

Olaf L. Müller

Schön oder gut?

Über außerempirische Kriterien bei der Wahl naturwissenschaftlicher Theorien

und die Schönheit der Natur spiegelt
sich auch in der Schönheit der Naturwissenschaft

Werner Heisenberg¹

1. Schönheit als Richtschnur

Wie viele empirische Daten auch immer wir zusammentragen mögen: es sind nie ausschließlich diese Daten, die bei unserer theoretischen Arbeit den Ausschlag geben. Ob wir eine naturwissenschaftliche Theorie akzeptieren, hängt nicht alleine davon ab, wie exakt sie zur Empirie passt (also zu den Daten aus Beobachtungen und Versuchsergebnissen), sondern auch von weiteren – außerempirischen – Kriterien.²

Eines dieser Kriterien stützt sich auf unseren Schönheitssinn. Wie ein Blick in die Geschichte der Physik ohne jeden Zweifel lehrt, spielt der Sinn für Ästhetik eine herausragende Rolle für den wissenschaftlichen Fortschritt. Gerade die Genies der neuzeitlichen und modernen Physik setzen bei ihrer bahnbrechenden Forschung immer wieder auf das Schöne.³ Das ist eine rätselhafte Tatsache, die wir deshalb ernstnehmen sollten, weil sich die zunächst ästhetisch optimierten Theorien im weiteren Geschichtsverlauf immer wieder empirisch als verblüffend erfolgreich herausgestellt haben.

Es mag überraschen, aber manch eine Theorie (an die wir bis heute glauben) hat sich anfangs überhaupt nur aufgrund ihrer Schönheit durchgesetzt – und zwar selbst dann, wenn die von ihr verdrängte Theorie seinerzeit besser zu den Daten passte. Um das zu illustrieren, möchte ich im nächsten Abschnitt an den Beginn der neuzeitlichen Physik zurückgehen.

¹ Heisenberg 1971, S. 288.

² Duhem 1978, S. 290–294 *et passim*; Quine et al. 1978, S. 64–82. Mehr zu derartigen Kriterien in Müller 2015, Kapitel IV.4 – IV.5.

³ Breitenbach 2013, S. 83 f.; sowie McAllister 1996, S. 17 *et passim*.

2. Gegen das geozentrische Weltbild

Als Kopernikus das geozentrische Weltbild umstürzte, tat er das nicht in erster Linie aus empirischen Gründen; das ptolemäische System seiner Vorgänger war ausgefeilt und passte ganz gut zu den vorliegenden Himmelsbeobachtungen. Aber es war hochkompliziert, und daran übte Kopernikus ästhetische Kritik.⁴

Noch deutlicher und noch erfolgreicher als bei Kopernikus trat der Schönheitssinn bei Kepler in den Vordergrund.⁵ Als junger Mann postulierte er ein rein geometrisches Modell von strahlender Schönheit, aus dem er die Abstände zwischen den Planetenbahnen ableiten konnte, und zwar verblüffend genau (aber aus heutiger Sicht ganz und gar haltlos). Selbstverständlich passten die damaligen Daten nicht hundertprozentig zu dem Modell, aber Kepler stellte mit Recht fest, dass alle astronomischen Beobachtungsdaten fehlerhaft sind und dass man keine Astronomie haben kann, wenn man sich ihnen bedingungslos unterwirft.⁶

Daher propagierte Kepler zeitlebens einen kreativen – zielgerichteten, auswählenden und korrigierenden – Umgang mit den Daten. Anders als bei großartigen mathematischen Modellen spielt hier der Schönheitssinn seine wichtige Rolle im kleinen, unspektakulären Detail. Wie sehr das in Keplers größte Leistung (die Entdeckung der Ellipsenbahnen) eingeflossen ist, wäre durch eine umfangreiche Fallstudie zu ermitteln, die den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen müsste.⁷ Aber auch ohne die Einzelheiten einer solchen Fallstudie steht fest: Hätte sich Kepler blind – ohne ästhetische Urteilskraft – auf die besten astronomischen Daten seiner Zeit verlassen, dann hätte er seine bahnbrechenden Planetengesetze nicht formulieren können. Keplers Gesetze passen *natürlich* nicht exakt zu den Daten, und dieser Fehler spricht nicht gegen die Gesetze, sondern gegen die Daten.⁸ Und so lässt sich Keplers Entschlüsselung der Marsbahn (in den Worten des Astronomen und Wissenschaftshistorikers Owen Gingerich) wie folgt charakterisieren:

4 Kopernikus 1990, S. 70–73, 136f.; Details dazu in Müller 2019, 3. Kapitel mit weiteren Verweisen auf die Primär- und Sekundärliteratur.

