ Damit zeigt er eine methodische Verschränkung der Empirie und Logik mit gewissen konservativen (2. die Konsistenz mit etablierten Theorien) und teleologischen Aspekten an (4. allgemeine Geltung und 5. Verheißungskraft).

Die Schwierigkeit, einzelne Kriterien zu analysieren, trifft nicht zuletzt auch auf den Aspekt der Ästhetik zu. Hier sei erwähnt, dass McAllister mit der Definition von zwei ästhetischen Vorlieben ebenfalls Querverweise innerhalb der Gruppe a) bis g) benennt. Die ästhetisch motivierte Übereinstimmung mit vorherrschenden metaphysischen Annahmen und der analogischen Interpretierbarkeit¹⁰ stellen die Schönheitsmerkmale in den Dienst der Stabilität. Das heißt, auch die Konservativität kann von der Ästhetik profitieren.

In die Komplexität des ästhetischen Kriteriums der Theorienwahl werde ich mich später vertiefen, im Kapitel 2.2.1. Dort werde ich ebenso wie hier aus der Tatsache, dass die Kriterien miteinander verschränkt sind, kein wissenschaftsskeptisches Urteil ableiten. Die empirischen Erfolge der Wissenschaft begründen ihren praktischen Wert. Die theoretische Analyse der wissenschaftlichen Methode dagegen soll helfen sie zu rekonstruieren und damit ihren epistemologischen Status tiefergehend klären.

1.3. Unterschiedliche Anforderungen an Theorienerfindung und Theorienwahl

Die Untersuchung, was die sogenannte wissenschaftliche Methode ausmacht, zeigt also gewisse Schwierigkeiten auf. Für die Entdeckung von Theorien stellt die Feststellung, dass der naturwissenschaftlichen Methode eine vollkommene formale Definition fehlt, dass es ‚die Methode‘ im starken Sinn nicht gibt, ein vernachlässigbares Problem dar. An heuristischen Verfahren stehen zahllose Möglichkeiten offen.¹¹ Das heißt, es lassen sich zunächst allerhand

⁸ McAllister (1989), S. 28.

⁹ Vgl. McAllister (1989), S. 26ff.

¹⁰ Vgl. McAllister (1989), S. 33, 35.

¹¹ Die kreativen Prozesse, aus denen neue Theorien entstehen, dürfen vielfältig sein. Neben der sogenannten Inferenz zur besten Erklärung für empirische Daten kann auch auf rein rationalem Wege, mittels mathematischer Kombination aus etablierten Theorien eine neue formuliert werden. (Vgl. Rivadulla (2010), S. 274f.) Auch irrationale Methoden zur Formulierung neuer Theorien wie Analogien oder zufällige Entdeckungen können sich als mögliche Wege zu theoretischen Erfolgen herausstellen. Das formale rationale Vorgehen in der

Erklärungshypothesen erfinden, die Bestimmung der besten unter ihnen steht, zumindest theoretisch, auf einem anderen Blatt. Schon für den Entdeckungskontext ist es aber aus ökonomischen Gründen erstrebenswert, eine Annäherung an eine Methode zu erreichen. Auf diese Weise kann der wissenschaftliche Fortschritt seine Ressourcen konzentrieren und in wenige, aber erfolgversprechende Richtungen vorantreiben, statt sich in viele zu verirren. Wenn die Formulierung neuer Theorien vollkommen beliebig erfolgt, lassen sich unüberschaubar viele Varietäten zu einem wissenschaftlichen Begriff aufstellen. Die Energie neuer Experimente und theoretischer Weiterentwicklungen würde sich dann in der enormen Menge neuer Ansätze verlieren, da jede neue Möglichkeit eine mathematische und experimentelle bzw. beobachtungsgestützte Überprüfung verlangt.

Für den Bereich der Begründung von Theorien ist die formale Strenge größer als für den Entdeckungskontext. Über die dort bloß erstrebenswerte Präzisierung hinaus scheint es hier, bei der Begründung, notwendig zu sein, über strikte Kriterien zu verfügen, die eine Theorie als wissenschaftlich gelten lassen. Schließlich steht der Begriff der Wissenschaftlichkeit für ein Prinzip, das Gewissheit schaffen und der Desorientierung entgegenwirken soll. Die Auswahlkriterien stellen Aspekte dar, auf denen eine Weltsicht gründet. Man entscheidet sich mit ihnen (mehr oder weniger explizit) für einen Maßstab der Objektivität, für das, was man als Realität oder externe Wahrheit ansehen will. Auf diese Kriterien beruft man sich als eine Art objektive Kontrollinstanz, mit der man die naturwissenschaftlichen Erklärungsmodelle überprüft.

Um als Prinzipien objektiver Begründung zu gelten, sollten die Kriterien möglichst unabhängig von Interpretationen sein, die über formale Analyse hinausgehen. Unbedenklich in diesem Sinne sind intrinsische Kriterien, das heißt Eigenschaften, die sich aus einer Theorie erschließen lassen, im Gegensatz zu extrinsischen Eigenschaften.¹² Extrinsische Kriterien der Theorienwahl, wie etwa die Verheißungskraft und die Konservativität, gehen über die immanenten Qualitäten einer einzelnen, konkreten Theorie hinaus und müssen in Bezug auf den aktuellen theoretischen Kontext ermittelt werden.¹³ Als intrinsische Eigenschaften von

Wissenschaft wird auch durch andere Verfahren ergänzt, die pragmatischen Angemessenheitskriterien entsprechen (so wie kritische Diskussion, Fehlbarkeit, intersubjektive Übereinkunft, erfolgreiche Voraussage). Die Vorstellung, dass es nur eine, genau definierte Methode gibt, entspricht also nicht der Praxis. (Vgl. Rivadulla (2011), S. 234, 236.)

¹² Vgl. Vorlesungs-Protokoll O. Müller, S. 30f.

¹³ Sie stellen Bedingungen dar, deren Erfüllung nicht durch die Theorie selbst gegeben sein kann, sondern von einer Interpretation abhängt, die über formale Analyse hinausgeht. Die Verheißungskraft erschließt sich nämlich erst aus ihrem Nutzen für das Erreichen gewisser Ziele, nicht ihren eigenen direkten Konsequenzen. Man bemisst in diesem Punkt den Wert der fraglichen Theorie anhand ihrer instrumentellen, also mittelbaren

Theorien kommen (neben logischer Widerspruchsfreiheit oder der Anpassung an empirische Daten) auch terminologische oder strukturelle Einfachheit oder mathematische Symmetrie in Frage, denn diese Qualitäten werden ihnen nicht erst durch einen urteilenden Betrachter als Attribute zugeordnet. Das naturwissenschaftliche Ideal der Objektivität impliziert eine derartige Unabhängigkeit vom Betrachter und historischen Umständen, weshalb extrinsische Kriterien in diesem Punkt versagen. Eine derartige formale Strenge ist aber nicht für alle Aspekte der Theorienwahl notwendig. Trotz der philosophischen Probleme, die eine ästhetisch beeinflusste naturwissenschaftliche Rationalität aufwirft, ist eine positive, konstruktive Auffassung der ästhetischen Kriterien möglich, für die ich in dieser Arbeit argumentieren werde.

1.4. Erweiterung des Rationalitätsbegriffs der Naturwissenschaft

Damit möchte ich einerseits einem einfachen Skeptizismus entgegenwirken, der angesichts der vielen auf theoretischen Erkenntnissen basierenden Techniken, die wir täglich benutzen, einen performativen Widerspruch darstellen würde.¹⁴ Die irrationalen Aspekte sind möglichst als legitime Eigentümlichkeiten und Ergänzungen zur Rationalität der wissenschaftlichen Praxis zu begründen. Die in Kapitel 1.2 erläuterten komplexen Beziehungen zwischen den Kriterien der Theorienwahl, deren Verhältnisse nicht abschließend definiert werden können, zeigen, dass die rationale Kritik der wissenschaftlichen Praxis zu keinen klaren Antworten gelangt. Die wissenschaftliche Methode scheint ein heterogenes, nicht eindeutig festgelegtes Verfahren zu sein. Wenn man wiederum auf komplexere Wahrscheinlichkeitsberechnungen zurückgreift, und damit eine formale Perfektion erreicht, beschreibt man ein Modell, das wenig Bezug zur Praxis der Forschung hat.¹⁵ Wenn man emotionale und psychologische Motive mit einbezieht, zu denen letztendlich auch ästhetische Kriterien gehören, wird ein differenzierteres Verständnis von wissenschaftlicher Rationalität möglich.

Der Erfolg etablierter Theorien zeigt, dass die wissenschaftliche Methode trotz formaler Mängel eine gewisse Rationalität verkörpert. Dennoch bleibt aus philosophischer Perspektive die Frage, wie die rationalen Kompromisse einzuordnen sind. Womöglich treibt uns unser

Bedeutung für andere Ziele. Diese teleologische Sichtweise widerspricht dem kausalen Begründungstyp, die paradigmatisch für wissenschaftliche Erklärung steht.

¹⁴ Dies wäre etwa so, als würde sich jemand in einer Radiosendung an die Hörer wenden, um sie davon zu überzeugen, dass die Theorie über elektromagnetische Wellen nichts mit der Realität zu tun hat.

¹⁵ Vgl. Thagard (2003), vor allem S. 379.

Wunsch, über einen absoluten Maßstab zu verfügen, zur fehlerhaften Annahme, Wissenschaftlichkeit stelle uns eben diesen zur Verfügung. Eventuell ist das Konzept der Wissenschaftlichkeit aber auch bloß als ein regulatives Ideal zu verstehen, also als ein Richtungsweiser für eine kontinuierliche Entwicklung, nicht aber als unbedingt zu erreichender Zielpunkt? Ich denke, dass die Idealvorstellung einer strikten Objektivität und Wahrheit für Naturerkenntnisse Verbindungen mit anderen Aspekten unseres Verstandes, wie etwa der Phantasie, eingehen muss.¹⁶ Eine zu strenge Auslegung davon, welche rationalen Kompromisse in der Naturwissenschaft eingegangen werden können, birgt nämlich die Gefahr einer sogenannten pessimistischen Induktion. Wenn man den wissenschaftlichen Fortschritt unter dem Aspekt betrachtet, dass immer wieder neue Theorien alte aufgehoben haben, ist es nur plausibel, davon auszugehen, dass auch die aktuellen Theorien in der Zukunft als überholt gelten werden. Hieraus aber zu schließen, dass unsere aktuellen physikalischen Erkenntnisse falsch sind, wäre eine übertriebene Selbstkritik. Diese Art, über Theorien zu urteilen, gilt auch für die Rationalität, die man der Methode zuordnet. Wenn eine lückenlose rationale Begründung aller Faktoren der naturwissenschaftlichen Forschung notwendig wird – keine Grauzone akzeptiert wird jenseits der formal perfekten Definition der Theorienbildung, auch wenn sie noch im Bereich des empirisch Erfolgreichen liegt – dann kommt man zum Schluss, dass die Naturwissenschaft ein Misserfolg und eine Trugvorstellung ist. Die wissenschaftliche Methode als selbstkorrigierende Metatheorie darf sich an den Unregelmäßigkeiten abarbeiten, kann sie aber nicht als disqualifizierende Einwände behandeln ohne sich selbst zum Opfer zu fallen.

Unter den in der Einleitung erörterten, teilweise gegensätzlichen Einflüssen werde ich mich, wie bereits im Titel der Arbeit angekündigt, auf die Ästhetik als besonders auffälliges Kriterium der Theorienwahl konzentrieren. Hierbei ist die zentrale Frage, ob die Orientierung an ästhetischen Merkmalen als Problem für die Wahrheit, Objektivität oder fachspezifische

¹⁶ Max Planck räumt der Phantasie eine relevante Rolle ein: „Aber auch die strenge wissenschaftliche Forschung kann ohne das freie Spiel der Einbildungskraft nicht vorwärtskommen. Wer nicht gelegentlich auch einmal kausalwidrige Dinge zu denken vermag, wird seine Wissenschaft nie um eine neue Idee bereichern können. Und nicht nur bei der Hypothesenbildung, sondern sogar in der endgültigen Formulierung fertiger wissenschaftlicher Resultate wird oft kausalfreies Denken vorausgesetzt. [...] es folgt die Schilderung des Beispiels, wie Licht auf seinem Weg durch verschiedene Medien gebrochen wird. Die teleologisch begründete Theorie, dass das Licht sich verhält als suche es den schnellsten Weg zum Auge des Betrachters stellt zwar ‚einen merkwürdigen Satz‘ dar. Mithilfe unserer Einbildungskraft, unter Ausklammerung kausalen Denkens, erhalten wir so aber das sehr fruchtbare sogenannte ‚Prinzip der schnellsten Anknüpfung‘“. Vgl. Planck (1944), S. 115f. Dieses eurhythmische Prinzip benutzen Croca und Zee als Beispiel für das Gebot der *Vereinheitlichung* (siehe unten, Abschnitt 2.2.1, S. 16).

Angemessenheit der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse betrachtet und überwunden werden muss.

2. Hauptfrage: Schwächen ästhetische Kriterien die Naturwissenschaft?

Zur Beantwortung dieser Frage werde ich zunächst erläutern, warum die Schönheit für viele Physiker eine starke Rolle spielen kann. Danach zeige ich anhand einiger Beispiele, wie ästhetische Kriterien naturwissenschaftliche Theorien prägen. Anschließend erörtere ich die negativen und positiven Konsequenzen dieser Einflüsse für den Status der Physik als objektive Erkenntnisquelle. Ich werde zugunsten einer positiven Bewertung der Rolle ästhetischer Kriterien als Ergänzung der naturwissenschaftlichen Rationalität argumentieren.

2.1. Ästhetik zwischen Sinneswahrnehmung und Intellekt

Ästhetische Begriffe gebrauchen wir meistens, um jenen Teil der Wahrnehmung zu bezeichnen, der unmittelbar an unsere Sinne gekoppelt ist. Auch wenn die Trennung von sinnlichen und intellektuellen Kategorien auf eine Art angemessen ist, ist diese Dichotomie manchmal irreführend. In Sätzen wie „Diese Blume ist schön“, „Dieses Buch ist schön“, „Dieser Mensch ist schön“ werden nicht ausschließlich Assoziationen an das Aussehen geweckt, also die optische Wahrnehmung referiert. Im Fall des Buches, zum Beispiel, wäre es gebräuchlich, dass man sich auf seinen literarischen Inhalt bezieht. Auch wenn man über die Schönheit eines Menschen spricht, lässt man gelegentlich Wissen über dessen sogenannte innere Werte in das Schönheitsurteil mit einfließen. Die Unterscheidung von Sinneswahrnehmung und Verstand ist natürlich in anderen Fällen durchaus sinnvoll. So unterscheidet sich die Wahrnehmung der Schönheit vom Nachdenken über sie, etwa analog dazu, wie über das Hören von Musik, den Geschmack und Geruch von Essen etc. unabhängig von diesen Empfindungen nachgedacht und kommuniziert werden kann. Ebenso grenzen wir umgangssprachlich unser ästhetisches Empfinden oft dichotomisch vom begrifflichen, rationalen Denken ab, wenn wir auf uns als kognitive Wesen Bezug nehmen. Auch erwähnen wir, wenn wir über Dinge in der Welt sprechen, ihre ästhetischen Qualitäten oft im Gegensatz zu anderen wesentlicheren Eigenschaften, etwa ihrem pragmatischen oder moralischen Wert. Dies ist der Fall in Aussagen wie ‚Das ist aber keine schöne Lösung‘: Das negative Urteil als unästhetisch wird auf eine ‚Lösung‘ bezogen, die ja an sich positiv ist. Die oberflächliche, äußere Form gefällt nicht, dabei wird der eigentliche Zweck doch erfüllt.

Ein Blick in die Begriffsgeschichte der Ästhetik zeigt allerdings, dass derartige umgangssprachliche Unterscheidungen zu kurz greifen. Das zur Debatte stehende Verhältnis zwischen dem Ästhetischen und dem Rationalen besteht nicht einfach aus bloßem Gegensatz, oder gar Widerspruch. Es lässt sich, bei aller Unterscheidung, auch eine gewisse Verknüpfung beider Begriffe weit zurückverfolgen.¹⁷ Für das Konzept des sinnlich Ansprechenden haben viele Wissenschaftler eine metatheoretische Bedeutung gefunden, wie die wiederholte Anwendung ästhetischer Begriffe wie „schön“ oder „harmonisch“ auf kosmologische bzw. physikalische Theorien zeigt. Hermann Weyl stellt eine solche Kontinuität fest:

„Mit den antiken Pythagoräern teilen Kepler, Galilei, Bruno den Glauben an einen nach höchsten und vollkommensten vernunftmäßigen mathematischen Gesetzen geordneten Kosmos, und an die göttliche Vernunft als den Ursprung des Vernunftmäßigen in der Natur, mit welchem zugleich die menschliche Vernunft verwandt ist. Auf dem langen Erfahrungsweg in den folgenden Jahrhunderten hat dieser Glaube je länger, je mehr immer wieder überraschende Teilerfüllungen in der Physik gefunden (die schönste vielleicht in Maxwells wundervoll harmonischer Theorie der elektromagnetischen Vorgänge im Äther); aber immer wieder erwies sich die Natur noch dem menschlichen Geist überlegen und zwang ihn, einen voreiligen Abschluß zugunsten einer tieferen Harmonie wieder zu zerbrechen.“¹⁸

Dieser emotionale Ton lässt sich vor dem Hintergrund verstehen, dass es den Naturwissenschaftlern nicht um jene Art von Schönheit geht, zu der wir uns bloß als außenstehende Beobachter verhalten, sondern um die ergreifende Erfahrung, Beobachtungen als Einblick in die Funktionsweise der Natur zu erleben, also in die Grundlage unserer eigenen Existenz. Das Streben nach Schönheit, Harmonie und Eleganz wird durch konkrete physikalische Forschungserfolge, in denen diese Kriterien zum Tragen gekommen sind, stückweise verwirklicht.

Immer wieder erfordert der Fortschritt naturwissenschaftlicher Erkenntnisse aber auch die von Weyl angesprochenen regelmäßigen Revisionen unserer Vorstellungen darüber, was die Grundsätze der Natur sind. So haben sich mit dem Aufkommen der Quantenphysik indeterministische Erklärungen auf Wahrscheinlichkeitsbasis gegenüber anschaulicherer

¹⁷ Ein kurzer Blick auf die Verwendung von *aisthêsis* (gr.: Wahrnehmung) in der Antike lässt dies erkennen. Platon trennt diese sinnliche Erfahrung von sinnesentobenem Denken, stellt das Sehen aber auch als Paradigma für sinnliches und intellektuelles Erkennen dar. Aristoteles klassifiziert die Wahrnehmung als eine Art von Erkennen, das intuitiv Relevantes erfasst, sich aber als durch die Organe gegebenes wiederum von der reinen Vernunft (*nous*) unterscheidet. Vgl. Thomas Schirren (2002).

¹⁸ Zit. in Mainzer (1988), S. 1.

mechanistischer Kausalität etabliert. Diese neuartigen Auffassungen über die Grundlagen des Universums dienen zwar letztendlich auch zur Erklärung beobachtbarer Dinge, beruhen aber auf einem hohen Grad von Abstraktion. Die Forschungsobjekte sind nur noch im mathematisch gestützten Vorstellungsvermögen greifbar, sie zu beobachten setzt einen enormen theoretischen Überbau voraus. An sich ist dies nichts Neues in der Geschichte der Physik. Zu seiner Zeit war Newtons Postulierung von Gravitation als eine Kraft, die ohne direkten Kontakt wirkt, ebenfalls kontraintuitiv. Seine mathematische Systematisierung setzte sich aber durch und der Gehalt dieser Theorie wurde zum Allgemeinwissen, sodass wir heute die Erklärungen der klassischen Mechanik und ihre Fortentwicklungen als anschaulich empfinden. Auch der Photoeffekt, der die Überwindung der klassischen Mechanik notwendig machte, ist uns heute vertraut, und das Konzept von Strahlung als anschaulicher Begriff zu bezeichnen. Jede Zeit hat mit neuen, zunächst unanschaulichen Theorien zu kämpfen. Angesichts immer weniger als Substanz erkennbarer Entitäten, wie sie etwa die elektromagnetische Theorie über Ladungen und Felder im 19. Jahrhundert erklärte und nutzbar machte, gewinnt eine wissenschaftsphilosophische Position wie der Instrumentalismus an Plausibilität. Wissenschaftlichen Theorien wird dabei Wahrheitsgehalt nur in Hinblick auf ihre Anwendbarkeit zugeordnet, als theoretische Instrumente, die bestimmte Handlungen ermöglichen. Für Henri Poincaré folgte daraus die ontologische Auffassung, dass der realistische Gehalt von erfolgreichen Theorien nur aus ihrem strukturellen Gehalt besteht.¹⁹ Das heißt, dass die jeweils aktuelle Interpretation der in einer Formel genannten Entitäten unserem Verständnis nur als Illustration dient, aber nicht als Wissen über reale Substanzen gelten kann.²⁰ Den wirklichen Erkenntnisgewinn macht dagegen die durch die mathematische Struktur der Gesetze gegebene Darstellung aus. John Worrall griff später auf diese Position zurück, in seinem Argument zur Bewertung des realistischen Gehalts von naturwissenschaftlichen Theorien. Demnach steht die anschauliche Interpretation von theoretischen Termen unter Vorbehalt. Das, was uns die physikalischen Formeln ermöglichen, ist, in ihrer mathematischen Struktur eine Art Blaupause der Natur zu erblicken, nicht aber das wahre Gesicht der referierten Objekte.²¹

Für den Laien ist es vielleicht schwer vorstellbar, dass man eine Theorie verstehen und mit ihr arbeiten soll, ohne genau zu wissen was die Dinge sind, die sie erklärt. Aber für die

¹⁹ Vgl. Poincaré (1914a), S. 165ff.

²⁰ Beispielsweise ist der Äther, auf den sich die Erklärung von Licht einst stützte, dem Bild von Photonen gewichen. Diese wiederum werden heutzutage mit Wechselwirkungskräften erklärt. Vgl. Zee (1993), S. 28f.

²¹ Vgl. Worrall (1989), S. 121f.

Grundlagenphysik seit dem vergangenen Jahrhundert ist dies eine Tatsache. Ihre Arbeit findet auf einer theoretischen Ebene statt, und ihre Objekte erschöpfen sich in mathematischen Abstraktionen.²² Vor diesem Hintergrund ist es nicht allzu erstaunlich, dass anerkannte wissenschaftliche Persönlichkeiten, Naturwissenschaftler, die auf der Tradition des rationalistisch-empiristischen Modells²³ aufbauend die moderne Physik fortzuentwickeln versuchten, in zahlreichen Zitaten die Verbindung von ästhetischer Sensibilität und Wissenschaftlichkeit mehr oder weniger explizit als normativ ansehen.²⁴ Sie sprechen nicht von unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmungen, so wie man das Erleben eines farbigen Sonnenuntergangs als „schöne Farben“ beschreibt, einer reifen Mango einen „leckeren Geschmack“ zuschreibt oder eine Massage als ein „schönes Gefühl“ wahrnimmt. Diese Stimulationen der Sinne könnten als biologische Funktionen beschrieben werden, die unsere Interaktion mit der Umwelt strukturieren. Die hier thematisierten ästhetischen Urteile über physikalische Theorien hingegen setzen ein tiefgehendes mathematisches Verständnis und theoretisches Bewusstsein voraus, also abstraktere kognitive Funktionen.²⁵ Aus diesem Verständnis ergibt sich eine Art naturwissenschaftliche Empfindsamkeit, die neben Poincaré und Weyl auch von Physikern wie Pierre Duhem, Paul Dirac, Werner Heisenberg, und zeitgenössischen wie Gideon Engler, José R. Croca, Anthony Zee wiederholt zum Ausdruck gebracht wird. Das bei ihnen sich abzeichnende Selbstbild des Naturwissenschaftlers zeigt, dass die Ästhetik, metaphysische Vorstellungen, eventuell gar Spiritualität, in der wissenschaftlichen Forschung nicht fremd sind.

²² Bei den Versuchen, mittels einer großen vereinigten Theorie alle Grundkräfte zu vereinigen, wird zum Beispiel mit 24dimensionalen Darstellungen operiert. Vgl. Zee (1993), S. 313.

²³ Der Methode von Hypothese gefolgt von Überprüfung (siehe oben, Abschnitt 1.1.2).

²⁴ Gleichzeitig wird damit impliziert, dass das Verhältnis gespannt bleibt: Die Übereinstimmung von Schönheit und Wahrheit muss herbeigeführt werden und liegt nicht einfach zutage. Das Desiderat ist damit gleichzeitig eine Feststellung, dass die Schönheit der Wissenschaft nicht trivial ist. Zwischen Ästhetik und Wissenschaftlichkeit herrscht also ein spannungsreiches Verhältnis, das auf die Komplexität der Theoriebildung als vom Menschen geschaffene Repräsentation der Natur verweist.

²⁵ Poincaré hebt den intellektuellen Aspekt des ästhetischen Empfindens der theoretischen Physiker hervor, das sich auf die mathematische Form beziehe: „Ich spreche hier, wohlverstanden, nicht von einer Schönheit welche die Sinne berührt, nicht von der Schönheit der Eigenschaften und Erscheinungen; nicht, weil ich das verachte, davon bin ich weit entfernt, aber diese Art Schönheit hat nichts mit der Wissenschaft zu tun; ich will von der viel intimeren Schönheit reden, welche aus der harmonischen Ordnung der Teile hervorgeht und welche von der reinen Intelligenz erfaßt werden kann. [...] So sehen wir, daß die Sorge um das Schöne uns zu derselben Wahl führt wie die Sorge um das Nützliche.“ Poincaré (1914b), S. 12f.; „Mit Verwunderung wird man bemerken, daß hier bei Gelegenheit mathematischer Beweise, die doch nur von der Intelligenz abhängig zu sein scheinen, die Sensibilität in Betracht kommen soll. Aber man wird es verstehen, wenn man sich das Gefühl für die mathematische Schönheit vergegenwärtigt, das Gefühl für die Harmonie der Zahlen und Formen, für die geometrische Eleganz. Das ist ein wahrhaft ästhetisches Gefühl, welches allen wirklichen Mathematikern bekannt ist, dabei ist in der Tat Sensibilität im Spiel.“ Poincaré (1914b), S. 47f., englische Übersetzung zitiert in Engler (1990), S. 25.

2.2. Ästhetische Normativität in der Naturwissenschaft

Im Folgenden werde ich in Beispielen anführen welche ästhetischen Kriterien der Theorienwahl von namhaften Physikern als Leitideen erwähnt werden (2.2.1), und wie sie in konkreten Theorien wirksam wurden (2.2.2).²⁶

2.2.1. Ästhetische Idealvorstellungen

Die ästhetischen Kriterien der Theorienwahl werden von mehreren bedeutsamen Physikern erstaunlich offen als maßgebliche Bestandteile ihrer Methode erwähnt, zumindest was ihre Begeisterung für die mathematische Schönheit als Vollendung der Vernunft betrifft. Sie legen nahe, dass es eine enge Verbindung zwischen Schönheit und Wahrheit gibt. So sagt Paul Dirac, dass „[i]t is more important to have beauty in one’s equation than to have them fit experiment. [...] It seems that if one is working from the point of view of getting beauty in one’s equations, and if one has really a sound insight, one is on a sure line of progress.“²⁷ Roger Penrose ordnet ästhetische Erwägungen als wichtigstes Kriterium nach Beobachtungsadäquatheit und logischer Widerspruchsfreiheit ein: „Rigorous argument is usually the last step! Before that, one has to make many guesses, and for these, aesthetic convictions are enormously important – always constrained by logical arguments and known facts.“²⁸ Albert Einsteins allgemeine Relativitätstheorie fand trotz der Tatsache, dass sie 40 Jahre lang eine der am wenigsten überprüften Theorien in der Physik war, großen Anklang unter Physikern.²⁹ Hermann Weyl bekräftigt diese Haltung: “My work always tried to unite the true with the beautiful, but when I had to choose one or the other, I usually chose the beautiful.“³⁰ Auch Henri Poincaré spricht von der Schönheit mathematischer Strukturen als Indiz für ihre Objektivität, da sie der Schönheit und Harmonie der Realität entsprechen.³¹

²⁶ Die Feststellungen namhafter Wissenschaftler über Schönheit in den nachfolgenden Zitaten werde ich nicht hinterfragen. Eine mathematisch und physikalisch fundierte Kritik der nachfolgenden Zitate würde meine Kenntnisse in diesen Bereichen und den Umfang der vorliegenden Arbeit übersteigen. Daher gehe ich für den Zweck dieser Arbeit von den Äußerungen der Physiker als relevante Phänomene für die naturwissenschaftliche Rationalität aus. Die individuellen Aussagen können natürlich nicht exemplarisch für alle Naturwissenschaftler gesehen werden. Es handelt sich aber um Bekenntnisse erfolgreicher Forscher, die ihren Leistungen ein Schönheitsmotiv zuschreiben und ästhetischen Kriterien eine entscheidende Rolle in der Physik zuordnen.

²⁷ Zit. in McAllister (1989), S. 28.

²⁸ Zit. in Engler (1994), S. 208.

²⁹ Vgl. Engler (2002), S. 35 und 36, Anm. 14.

³⁰ Zit. in Engler (1990), S. 24.

³¹ “Mais ce que nous appelons la réalité objective, c’est, en dernière analyse, ce qui est commun à plusieurs êtres pensants, et pourrait être commun à tous; cette partie commune, nous le verrons, ce ne peut être que l’harmonie exprimée par des lois mathématiques. C’est donc cette harmonie qui est la seule réalité objective, la seule vérité que nous puissions atteindre; et si j’ajoute que l’harmonie universelle du monde est la source de

Ähnlich äußert sich Werner Heisenberg über das „Streben nach harmonischer Ordnung“ und über ästhetische Ausgewogenheit als Zeichen der Wahrheit: „In jedem Fall bemißt sich der Wert einer wissenschaftlichen Leistung nicht nach dem Gegenstand, d. h. nicht nach der menschlichen Bedeutung des Materials, erst recht nicht nach irgendeinem ‚praktischen Nutzen‘, sondern nur nach der Schönheit und nach der fruchtbaren Kraft der ausgesprochenen Strukturen.“³² Pierre Duhem schreibt in seiner Wissenschaftstheorie vom ästhetischen Effekt erfolgreicher Theorien, der eine Korrelation von Schönheit und Wahrheit zeige, wenn er nicht gar als nachträgliche Bestätigung erfahren werde.

„Überall wo Ordnung herrscht, herrscht auch Schönheit. Die Theorie bewirkt daher nicht nur, dass die Gruppe von physikalischen Gesetzen, die sie darstellt, leichter, bequemer und fruchtbringender anwendbar werden, sondern dass sie auch schöner wird. Verfolgt man den Gang einer der großen Theorien der Physik, wie sie sich majestätisch entfaltet, wie aus den ersten Hypothesen ihre geordneten Deduktionen folgen, wie ihre Ergebnisse eine Fülle experimenteller Gesetze bis ins kleinste Detail darstellen, dann ist es ausgeschlossen, daß man nicht von der Schönheit eines solchen Baues hingerissen wird, das man nicht eine solche Schöpfung des menschlichen Geistes als wahres Kunstwerk empfindet. [...] Dieses ästhetische Gefühl ist nicht das einzige Gefühl, welches eine Theorie, die einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht hat, hervorruft. Sie erweckt in uns auch die Überzeugung, daß sie als *naturgemäße Klassifikation* betrachtet werden müsse.“³³

Wie bereits im Kapitel 1.2 angesprochen, führen die verschiedenen Versuche, ästhetische Grundeigenschaften von Theorien zu bestimmen, zu Querverweisen auf andere Begriffe. Im letzten Zitat etwa wird deutlich, dass die positiven ästhetischen Eigenschaften auch ökonomische Vorteile mit sich bringen. Der ‚praktische Nutzen‘, den Heisenberg verwirft, ist also nicht so eindeutig von ästhetischen Phänomenen zu trennen. Auch der Versuch des Physikers Gideon Engler, unter den ästhetischen Kriterien eine Hierarchie aufzustellen, führt zur Feststellung von Komplexität statt klarer Definition.³⁴ Neben dem mathematischen Schönheitsideal der Symmetrie zählen ihm zufolge auch Aspekte wie Einfachheit, Ordnung, Kohärenz, Einheit, Eleganz und Harmonie zu den ästhetischen

toute beauté, on comprendra quel prix nous devons attacher aux lents et pénibles progrès qui nous la font peu à peu mieux connaître.” Poincaré (1908), S. 9f.

³² Zit. in Scholtz (1991), S. 275.

³³ Duhem (1908), S. 25.

³⁴ „None of these concepts is easy to define but one has to rely on the intuition and experience of the scientists as to the existence of such properties in a given relation.” Engler (1990), S. 28.

Kriterien der Theorienwahl. Symmetrie könne in ihrer Bedeutung kaum überschätzt werden und trage einen großen Teil zur Einfachheit bei.³⁵ Einfachheit unterscheidet Engler wiederum in ontologische Sparsamkeit und strukturelle Einfachheit der mathematischen Form, wobei er in Bezug auf das Gleichgewicht zwischen beiden Faktoren zu einem ähnlichen Schluss kommt wie ich in Abschnitt 1.2 erwogen habe: Es gibt keinen Maßstab für die globale Einfachheit von Theorien.³⁶ Ordnung und Kohärenz ließen sich wiederum auf ihren Beitrag zur Einheit reduzieren. Und diese sei etwas, das Naturwissenschaftler als Merkmal eines gesetzmäßig strukturierten Universums zu beweisen streben.³⁷

Dieses Muster kausaler Beziehungen zwischen formalen Eigenschaften von Theorien und ihren ästhetischen Wirkungen findet sich auch beim Physiker und Philosophen José R. Croca. In seinem Fall wird Vereinheitlichung als Wirkung anderer ästhetischer Motive beschrieben.³⁸ Er argumentiert, dass ein ästhetischer Begriff wie Eurythmie (griechisch für: der richtige, adäquate Weg) als verbindliches Merkmal von Gravitation, Elektromagnetismus und Quantenphysik wirksam ist. Auch der theoretische Physiker Anthony Zee weist darauf hin, dass im 18. Jahrhundert das Fermatsche Prinzip der ‚schnellsten Ankunft‘ zur Erklärung von Lichtbrechung in verschiedenen Medien als derart attraktiv aufgefasst wurde, dass man wünschte, es auch für andere Bereiche nachzuweisen. Aus dem optischen Grundsatz wurde dann tatsächlich auch ein mechanischer, das Prinzip der kleinsten Wirkung.³⁹ Wenn hierdurch eine Vereinheitlichung verschiedener physikalischer Theorien möglich wird, dann werden außerdem die Kriterien der Einfachheit und der ontologischen Sparsamkeit (c) und d) aus Kapitel 1.2, (siehe oben) gleichzeitig befriedigt. Diese Entwicklung überzeugt aufgrund der zunehmenden Kohärenz, die sie der Physik als Ganzes verleiht. Zee würdigt diese Rolle der Eurythmie mit seiner Einschätzung, dass „das Wirkungsprinzip von universeller Gültigkeit ist und in der gesamten Physik angewandt werden kann“.⁴⁰

Derartige Erfolge der Vereinheitlichung treten aber nicht als Prozess kontinuierlicher Steigerung auf. Vielmehr wird hier mit dem Begriff der Vereinheitlichung eine dynamische Entwicklung bezeichnet, in der gegenläufige Tendenzen periodisch überwunden werden. Je

³⁵ Vgl. Engler (1990), S. 29.

³⁶ „[T]here is no measure of the overall simplicity of theories.“ Engler (1990), S. 30.

³⁷ Des Weiteren bezeichne ‚Eleganz‘ die geschickte mathematische Beweisführung, in der auf formaler Ebene überraschend, aber gleichermaßen kreativ und überzeugend, hergeleitet wird. ‚Harmonie‘ stehe für wohlproportionierte Strukturen und suggeriere damit eine für viele Wissenschaftler attraktive Nähe zur Kunst. Vgl. Engler (1990), S. 30.

³⁸ Vgl. Croca (2012), S. 33.

³⁹ Vgl. Zee (1993), S. 128ff.

⁴⁰ Zee (1993), S. 134.

nachdem, auf welchen Moment der Geschichte der modernen Grundlagenphysik man schaut, kann man eine Vereinigung feststellen oder aber den Gegensatz, nämlich eine Phase, in der die mathematische Komplexität der Theorien durch eine Vielfalt von Beobachtungsdaten bzw. Erklärungsversuchen hierfür erhöht wird. Jene Phase der theoretischen Vereinheitlichungen sieht man etwa in Einsteins Zusammenführung von Raum und Zeit, gefolgt von der Gleichung von Masse und Energie, bis hin zur Erklärung der Schwerkraft als Konsequenz der variablen Raumzeit-Krümmung.⁴¹ Auf der abfallenden Seite der Kurve, mit der man diese periodischen Schwankungen von Vereinheitlichung beschreiben könnte, finden sich Momente der „phänomenologischen Betrachtungsweise“, in der zur Beschreibung neuer Zusammenhänge neue Entitäten postuliert werden (in der Teilchenphysik Neutrinos, Quarks, Leptonen usw.).⁴²

Mit einer ähnlichen Dynamik wird zum Beispiel das ästhetische Ideal der Symmetrie erst als einheitliche Grundform der Natur bestätigt, indem sie die Entdeckung neuer Entitäten anleitet: Das Universum wird in der Betrachtung vereinheitlicht. Andererseits folgt darauf die Entwicklung neuer Theorien aufgrund eben dieser Symmetrieannahme und führt zu einer steigenden Komplexität: Das Universum wird unübersichtlicher bevölkert. Welchen Schluss man hieraus zieht, ob man die Momente der Harmonisierung unter einer Theorie oder den Ausbau der Komplexität als wesentlich für die Naturwissenschaft betrachtet, scheint beliebig zu sein. Wenn sie zu solchen Konsequenzen führen, wären ästhetische Ideale wie Symmetrie oder Vereinheitlichung dann nicht unmöglich als Elemente naturwissenschaftlicher Rationalität zu verteidigen? Ich denke, dass dieser Gedanke nicht zutrifft, da man die momentanen Richtungen dieser Dynamik, die einzelnen Phasen, vom absoluten Entwicklungszustand der Physik unterscheiden muss. Dass der Theorienbestand abwechselnd einheitlicher und komplexer wird, mag man als einen Schritt nach vorne gefolgt von einem Schritt zurück bezeichnen, aber diese Schritte sind nicht gleich groß. Vielmehr steht nach jeder Periode die Physik auf einer höheren Erkenntnisstufe, wie der durch sie ermöglichte technische Fortschritt zeigt. Ästhetisch motivierte Entdeckungen wie die Vereinheitlichung rechnet man der Naturwissenschaft rückblickend als Fortschritt an, obwohl ihre Ausweitung auf alle Theorien ein Wunsch bleibt. Als ästhetischer Einfluss auf die Physik sind sie aber

⁴¹ Vgl. Engler (2002), S. 32. Auch Zee beschreibt eine solche Dynamik als wünschenswert: „Vielleicht entdecken wir eines Tages, daß die Quantengesetze selbst Näherungen noch fundamentalerer Gesetze sind. Tatsächlich hoffen die Physiker, daß sich ihr gegenwärtiges Rezept eines Tages aus einem anderen ableiten läßt, das kürzer ist und eleganter in der Form und universeller in der Anwendung ist.“ Zee (1993), S. 174.

⁴² Vgl. Zee (1993), S. 19, 306, 317.

positiv zu bewerten und dass sie als Desiderat bestehen bleiben ist ein Effekt des durch sie begünstigten tieferen Naturverständnisses.

Wie schon in Abschnitt 2.1 erwähnt, werden die hier diskutierten Schönheitskriterien nicht auf sinnliche, sondern intellektuelle Wahrnehmungen bezogen. Erst auf diesem abstrakten Niveau der theoretischen Physik können die ästhetischen Kriterien die tiefgreifende Rolle spielen, die sie im aktuellen Naturverständnis haben. Das immer wieder erwähnte Merkmal der Symmetrie ist einerseits nur mit mathematischer Einsicht zu erfassen, kann aber wiederum auch sehr anschaulich analog zur optischen Schönheit symmetrischer Muster verstanden werden. Damit wird die Vorliebe für symmetrische Naturgesetze intuitiver verständlich, ohne sie auf das sinnliche Niveau zu reduzieren. Klaus Mainzer zeigt, dass je tiefer eine naturwissenschaftliche Untersuchung in die Grundlagen eindringt, je stärker die Theorienreduktion ist, desto mehr die resultierenden Theorien mit starken Symmetrievorstellungen korrelieren.⁴³ Diese Feststellung, dass bei zunehmender Abstraktion die immer stärker mathematisch begründete Formulierung sich immer weiter von der direkt beobachtbaren Natur entfernt, ist ein Indiz dafür, dass Symmetrie eine mächtige Leitidee ist. Je mehr der Mensch verborgene Kausalitäten erklären muss, desto mehr tendiert er dazu, der Natur ein Symmetriebild aufzudrücken. Solange diese abstrakten Erklärungen aber empirisch nicht widerlegt werden, die Natur sich, salopp gesprochen, nicht dagegen wehrt, bleibt Symmetrie ein erfolgreiches Kriterium. Auch Anthony Zee sieht Symmetrie als wohlbegründetes überragendes Merkmal für Erfolg und Akzeptanz neuer physikalischer Theorien. Symmetrie wird bei Zee gewissermaßen zur ‚formalen Ursache‘, im aristotelischen Sinn, der Naturwissenschaft erklärt.^{44,45}

⁴³ Mainzer (1988), S. 605.

⁴⁴ Zee (1993), S. 325ff.

⁴⁵ Spielt die Symmetrie nur eine heuristische Rolle, das heißt, sie motiviert die Entdeckung von Theorien, nicht aber ihre Begründung, oder ist auch die Akzeptanz dieser Theorien auf ihre symmetrischen Eigenschaften zurückzuführen? In dieser Frage komme ich zu keinem abschließenden Urteil. Ich sehe das Problem, dass der Begründungskontext in den Kriterien des Entdeckungskontextes aufzugehen droht, das heißt, Heuristik und Begründung verlaufen nach ähnlichen Vorstellungen und heben die kritische Funktion des letzteren auf. Da in der neueren theoretischen Physik meist keine unmittelbar beobachtbaren Beweise erbracht werden, die auf klassischer mechanistischer Anschaulichkeit beruhen, macht die mathematische Vereinbarkeit mit bereits etablierten Theorien den Glauben an ihre Wahrheit plausibel. Der privilegierte Status der Symmetrie als formales Merkmal einer Theorie wird daher schon wie eine Bestätigung behandelt, auch wenn später häufig Einschränkungen der Gültigkeit folgen.

2.2.2. Ästhetische Einflüsse in erfolgreichen Theorien

Die soeben erläuterten Idealvorstellungen umschreiben exemplarisch, was Naturwissenschaftler unter dem formal nicht ausreichend definierbaren Begriff der Schönheit verstehen. Im Folgenden nenne ich kurz einige konkrete Beispiele, wie in der Physik in Orientierung an ästhetischen Kriterien erfolgreiche Theorien formuliert wurden.

Auffallend ist die Vorliebe vieler Physiker, symmetrische Strukturen in der Natur nachzuweisen. Niels Bohrs Atommodell war kugelsymmetrisch, das heißt der Kern und die ihn umgebende Elektronenhülle hatten keine räumliche Ausrichtung. Bekanntermaßen musste dieses Planetenmodell aber bald durch Kunstgriffe an komplizierte Beobachtungen angepasst werden.⁴⁶ Eine Lösung für diese Probleme war Erwin Schrödingers quantenmechanische Wellengleichung, die eine mathematische Vereinfachung darstellt und ihrerseits eine zweifache Symmetrie aufweist.⁴⁷ Die Vereinigung von elektromagnetischer Kraft mit der schwachen Wechselwirkung (1967 durch S. Weinberg, A. Salam und S. Glashow) erfolgte ebenfalls in einem symmetrischen Gesetz.⁴⁸

Ein weiteres naturphilosophisches Motiv ist das Ideal der Vereinheitlichung. Dabei handelt es sich gewissermaßen um einen grundsätzlichen, wesentlichen Zug der Wissenschaft, komplexe Phänomene zu systematisieren und dadurch verständlich zu machen. Die Überführung von Theorien in symmetrische Funktionen stellt auch eine Vereinfachung dar. Der Wert der Einheitlichkeit für die Physik erklärt sich also zusätzlich durch ihren Anteil an der Verwirklichung einer anderen ästhetischen Norm.

James Clerk Maxwell formulierte mit seinen Gesetzen der Elektrodynamik die Einheit der Grundlagen von Elektrizität, Magnetismus und Optik. Die vereinheitlichende Leistung dieser Entwicklung wird noch immer als besonders wichtiger Fortschritt erwähnt. Während Maxwell sie um 1862 vorausgesagt hatte, wurden sie schließlich in der Lorentz-Gruppe formuliert und von Heinrich Hertz experimentell bestätigt.⁴⁹ Der Wunsch nach Vereinheitlichung trat auch in Bezug auf die vier Grundkräfte auf. David Hilbert strebte eine solche Vereinigung der relativistischen Gravitationsgleichungen mit den elektrodynamischen Gleichungen von Gustav Mie an, sie wurde aber erst mit der Quantenmechanik vollzogen.⁵⁰

⁴⁶ Diese Entwicklung entspricht der oben erwähnten Regel, wonach jede Vereinfachung von einer ‚phänomenologischen‘ Phase der Anhäufung von Komplikationen gefolgt wird. Siehe oben, Kapitel 2.2.1, S. 17.

⁴⁷ Vgl. Mainzer (1988), 7f.

⁴⁸ Vgl. Mainzer (1988), S. 10f und 482f.

⁴⁹ Vgl. Mainzer (1988), S. 5f.

⁵⁰ Vgl. Mainzer (1988), S. 7

In der fortlaufenden Suche nach einer umfassenden vereinheitlichten Theorie (der sogenannten *Grand Unified Theory*) bleibt die Vereinheitlichung ein aktuelles Motiv:

„Die Vereinigung aller vier Grundkräfte in einer Symmetriegruppe liegt bisher weitgehend nur ansatzweise in mathematischen Modellen vor. [...] Diese Theorie sagt eine winzige Ausdehnung voraus, in der es keine grundlegenden Unterschiede zwischen Quarks und Leptonen oder zwischen der starken, schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkung gibt, sondern nur eine Art von Materie und nur eine Grundkraft. [...] Eine moderne Theorie der aristotelischen ‚materia prima‘ mit *Supersymmetrie*, in der alle vier Kräfte ununterscheidbar sind, wird schließlich in der Theorie der Supergravitation angestrebt.“⁵¹

Die Wirkung des Glaubens an die Normativität von Ästhetik zeigt sich auch im Fall der Yang-Mills-Eichfelder. Diese Theorie der Elementarteilchen stellte zwar die bisher bekannte Beschaffenheit von Materie in Frage, war aber sehr attraktiv durch ihre Symmetrie und vereinfachende Wirkung analog zu Maxwells Elektrodynamik. Schließlich musste die Theorie der Yang-Mills-Eichfelder in ihrer Anwendungsmöglichkeit und mittelbaren experimentellen Überprüfung stark eingeschränkt werden. Der Glaube an die ästhetischen Vorlieben als Wahrheitsindikatoren wird also gelegentlich auch revidiert, zeichnet sich aber dadurch aus, dass er erste empirische Widerlegungen überleben kann.⁵²

Angesichts der vielen unstrittigen Erfolge in der Geschichte der Physik könnte man nun geradezu geneigt sein, die Hauptfrage meiner Arbeit wieder aufzugreifen und provokant zu beantworten: Nicht der ästhetische motivierte Naturwissenschaftler unterliegt dem schädlichen Einfluss von Trugbildern, indem er seine Schönheitsvorstellungen als Indiz für Wahrheit begreift. Stattdessen trifft der Vorwurf, dass falsch eingeschätzt wird, welche Kriterien der Theorienwahl zulässig sind, auf die Gegenseite zu: jene Wissenschaftstheoretiker, die im Beharren auf der Rationalität der vermeintlich harten Fakten die harte Faktizität der empirischen Erfolge ästhetisch motivierter Theorien verkennen.

Die aufgezählten Beispiele illustrieren in diesem Sinne die konstruktive Beteiligung ästhetischer Urteile am physikalischen Fortschritt. Aber die Autorität der Persönlichkeiten, die hier sprechen, hebt nicht die Grundfrage auf: Ist es gerechtfertigt, Wahrnehmung und Erkenntnis derart zu verknüpfen, dass Schönheit als ein verlässliches Indiz für Wahrheit gilt?

⁵¹ Mainzer (1988), S. 11.

⁵² Vgl. Mainzer (1988), S. 477f.

2.3. Probleme oder Erkenntnisgewinn durch ästhetische Theorienbegründung?

In diesem Abschnitt werde ich untersuchen, inwiefern die erläuterte Tendenz zu ästhetischen Beurteilungskriterien negative oder positive Implikationen nach sich zieht. Dabei betrachte ich zuerst den problematischen ontologischen Status ästhetischer Begriffe (2.3.1). Anschließend führe ich mit drei Hauptargumenten auf eine negierende Antwort auf die Ausgangsfrage hin: Erstens lässt die Rolle, die ästhetische Urteile im Prozess der Theorienbegründung haben, keinen bedrohlichen Einfluss auf die Wahrheit der Theorien zu (2.3.2.1); zweitens werden die ästhetischen Kriterien nicht bloß von außen an die Naturwissenschaft herangetragen, sondern entstehen mit ihr als stabilisierende Faktoren (2.3.2.2); drittens ergänzen ästhetische Phänomene die rein begriffliche, sprachlich repräsentierte Vernunft um weitere Aspekte der Wahrnehmung, die einen eigenen wertvollen Beitrag leisten (2.3.2.3).

2.3.1. Negativer Aspekt: Ästhetische Begriffe sind subjektiv

Aufgrund ihres subjektiven Ursprungs scheinen ästhetische Werte in besonders starkem Gegensatz zu extern begründeter Wissenschaftlichkeit zu stehen. Sie sind Gegenstand unmittelbarer Erfahrung und nicht auf objektive Begriffe reduzierbar. Das Gefühl, etwas Schönes wahrzunehmen, ist ein psychisches Phänomen. Schönheit wird Dingen als Eigenschaft zugeschrieben, der ästhetische Sinn selber ist aber nicht anhand von objektiv messbaren Aspekten definierbar. Die Objekte, die in uns Schönheit als Qualität einer Wahrnehmung erscheinen lassen, können wir als Gegenstände (Bilder, Melodien, Berührungen) recht präzise beschreiben und unterscheiden. Ein Musikstück oder ein Bild hat bestimmbare zeitliche, chemische oder auch wirtschaftliche Eigenschaften. Physikalische Begriffe wie Temperatur, Gewicht oder Bewegung, die uns durch sensorische Fähigkeiten der Haut, des Innenohrs etc. subjektiv präsent sind, sind als Terme in etablierten physikalischen Theorien definiert. Dem unmittelbar an ihre Wahrnehmung gekoppelten Gefühl, das in uns entsteht, mangelt es hingegen an einer solchen theoretischen Objektivierung. So wie wir einer Handlung nicht ansehen was sie moralisch oder unmoralisch macht, sondern uns selber befragen müssen, wie wir zur ihr stehen, steht die Frage nach dem Wesen von Schönheit ebenfalls unbeantwortet da. Was ästhetischen Gehalt als eine besondere Qualität der Wahrnehmung konstituiert, ist nicht in einer quantifizierten Gleichung darstellbar: Wir verfügen über keine Maßeinheit für Schönheit.

Die Anwendung ästhetischer Urteile auf naturwissenschaftliche Theorien scheint Begriffe einer Kategorie auf Begriffe einer anderen Kategorie derart in Beziehung zu setzen, dass die Reinheit der naturwissenschaftlichen Begriffe aufgehoben wird. Denn die ästhetischen Begriffe ‚schön‘ oder ‚hässlich‘ bezeichnen in erster Linie die Empfindungen der Betrachter, nicht jedoch das Betrachtete, was das eigentliche Objekt der Naturwissenschaft darstellt.

Demnach stellen ästhetische Vorlieben Werte dar, womit sie – der gebräuchlichen Dichotomie zufolge – von Tatsachen, Fakten zu unterscheiden sind. Zudem sind sie noch mehr als andere bewertungsabhängige Begriffe von Grund auf im persönlichen Urteil verankert. In Hinblick auf die Bewertung des Gleichgewichts von formaler Einfachheit und ontologischer Ökonomie hatte ich festgestellt, dass man vor einem formalen Problem zur Bestimmung des Verhältnisses beider Faktoren steht. Im Gegensatz zu den ästhetischen Kriterien lassen sich diese beiden Faktoren wenigstens für sich genommen formal definieren. Bei ästhetischen Begriffen wie ‚Schönheit‘ sieht es aber problematischer aus.⁵³ Auch wenn man sie nicht als individuelle persönliche Vorlieben versteht, sondern als intersubjektive oder kulturelle Tatsachen, so bleiben es dennoch in jedem Fall menschliche Konventionen. Dadurch, dass Überzeugungen von mehreren Personen geteilt werden, stellen sie noch keine im strengen Sinne objektive Wahrheit dar. Sie sind demnach weiter entfernt davon, eine Begründung zu ermöglichen, die unabhängig vom wertenden Subjekt sein und nur auf theorieimmanenten Eigenschaften beruhen soll. Dadurch stehen sie im Konflikt mit der kognitivistisch-realistischen Anforderung an die Wissenschaft.⁵⁴ Wenn man diesen Vorwurf der Subjektivität für ästhetische Urteile aufheben möchte, müsste eine universelle natürliche Grundlage festgestellt werden. Als derartige Grundlage kämen sowohl subjekt-interne als auch subjekt-externe Ursprünge in Frage, solange begründet wird, dass sie konstant und vom Einfluss des Einzelnen unabhängig sind. Durch eine derartige Begründung entfielen dieser Kritikpunkt, weil ästhetische Urteile dann entweder als Teil unserer Erkenntnisbedingungen, unserer inneren Natur aufgefasst würden, oder als Teil der zu erkennenden Natur. Für die Plausibilität dieser Auffassung werde ich weiter unten argumentieren, im Kapitel 3 (Ausblick).

⁵³ „Der Gegenstand der Ästhetik, der Sinn der zu ihrem Aufbau benötigten Wörter und die Geltung ihrer Sätze bedürfen nach wie vor der grundsätzlichen Klärung.“ Gatzemeier und Gerhardus (1995).

⁵⁴ Siehe oben, Kapitel 1.1.

2.3.2. Positive Aspekte

2.3.2.1. Ästhetische Kriterien haben nur einen sekundären Einfluss

Als Erwiderung auf den negativen Einwand in 2.3.1 werde ich zunächst das Problem der Rolle ästhetischer Begriffe in der Naturwissenschaft relativieren und dadurch jenen Einwand entkräften. Hierzu reicht es, daran zu erinnern, dass die ästhetischen Urteile in der Physik nicht auf die Beobachtungen bzw. Messungen direkt angewendet werden. Die ästhetische Beurteilung wird im Fall der naturwissenschaftlichen Theorienwahl auf Objekte angewendet, die an sich keine sinnlichen Phänomene mehr sind, sondern Abstraktionen, die aus mathematischen Zeichen bestehen. Die Theorien sind nämlich in der Phase der ersten Überprüfung keineswegs als Abbild der Natur zu verstehen, sondern als hypothetische Erklärungen für gewisse Datensätze. Die Auswertung des in den Theorien enthaltenen Wissens geschieht demnach nur in Hinsicht auf die Zeichen, in die dieses Wissen umgesetzt wurde.⁵⁵ Daher ist das, was dem ästhetischen Kriterium unterworfen wird, bereits einen Grad von der bloß subjektiven Sphäre entfernt in ein objektivierendes Medium gesetzt. Auch wenn der starke Vorwurf der subjektiven Beliebigkeit bei der ästhetischen Begründung einer Theorienwahl begründet wäre, so trifft er ins Leere. Dies wird klar, wenn man bedenkt, dass die ästhetischen Kriterien auf Theorien angewendet werden, die den fundamentalen Kriterien der logischen Konsistenz und Beobachtungsadäquatheit standhalten. Diese Eigenschaft wird nicht mehr verfälscht. Die Entitäten mit diesem objektiven Status können also bedenkenlos einem weiteren Prozess der Selektion, unterzogen werden, ohne an Wissenschaftlichkeit einzubüßen.

2.3.2.2. Ästhetische Kriterien als stabilisierender Faktor

Im Kapitel 2.2.1 habe ich dargestellt, dass zur ästhetischen Bewertung von Theorien Begriffe verwendet werden, die auf andere Kategorien innerhalb des Kriterienspektrums verweisen. In Anlehnung an diese Schwierigkeit, den Inhaltsbereich der Ästhetik abzugrenzen, werde ich nun auf der Ebene der Unterscheidung von theorieintrinsischen und theorieextrinsischen Kriterien zeigen, dass auch dort eine begriffliche Komplexität herrscht. Diese lässt sich aber zu einem positiven Schluss hinführen.

⁵⁵ Ernst Cassirer erläutert diese Charakteristik der mathematischen Naturwissenschaft: “[D]as *Maß* ihrer Exaktheit liegt geradezu darin, daß sie nur solche Aussagen zuläßt, die der Umsetzung in Zeichen fähig sind, und zwar in solche Zeichen, deren Sinn streng und eindeutig definiert werden kann” Cassirer (2002), S. 50.

In den bisher genannten Zitaten habe ich erläutert, wie verschiedene Eigenschaften von Theorien als relevant für ihre ästhetische Beurteilung angesehen werden. Um sie als naturwissenschaftliche Kriterien zu verteidigen, schien es wünschenswert, eine intrinsische Begründung für den ästhetischen Wert einer Theorie zu finden. Dass die Merkmale aber nicht unbedingt intrinsischer Art sein müssen, um die Rolle von Schönheit in der Wissenschaft als angemessen zu begründen, wird in James McAllisters Ansatz deutlich.⁵⁶ Mit Hilfe seiner Betonung der kulturellen und historischen Dimension der Schönheit möchte ich zeigen, dass der Verweis (in 2.3.1) auf den Status ästhetischer Begriffe als bloß psychische – das heißt, nicht realistische – Entitäten als Einwand gegen ihren methodischen Wert gemeint war, aber nicht dort endet. Der Verweis regt dazu an, einen Blick darauf zu werfen, wie sich ästhetische Normen konstituieren, und daraus einen gewissen wissenschaftlichen Wert abzuleiten.

So nennt McAllister als ästhetische Kriterien neben Einfachheit und Symmetrie auch die analogische Interpretierbarkeit⁵⁷ und die Übereinstimmung mit vorherrschenden metaphysischen Annahmen⁵⁸. Damit erläutert er Aspekte, die das Motiv der Konservativität verstärken. Er sagt, dass die ästhetischen Vorlieben von Naturwissenschaftlern durch die ästhetischen Merkmale älterer empirisch erfolgreicher Theorien geformt werden. Dadurch üben sie eine konservative Wirkung aus, und sind nicht bloß auf die willkürlichen, unwissenschaftlichen Vorlieben des Subjekts zurückzuführen. Sie bilden eine Art Anker, der den wissenschaftlichen Fortschritt an die ästhetischen Eigenschaften bisheriger empirisch erfolgreicher Entwicklungen bindet.⁵⁹ McAllister zeigt dies anhand einer Kritik der gebräuchlichen Einschätzung von Kopernikus' Planetentheorie und Einsteins Relativitätstheorie als zwei revolutionäre Neuerungen. Er weist darauf hin, dass weder Kopernikus' noch Einsteins Theorien die metaphysische Tradition ihrer nahen Vorgänger verwarfen, sondern sie vielmehr zu retten versuchten. Aus diesem Grund trafen ihre Theorien auf die vergleichsweise große Zustimmung ihrer Zeitgenossen: Sie bedienten gewissermaßen die ästhetischen Paradigmen ihrer Zeit dafür, wie schöne Theorien auszusehen hatten. In Kopernikus' Fall war dies die Beibehaltung kreisförmiger Planetenbahnen⁶⁰, in Einsteins Fall das Festhalten am Determinismus der klassischen Physik (lange über die ersten Erfolge der

⁵⁶ Vgl. McAllister (1989) und McAllister (1997).

⁵⁷ Vgl. McAllister (1989), S. 33ff.

⁵⁸ Vgl. McAllister (1989), S. 35f.

⁵⁹ Vgl. McAllister (1997), S. 185f.

⁶⁰ Kopernikus' Theorie war in Hinblick auf die durch sie ermöglichten Voraussagen kein Fortschritt gegenüber der Kosmologie von Ptolemäus. Allerdings erfüllte sie die seit der Antike geltenden ästhetischen Anforderungen, nur kreisförmige Bewegungen seien perfekt, besser und wurde deswegen akzeptiert. Vgl. McAllister (1997), S. 185.

Quantentheorie hinaus). Die Weiterentwicklungen dieser Theorien durch ihre jeweiligen Nachfolger, Johannes Keplers Theorie der ellipsenförmigen Planetenbahnen und die indeterministischen Entwicklungen der Quantenphysik, stellten aber, was ihre ästhetische Gestalt betraf, radikalere Veränderungen dar. Sie brachen mit bestehenden ästhetischen Vorlieben und stießen daher anfangs auf starke Ablehnung. Aufgrund ihrer überragenden Beobachtungsadäquatheit mussten sie aber schließlich als Fortschritte akzeptiert werden.

Diese Erklärung werde ich als positives Argument, da demnach ästhetische Vorlieben gerade nicht beliebige Phantasien des Einzelnen sind, sondern tradierte Naturvorstellungen verkörpern. Keplers Ellipsen erscheinen uns mittlerweile ebenso schön wie es zu seiner Zeit nur für Kreise galt. Die Tatsache, dass uns zum Beispiel das Doppelspaltexperiment⁶¹ immer noch verblüffend vorkommt, passt auch hierzu. Es liegt daran, dass wir diese neuesten Vorstellungen noch nicht assimiliert haben.⁶² Nach McAllister untergraben ästhetische Kriterien demnach nicht die empirische Strenge. Im Gegenteil, sie verkörpern eine metaphysische Tradition. Er kommt mit Hilfe dieser Betrachtung zu einem positiven Schluss, nämlich zu dem, dass ästhetische Kriterien einen stabilisierenden Einfluss in der Theorienentwicklung ausüben.⁶³ Das Verhältnis von ästhetischen Vorlieben und empirischem Erfolg ist das einer dialektischen Komplementarität. Sie reflektieren sich gegenseitig und ergänzen sich, wenn auch verzögert, in ihren Beiträgen zur Theorie. Auch wenn ästhetische Vorlieben ein formales Kriterium sind, haben sie eine Art mediale Funktion: Sie bieten eine beständige Grundlage für den auf ihnen aufbauenden Inhalt.

2.3.2.3. Ästhetischer Gehalt geht über sprachlich Darstellbares hinaus

Die ersten zwei Argumente, die ich zur Verteidigung ästhetischer Kriterien der Theorienwahl vorgebracht habe (2.3.2.1 und 2.3.2.2), stellen eine negative Methode dar und sind nur indirekt positiv, da sie sich darauf abzielen, zwei Kritikpunkte zu entkräften (die Einwände, dass die kategoriale Subjektivität ästhetischer Begriffe und die Beliebigkeit oder

⁶¹ Dieses Experiment zeigte ursprünglich, dass Licht als Welle, nicht als Teilchen verstanden werden musste. Als bei gleichen Versuchen mit Elektronen statt Licht diese auch Wellenverhalten zeigten, musste die Vorstellung von Elektronen als Partikeln einem neuartigen Welle-Teilchen-Dualismus weichen. Zur Erklärung dieses Phänomens konnte sich die Quantentheorie behaupten, die dabei allerdings von einer holistischen Vorstellung ausgeht, die unserem alltäglichen Verständnis von Materie als isoliert definierbaren Teilchen widerspricht. Vgl. Mainzer (1988), S. 426-430.

⁶² Wie tief manche Vorstellungen festsitzen können, zeigt der alltägliche Ausdruck ‚die Sonne geht auf‘. Er überdauert noch lange nach dem Übergang zu heliozentrischen Auffassungen unseres Planetensystems.

⁶³ Vgl. McAllister (1989), S. 31-36.

Konventionalität von Schönheit im wissenschaftlichen Kontext schädlich seien). Ästhetische Wertungen stehen aber nicht nur nicht in Widerspruch zur naturwissenschaftlichen Rationalität, solange diese ihre Grundlage aus Beobachtungsadäquatheit und logischer Konsistenz nicht verlässt. Sie leisten darüber hinaus auch einen eigenen konstruktiven Beitrag. Diese positive These werde ich nun vertreten und zeigen, dass in dieser Richtung die Verteidigung ästhetischer Kriterien in der Naturwissenschaft vertieft werden müsste. Das Argument, dass eine gewisse Komplementarität von streng rationaler wissenschaftlicher Methode und abweichenden Faktoren vertretbar ist, möchte ich in Bezug auf das Problem der sprachlichen Repräsentation untermauern. Hierzu greife ich nochmal den Ansatz aus 2.3.1 auf, die mangelnde formale Definition ästhetischer Begriffe zu betrachten.

Die Tatsache, dass der ästhetische Gehalt von Theorien bei der formalsprachlichen Repräsentation von Naturgesetzen nicht ausreichend erfasst werden kann, ist eher als Indiz für seinen Wert zu verstehen als für seinen fehlerhaften Einfluss. Aufgrund der schriftlichen Tradition in unserer Kultur sitzt das Vorurteil tief, dass sicheres, wahres Wissen mit einer ausreichenden, fixierten Darstellungsmöglichkeit korreliert. Diese paradigmatische Vorstellung sieht sich bekräftigt durch erfolgreiche Voraussagen, die die künstliche Sprache der mathematisch verfassten physikalischen Theorien ermöglicht hat.⁶⁴ Die Leistung, objektives Wissen zu kommunizieren, ist nicht kleinzureden und das, was die mathematische Struktur ausgereifter Theorien repräsentiert, sollten wir durchaus für wahr halten. Aber Wissen ist nicht deckungsgleich mit dieser Darstellungsmöglichkeit. Wenn wir die Funktion von Sprache untersuchen, stoßen wir darauf, dass diese kein steriles, objektives Instrument ist. Obwohl die Zeichen klar und die grammatikalischen Regeln bekannt sind, ist unser Umgang mit Semantik und Syntax weitaus komplexer. Unsere Alltagssprache vermischt verschiedene Sinnebenen und ist geprägt von Metaphern.⁶⁵ Auch in Fällen semantischer Vagheit scheitert unser Denken nicht an der formalen Unterbestimmtheit, sondern interpretiert souverän. Ist diese Souveränität, mit der wir ambivalenten Bedeutungen einen Sinn geben und die durch unser alltägliches Leben gerechtfertigt ist, auch auf das Problem der mangelnden Definition

⁶⁴ So wurde aufgrund von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie eine Abweichung von Licht durch große Massen vorausgesagt und daraufhin bei einer Sonnenfinsternis 1919 durch Messungen bestätigt. Auch der gezielte Einsatz von Kernspaltungs-Kettenreaktionen mit der Atombombe oder in Kraftwerken wäre ohne die theoretische Erklärung der ersten kontrollierten Kernspaltung (1938) durch Lise Meitner und den darauf aufbauenden Theorien nicht erfolgt.

⁶⁵ Beispielhaft nenne ich nur die Verknüpfung von sinnlicher und gedanklicher Wahrnehmung in den konzeptuellen Metaphern ‚ich verstehe‘, ‚ich begreife‘ oder ‚I see‘. Neben dem Hören, Festhalten und dem Sehen drücken wir mit diesen Ausdrücken auch ganz selbstverständlich bewusste Erkenntnis aus.

von Ästhetik in der Wissenschaft beziehbar? Ich werde diesen Schritt in Betracht ziehen, um den Erfolg des naturwissenschaftlichen Schönheitssinns als zumindest plausibel zu erklären.

Die relative Unklarheit der natürlichen Umgangssprache möchte ich analog auf das Problem der Ästhetik für die formale Sprache der Naturwissenschaft übertragen. So wie wir den Sinn von Aussagen über die reine Bedeutung ihrer Elemente und Struktur hinaus konstruieren (sei es indem wir als Rezeptoren interpretieren oder als Emissäre implizieren), so könnte man auch den ästhetischen Gehalt als höhere Sinnstufe der mathematischen Sprache verstehen. Analog dazu, wie es keine mathematische Funktion zur Bildung von Sinn aus natürlicher Sprache gibt, mangelt es an einer wissenschaftlichen Definition des Schönen.⁶⁶ Die Vielfalt an Klassifizierungen von ökonomischen, subjektiven und formal-intrinsischen Aspekten physikalischer Theorien als ästhetisch wertvoll oder nicht wertvoll als weiteren Hinweis darauf, dass der ästhetische Gehalt von Theorien sich nicht reduzieren lässt. Da die Schönheit dennoch eine kontinuierliche Rolle in der Physik gespielt hat, kann man ihr eine pseudo-repräsentative Funktion zuschreiben, die über die Grenzen der formalsprachlichen Darstellung hinausgeht. Das heißt, eine schöne Theorie und eine hässliche können in ihrem semantisch-syntaktischen Gehalt äquivalent sein, die schöne Theorie aber dennoch mehr Information über die physikalische Wirklichkeit geben. Dieses Mehr an Information besteht in der Schönheit, die Physiker angesichts symmetrischer oder überraschend einfacher Lösungen empfinden. Das Wesen dieser Empfindungen lässt sich offensichtlich nicht in exakte theoretische Terme übersetzen, sonst würden hierbei Fortschritte über die Invokation von Eleganz und Erhabenheit hinaus gemacht worden sein. Dass die Definition theoretischer Schönheit unabgeschlossen bleibt, ist aber keine Widerlegung der zugrundeliegenden Phänomene.

Dieser intuitive Gehalt wurde von vielen Naturwissenschaftlern entsprechend meiner Bewertung positiv bewertet. Heisenberg erläutert wie wirksam die platonische Auffassung angeborener ästhetischer Ideen als Grundlage des Erkenntnisvermögens ist.⁶⁷ Dieses „unmittelbare Erkennen“ erfolge nicht nur über das „diskursive, d. h. rationale Denken“. So ist bei Johannes Kepler von der Hervorlockung „intelligibler Urbilder“ die Rede⁶⁸ und auch später bei Wolfgang Pauli von einem „Zur-Deckung-Kommen von präexistenten inneren

⁶⁶ Siehe oben, Kapitel 2.3.1 bzw. Anm. 53.

⁶⁷ Platon zufolge „erschrickt“ die Seele, „sie erschauert beim Anblick des Schönen, da sie spürt, daß etwas in ihr aufgerufen wird, das ihr nicht von außen durch die Sinne zugetragen wird, sondern das in ihr in einem tief unbewußten Bereich schon immer angelegt war.“ Zit. Heisenberg (1971), S. 100.

⁶⁸ Vgl. Heisenberg (1971), S. 104f.

Bildern der menschlichen Psyche mit äußeren Objekten und ihrem Verhalten“. Pauli warnt dagegen, „dieses a priori der Erkenntnis ins Bewusstsein zu verlegen und auf bestimmte, rational formulierbare Ideen zu beziehen“. ⁶⁹ Wie schon bei Engler wird hier mangels theoretischer Erklärung auf die Intuition des Wissenschaftlers verwiesen. ⁷⁰

Auch wenn der bloße Glaube an die metaphysische Äquivalenz vom Schönen, Wahren und Guten wissenschaftsphilosophisch wenig befriedigend ist, so spricht aus Platons, Keplers und Paulis Übereinstimmung das Indiz für die Irreduzibilität von Ästhetik. Daher würde ich von ästhetischem Gehalt als unmittelbarem realistischem, aber unübersetzbarem Gehalt einer Theorie sprechen. ⁷¹ So wie es mittlerweile eine vertiefte Einsicht darin gibt, wie wir Sprache im Alltag benutzen, gilt es daher, die Ästhetik als Instrument für die Naturwissenschaft zu erforschen, als einen Faktor, der in der Naturwissenschaft implizit nützlich ist, auch wenn sein Wesen nicht vollends explizit gemacht werden kann.

2.3.2.4. Evolutionstheoretische Begründung der ästhetischen Kriterien

Die Grundidee des zuletzt genannten Arguments war, dass ästhetisches Empfinden in der Naturwissenschaft nicht nur instrumentell wertvoll ist, indem es schön formuliertes Wissen unterstützt, sondern an sich eine Art von Wissen ist. Da das Auftreten ästhetischer Begeisterung bei Physikern nicht vollständig kausal begründet werden konnte, füge ich in diesem Kapitel ein anderes Argumentationsmuster zur Verteidigung des ästhetischen Sinngehalts hinzu. Ich werde die Frage nach der Existenzberechtigung ästhetischer Kriterien mit einer evolutionstheoretischen Begründung aufheben.

Die evolutionäre Begründung hat den Vorteil, dass man mit ihr die praktischen Erfolge ästhetisch motivierter Theorien überzeugend erklären kann, ohne ihre Entstehung vollkommen rekonstruieren zu müssen. Eine solche vollständige Rekonstruktion, der Versuch, physikalische Theorien als realistische Abbildungen der Natur zu erklären, ist an der Komplexität und subjektiven Art einiger Kriterien gescheitert. Nicht zuletzt die subjektive Komponente der ästhetischen Vorlieben hat auf einen rational nicht restlos erklärbaren, aber

⁶⁹ Zit. in Heisenberg (1971), S. 105f.

⁷⁰ Siehe Zitat oben, 2.2.1, S. 15, Anm. 34.

⁷¹ Um ästhetische Phänomene in der Naturwissenschaft zu rechtfertigen, wäre eine bessere Erklärung wünschenswert. Hierfür ist eine Voraussetzung, sie als erforschenswert zu begründen. Das Objekt ist bis jetzt nur als Begeisterung von Physikern umrissen und mit Verweis auf Eigenschaften wie Symmetrie, Einfachheit bzw. den Metaeigenschaften Eleganz oder Schönheit referiert. So wie leuchtende, sich bewegende Punkte am Himmel zu systematischen Erklärungen des Weltalls geführt haben, können die bloßen Gefühle der Physiker auf verborgene Zusammenhänge in der naturwissenschaftlichen Rationalität hinweisen.

in der theoretischen Physik nicht wegzudenkenden Aspekt der wissenschaftlichen Methode verwiesen. Als nächstbeste Möglichkeit nach dem Scheitern einer vollständigen kausalen Erklärung für die Entstehung von Theorien bleibt dann die erkenntnistheoretisch bescheidenere instrumentalistische Auffassung, nach der erfolgreiche Theorien zumindest empirisch adäquat oder angemessen sind. Mit dem Begriff der Angemessenheit löst man aber das inhaltliche Problem nicht, sondern verweist bloß auf eine andere Ebene, nämlich die der Finalität. Der Begriff der Angemessenheit verweist letztlich, neben den Bedeutungen der Begründbarkeit und Vernünftigkeit, auch auf den intentionalen Aspekt, dass etwas angemessen und sinnvoll *für etwas* ist. Letztere Begriffe eröffnen die Frage nach dem Zweck, dem eine Theorie dienen wird, das heißt ‚welchem Ziel ist sie angemessen?‘ oder ‚sinnvoll angesichts welcher Aufgabe?‘. Während der naive Glaube an die wissenschaftliche Methode die Legitimität der Physik darin gegeben sieht, dass ihre Aussagen eine realistische Beschreibung der Welt geben, verleiht nach teleologischer Auffassung die Akzeptanz des Zwecks, dem sie dient, einer Theorie Gültigkeit. Damit wäre die Frage nur von einer kausalen zu einer finalen mutiert. Hingegen bietet der evolutionstheoretische Ansatz ein Konzept einer sich selbst begründenden Angemessenheit.

Der Wert ästhetischer Kategorien für die naturwissenschaftliche Rationalität, evolutionär begründet, blendet die Frage nach der Zweckmäßigkeit aus. In dieser ursprünglich biologischen Theorie existieren Lebewesen nicht aus teleologischen oder instrumentellen Gründen. Dass sie da sind und ihre jeweilige Form haben ist kein endgültiges Resultat eines abgeschlossenen Prozesses. Vielmehr entstehen sie aus ihren Vorgängern und ersetzen diese. Dieser Prozess ist in seinem Verlauf nicht restlos vorhersagbar, da er auch auf Mutation und ökologischem Kontext basiert. Die Anwendung dieser Aspekte auf die Gegenstände der naturwissenschaftlichen Theorien mag auf den ersten Blick nicht einleuchtend sein, denn die zu entdeckenden Naturgesetze werden ja gerade als etwas beständiges betrachtet, während die sich verändernden Arten keine unveränderliche Referenz haben, die sie bindet. Die entscheidende Parallele besteht aber in der Eigenschaft der gleichzeitigen Vergänglichkeit des Einzelnen und der Selbstbestärkung der Art, die in der Evolutionstheorie zentral ist. Dies passt auf den Fortschritt durch Theorien, den wir in der Wissenschaftsgeschichte beobachten können: Die einzelne Theorie wird voraussichtlich abgelöst werden durch einen Nachfolger, aber durch diese Anpassung wird gleichzeitig der ursprüngliche Erklärungsanspruch gerettet.

Ein auf der Hand liegender Einwand gegen diese evolutionstheoretische Perspektive in Bezug auf die naturwissenschaftliche Erkenntnis von Dingen wie Elektronen oder Quanten ist, dass ihre Entwicklung in 100 Jahren nicht durch biologische Evolution begründet werden

kann.⁷² Der Mechanismus der negativen Selektion ist auf viel größere Zeiträume angewiesen, um Einflüsse in organische Veränderungen wirksam werden zu lassen. Die Messungen und indirekten Beobachtungen der aktuellen Physik sind außerdem zu weit von der direkten Wahrnehmung durch die Sinne unseres Organismus entrückt. Wenn man aber die ästhetischen Komponenten der Erkenntnis als *kulturelle* Evolution begreift, kann man die Generationenabfolge wesentlich kürzer fassen. Der jeweilige Entwicklungsstand bzw. aktuelle Wissensstand wird durch Kommunikation übertragen und muss nicht erst ins Erbgut eingehen. Außerdem gibt es andere Mechanismen der Mutation (etwa durch mathematische Weiterentwicklungen) und Selektion (ein Individuum wird durch viele Forscher in kurzer Zeit mehreren Belastungsproben unterzogen). Die evolutionäre Sichtweise vermag es also – auch für Theorien statt Lebewesen – das Hinterfragen wesentlicher Eigenschaften als sinnlos erscheinen zu lassen.

Aus der Perspektive der evolutionären Kognition, dass die Funktion unseres Verstandes die ist, den handelnden Menschen zu befähigen, mit der Komplexität seiner Umwelt umzugehen,⁷³ kann man eine anthropologische Antwort auf die Frage nach der Rolle von ästhetischen Prinzipien in der Naturwissenschaft geben. Diese sind essentieller Teil unserer Erkenntnisfähigkeit und ihre systematisierende Funktion macht den Begriff der Natur erst möglich. Jene Theorien, die nicht durch ästhetische Auswahl zu besonders prägnanten, einprägsamen, rational effizienten Gestalten gefunden haben, scheiden im Prozess der negativen Selektion aus. Für eine derartige Gewichtung ästhetischer Kriterien der Theorienwahl spricht die durch die oben genannten Beispiele belegte Tatsache, dass der aktuelle Wissensstand der Physik auf einer langen Entwicklung von ästhetischen Prägungen aufbaut und unser Alltagsleben auch von den technischen Entwicklungen, die sie ermöglichten, bestimmt ist.

2.4. Fazit: Ästhetische Kriterien der Theorienwahl sind mit der Rationalität der modernen Naturwissenschaft vereinbar

Entgegen dem ersten Eindruck, dass ästhetische Bestandteile den epistemologischen Status der Naturwissenschaft als wahre Erkenntnis bedrohen, habe ich dafür plädiert, dass derartige Elemente mit dem Autoritätsanspruch der Naturwissenschaft vereinbar sind. Isoliert

⁷² Olaf Müller hat mir diesen Einwand bei einem Gespräch dargelegt.

⁷³ Vgl. Godfrey-Smith (1996), S. 3.

betrachtet widersprechen ästhetische Kriterien zwar der naiven Vorstellung eines streng rational aufgebauten und mechanistisch anschaulichen Weltbildes, aber eine derartige Perfektion reicht zur Begründung gegenwärtiger Naturinterpretationen in der Physik nicht aus. Statt nur bei den rationalen Problemen der naturwissenschaftlichen Methode zu verharren, sollte die Wissenschaftsphilosophie auch versuchen, eine Erklärung für die Erfolge der modernen Physik zu suchen. Immerhin kann die Verteidigung der menschlichen Vernunft vom Verweis auf die Erfolge der Physik profitieren, dazu muss aber deren untrennbare zweite Seite der Empirie gewürdigt werden. Angesichts des kontinuierlichen Einflusses ästhetischer Kriterien auf die endgültige Gestalt von Theorien wäre es nicht plausibel, sie als bloßes Beiwerk abzutun. Da sie dem Fundament aus logischer Konsistenz und Beobachtungsadäquatheit keinen Abbruch tun, sind sie grundsätzlich zulässig. Zudem üben ästhetische Urteile, gegen die Zweifel angesichts ihres subjektiven Wesens, eine stabilisierende Wirkung auf theoretische Errungenschaften aus. Der Vergleich mit den nicht expliziten Inhalten sprachlicher Aussagen legt nahe, dass auch für den ästhetischen Gehalt, die Schönheit, von physikalischen Theorien eine verborgene, irrationale Rolle möglich ist. Solch eine Rolle kann evolutionstheoretisch überzeugend erklärt werden.

Dieses Argument etabliert eine plausible Auffassung von der Vereinbarkeit von wissenschaftlicher Rationalität und ästhetischen Kriterien. Eine stärkere These, etwa, dass ohne ästhetische Einflüsse keine naturwissenschaftlichen Fortschritte möglich wären, konnte ich nicht untermauern. Mein Anspruch war, zu zeigen, dass es keinen Widerspruch innerhalb der naturwissenschaftlichen Rationalität darstellt, gewisse nicht formal begründbare Faktoren als legitime Ergänzungen miteinzubeziehen.

3. Ausblick: Genetische Gemeinsamkeit von Ästhetik und Wissenschaft?

In Ergänzung zu meiner Beantwortung der Hauptfrage gebe ich abschließend einen Ausblick auf die Frage, ob die Ästhetik als grundlegender Bestandteil menschlicher Erkenntnis erklärt werden kann. Solch eine Begründung würde eine stärkere Rechtfertigung meiner Position ermöglichen, daher liegt es in meinem Interesse, aufzuzeigen, wo ich Lösungsansätze hierfür sehe.

Im vorangehenden Argument wurden die ästhetischen Kriterien als formale Aspekte erörtert, die sich mit dem wissenschaftlichen Fortschritt gegenseitig entwickeln. Eventuell kann man den ästhetischen Begriffen aber eine theoretisch grundlegendere Rolle zuordnen, nämlich als Grundlage für theoretisches Denken selbst. Wenn man sich noch einmal vor Augen hält, dass die Schönheit von physikalischen Theorien ihren propositionalen Gehalt

übersteigt, gelangt man zur Frage, wie sich diese Schönheit konstituiert. Es ist nicht undenkbar, dass ein gemeinsames Substrat aller Wissensbereiche existiert, auf dem sowohl Naturwissenschaft als auch andere, sogenannte irrationale Bewußtseinsinhalte basieren. Mit gestaltpsychologischen Auffassungen lässt sich der metaphorische Gehalt der Sprache verstehen, warum nicht auch der ästhetische Gehalt wissenschaftlicher Theorien? In Heisenbergs *Ordnung der Wirklichkeit* von 1942 findet man den Vorschlag, eine vereinigte Beschreibung von Sprache, Kunst und Wissenschaft unter dem Titel „Symbol und Gestalt“ zu unternehmen.⁷⁴ Ihm voraus geht Ernst Cassirers Arbeit an einer Philosophie der symbolischen Formen, in der der Frage nach anderen möglichen Grundlagen der Erkenntnis als nur dem rein sprachlichen Denken nachgegangen wird.⁷⁵ Die mathematische Sprache der modernen Naturwissenschaft ist hierbei noch nicht der letzte Grund. „Die Welt der exakten Wissenschaft erscheint in [der Erkenntniskritik] nicht sowohl als der Anfang als das Ende eines Objektivationsprozesses, dessen Wurzeln in andere und frühere Schichten der Gestaltung herabreichen.“⁷⁶ Als grundlegender muss etwa das Grundmotiv angesehen werden, dass sich in der Wissenschaft äußert, aus einzelnen Beobachtungen und Ideen allgemeine Regelmäßigkeiten herzuleiten.⁷⁷ Derartige primäre Phänomene der Wahrnehmung könnten erklären, warum wir in der Quantenphysik Symmetrievorstellungen verwirklicht finden, die auch in der Kunst Ausdruck gefunden haben.

Cassirer zieht die konstitutive Beteiligung von Gestaltungsprinzipien, die vor dem rationalen Denken stattfinden, auch an naturwissenschaftlicher Begriffsbildung in Betracht. Hier ergibt sich, denke ich, eine Möglichkeit, den Erfolg ästhetischer Kriterien zu begründen. Cassirer unterscheidet zwar die Geltungsbereiche von Kunst und Religion und Wissenschaft als separate Weltbilder, aber es sind eben doch Bilder einer selben Welt. Die menschliche Erkenntnis erschöpft sich aber nicht in der Rationalität der Naturwissenschaften.⁷⁸ Bei ungeklärten Fragen, wie jener nach der Rolle ästhetischer Kriterien der Theorienwahl, vermute ich daher, dass von den Mustern der anderen Bereiche zur Überwindung möglicher eigener konstitutiver Beschränkungen profitiert werden kann.

⁷⁴ Vgl. Chevalley (1997), S. 242. Auch bei Engler (1994) wird auf die Relevanz von Gestalttheorien der Wahrnehmung für die Erklärung des ästhetischen Phänomens in der Naturwissenschaft verwiesen.

⁷⁵ Vgl. Krois (2011), S. 14: „Art, for Cassirer, was comparable to science insofar as both of them depended upon more fundamental types of symbolization. Neither were ‚primitive‘ in any sense.“

⁷⁶ Cassirer (2002), S. 518f.

⁷⁷ Vgl. Möckel (2012), S. 261.

⁷⁸ Vgl. Möckel (2012), S. 262.

Susanne Langer macht eine in diesem Sinne passende Bemerkung:

„The eye and the ear make their own abstractions, and consequently dictate their peculiar forms of conception. But these forms are derived from exactly the same world that furnished the totally different forms known to physics. There is, in fact, no such thing as *the* form of the ‚real‘ world; physics is one pattern which may be found in it, and ‚appearance‘, or the pattern of *things* with their qualities and characters, is another. One construction may indeed preclude the other; but to maintain that the consistency and universality of the one brands the other as *false* is a mistake. ... Physical concepts owe their origin and development to the application of *mathematics* to the world of ‚things‘, and mathematics never [...] dealt with qualities of objects.“⁷⁹

Die Frage nach der einen rationalen Methode für alle objektive Erkenntnis der Natur würde sich demnach als zu kurz gedacht erweisen:

„Eine Wissenschaft wird nicht durch die Anwendung einer bestimmten Methode auf ein Interessengebiet begründet, sondern durch die gute Formulierung eines Problems. Wenn es in eine solche Form gebracht wird, in der es gelöst werden kann und ihre Lösung neue Probleme erzeugt, die ihrerseits lösbar sind, wenn die beantwortenden Aussagen analoge Aussagen über andere Dinge nahelegen, in anderen Worten: wann immer ein Problem durch einen neuen Schlüsselbegriff gelöst wird, haben wir die Aussicht auf eine neue Wissenschaft.“⁸⁰

In diesem Sinne erscheint mir die Idee einer neuen Wissenschaft, die subjektive und objektive Begriffe aufeinander bezieht und beide als relevant für die Naturerkenntnis begründet, wertvoll. Als möglicher Schlüsselbegriff könnte eventuell, in Anlehnung an Cassirers Begriff der symbolischen Form, die in Abschnitt 2.3.2.3 gemachte Bewertung der ästhetischen Vorlieben von Physikern als impliziter ‚ästhetischer Wissensgehalt‘ dienen.

⁷⁹ Zit. in Linde (2008), S. 125.

⁸⁰ Susanne Langer, aus „The Scope of Problems as the Limit of the Intellectual“, zit. in Lachmann (2000), S. 117.

4. Bibliographie

- Cassirer, Ernst (2002): Philosophie der symbolischen Formen. Dritter Teil: Phänomenologie der Erkenntnis. In: ders.: Gesammelte Werke. Band 13. Hrsg. von Julia Clement. Hamburg: Meiner.
- Cassirer, Ernst (2011): Vom Einfluss der Sprache auf die naturwissenschaftliche Begriffsbildung. In: ders.: Nachgelassene Manuskripte und Texte. Band 4. Hrsg. von Christian Möckel. Hamburg: Meiner, S. 107-149.
- Chevalley, Catherine (1997): Physics as an Art: The German Tradition and the Symbolic Turn in Philosophy, History of Art and Natural Science in the 1920s. In: Alfred I. Tauber (Ed.): The Elusive Synthesis: Aesthetics and Science. (Boston Studies in the Philosophy of Science. Vol. 182) Dordrecht / Boston / London: Kluwer, S. 227-249.
- Croca, José R. (2012): The Principle of Eurythmy: A Key to the Unity of Physics. In: Olga Pombo, Juan Manuel Torres, John Symons, Shahid Rahman (Eds.): Special Sciences and the Unity of Science. (Logic, Epistemology and the Unity of Science, Vol. 24) Dordrecht / Heidelberg / London / New York: Springer, S. 19-51.
- Duhem, Pierre (1908): Ziel und Struktur der physikalischen Theorien. (Übers. von Friedrich Adler, mit einem Vorwort von Ernst Mach) Leipzig: Verlag Johann Ambrosius Barth.
- Engler, Gideon (1990): Aesthetics in Science and Art. In: British Journal of Aesthetics. Vol. 30/1, S. 24-34.
- Engler, Gideon (1994): From Art and Science to Perception: The Role of Aesthetics. In: Leonardo. Vol. 27, No. 3, S. 207-209.
- Engler, Gideon (2002): Einstein and the most beautiful theories in physics. In: International Studies in the Philosophy of Science. Vol. 16, No. 1, S. 27-37.
- Gatzemeier, Matthias und Gerhardus, Dietfried (1995): ästhetisch/Ästhetik. In: Jürgen Mittelstraß (Hg.): Enzyklopädie der Philosophie und Wissenschaftstheorie. Bd. 1. Stuttgart / Weimar: Metzler, S. 191.
- Linde, Gesche (2008): Langers Logik des Präsentativen. In: Naturalisierung des Geistes und Symbolisierung des Fühlens. Hrsg. von Cornelia Richter und Petra Bahr. Marburg: Tectum, S. 83-127,
- Godfrey-Smith, Peter (1996): Complexity and the Function of Mind in Nature. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gutmann, Wolfgang Friedrich (1991): Die mythische Perspektive hinter enggeführten naturwissenschaftlichen Abstraktionen. In: Hermann Schrödter (Hg.): Die neomythische Kehre. Aktuelle Zugänge zum Mythischen in Wissenschaft und Kunst. Würzburg: Königshausen und Neumann, S. 147-170.
- Heisenberg, Werner (1971): Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft. In: Physikalische Blätter. März 1971, S. 97-107.
- Krois, John Michael (2011): The priority of “symbolism” over language in Cassirer’s philosophy. In: Synthese. Vol. 179, S. 9-20. (elektronische Erstveröffentlichung 2009)
- Lachmann, Rolf (2000): Susanne K. Langer. Die lebendige Form menschlichen Fühlens und Verstehens. München: Fink.

- Mainzer, Klaus (1988): *Symmetrien der Natur. Ein Handbuch zur Natur- und Wissenschaftsphilosophie.* Berlin / New York: Walter de Gruyter.
- McAllister, James W. (1989): *Truth and Beauty in Scientific Reason.* In: *Synthese*, Vol. 78/1, S. 25-51.
- McAllister, James W. (1997): *Scientists' Aesthetic Preferences among Theories: Conservative Factors in Revolutionary Crises.* In: Alfred I. Tauber (Ed.): *The Elusive Synthesis: Aesthetics and Science.* (Boston Studies in the Philosophy of Science. Vol. 182) Dordrecht / Boston / London: Kluwer, S. 169-187.
- Möckel, Christian (2012): *The Cultural Sciences and Their Basis in Life. On Ernst Cassirer's Theory of the Cultural Sciences.* In: Olga Pombo, Juan Manuel Torres, John Symons, Shahid Rahman (Eds.): *Special Sciences and the Unity of Science.* (Logic, Epistemology and the Unity of Science, Vol. 24) Dordrecht / Heidelberg / London / New York: Springer, S. 259-267.
- Müller, Olaf L. (2012): *Einführung in die Wissenschaftstheorie: Kriterien der Theorienwahl.* (Vorlesungsprotokoll) Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2012/13.
- Planck, Max (1944): *Wege zur physikalischen Erkenntnis.* (4. Auflage) Leipzig: Hirzel.
- Poincaré, Henri (1908): *La valeur de la science.* Paris: Flammarion.
- Poincaré, Henri (1914a): *Wissenschaft und Hypothese.* (Übers. und hrsg. von F. und L. Lindemann) Leipzig: Teubner.
- Poincaré, Henri (1914b): *Wissenschaft und Methode.* (Übers. und hrsg. von F. und L. Lindemann) Leipzig / Berlin: Teubner.
- Quine, Willard Van Orman (1976): *Die Wurzeln der Referenz.* (Übers. von Hermann Vetter) Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Rivadulla, Andrés (2010): *Complementary Strategies in Scientific Discovery: Abduction and Production.* In: M. Bergman, S. Paavola, A.-V. Pietarinen, H. Rydenfeldt (Eds.): *Ideas in Action. Proceedings of the Applying Peirce Conference.* Nordic Studies in Pragmatism 1. Helsinki: Nordic Pragmatism Network, S. 264-276.
- Rivadulla, Andrés (2011): *Scientific Reasonableness and the Pragmatic Approach to the Unity of Science.* In: John Symons, Olga Pombo, Juan Manuel Torres (Eds.): *Otto Neurath and the Unity of Science.* (Logic, Epistemology and the Unity of Science, Vol. 18) Dordrecht / Heidelberg / London / New York: Springer, S. 221-237.
- Schirren, Thomas (2002): *Aisthêsis; Aisthêtikon.* In: Christoph Horn und Christof Rapp (Hg.): *Wörterbuch der antiken Philosophie.* München: C. H. Beck, S. 23ff.
- Scholtz, Gunter (1991): *Zum Ästhetischen in den Natur- und Geisteswissenschaften.* In: ders.: *Zwischen Wissenschaftsanspruch und Orientierungsbedürfnis. Zu Grundlage und Wandel der Geisteswissenschaften.* Frankfurt: Suhrkamp, S. 269-292.
- Thagard, Paul (2003): *Rationality and Science.* In: Alfred R. Mele and Piers Rawling (Eds.): *Oxford Handbook of Rationality.* Oxford: Oxford University Press, S. 363-379.
- Worrall, John (1989): *Structural Realism: The Best of Both Worlds?* In: *Dialectica.* Vol. 43, S. 99-124.
- Zee, Anthony (1993): *Magische Symmetrie. Die Ästhetik in der modernen Physik.* (Übers. von Hans-Peter Herbst) Frankfurt a. M. / Leipzig: Insel.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorgelegte Arbeit eigenständig angefertigt habe. Alle verwendeten Quellen und Hilfsmittel wurden angegeben.

Berlin, den 02.07.2013

Paul Markus