5 Kepler 1938; Kepler 1940. Hierzu und zum folgenden siehe Müller 2019, 4. Kapitel.

6 Kepler 2005, S. 82f. (= Kepler 1938, S. 61f.).

7 Viele wichtige Gesichtspunkte dazu finden sich bei Graßhoff et al. 2002, S. 5f. *et passim*; Graßhoff 2002, S. 17, 61, 63, 73, 81, 85; zur Angleichung dieser kausalitäts-theoretischen Rekonstruktion an eine ästhetische siehe Müller 2019, §4.11.

8 Kepler 2005, S. 79–80; vgl. Koestler 1980, S. 256f., 325, 338.

Kepler hat Tycho Brahes Daten weit kreativer genutzt als jemand, der bloß eine Kurve an empirische Datenpunkte anpassen will.⁹

Selbst wer dieser (meiner Ansicht nach treffenden) Charakterisierung beipflichtet, könnte sich beruhigt zurücklehnen und einwenden, dass man daraus keine Schlüsse für die heutige Zeit ziehen darf: Kopernikus und Kepler lebten vor einem halben Jahrtausend, waren tiefreligiös und hatten eine etwas andere Auffassung von naturwissenschaftlicher Methode, als wir heute für richtig halten. – Mit Blick auf unseren gesamten Methodenkanon mag diese Feststellung zutreffen, denn heutige Wissenschaftler folgen in der Tat nicht exakt denselben methodischen Regeln wie ihre Vorgänger aus früheren Zeitaltern. Doch ausgerechnet in Sachen Schönheit und Ästhetik hat sich in den Jahrhunderten seit Beginn der neuzeitlichen Wissenschaft verblüffend wenig geändert. Das jedenfalls werde ich in den kommenden zwei Abschnitten zu zeigen versuchen.

3. Das Beispiel Einsteins

Wie dargetan orientierten sich Kopernikus und Kepler bei ihrem Umsturz des geozentrischen Weltbildes stark an ästhetischen Kriterien. Es mag überraschen, aber die Ästhetik spielt bei Physikern der neueren Zeit fast noch eine größere Rolle. Unter den vielen Schlüsselfiguren der Physik des 20. Jahrhunderts, die sich in ihrer theoretischen Arbeit massiv vom Schönheitssinn leiten ließen, gibt es ein besonders berühmtes Beispiel: Albert Einstein. Er wirkte auf seine Zeitgenossen wie jemand, dem die Schönheit seiner Theorien stärker am Herzen lag als alle Empirie.¹⁰ Der Physik-Nobelpreisträger Eugene Paul Wigner zitiert Einstein sogar entsprechend:

Nur wenn eine Theorie schön ist, sind wir laut Einstein bereit, sie zu akzeptieren.¹¹

9 Im englischen Original: »Kepler's use of Tycho's data was far more creative than mere empirical curve-fitting« (Gingerich et al. 2005, S. 77). Siehe auch Gingerich et al. 2005, S. 99; Gingerich 1973, S. 311–314; Gingerich 1975, S. 103.

10 Dirac 1982, S. 83; McAllister 1996, S. 96; Müller 2019, § 2.7–§ 2.14; dort auch weitere Belege für und wider diese Einstein-Interpretation.

11 Im englischen Original: »Einstein's statement that the only physical theories which we are willing to accept are the beautiful ones« (Wigner 1960, S. 7). Bedauerlicherweise bringt Wigner für diesen Satz keine Fundstelle; er zitiert vermutlich aus der

Einstein selbst schreibt in einem Brief an den Gerichtsmediziner Heinrich Zangger vom 26. 11. 1915:

Die Theorie [der Allgemeinen Relativität] ist von unvergleichlicher Schönheit.¹²

Und er beendet die Einleitung zu seiner frühesten Präsentation der Allgemeinen Relativitätstheorie mit den Worten:

Dem Zauber dieser Theorie wird sich kaum jemand entziehen können, der sie wirklich erfaßt hat.¹³

Obwohl Zauber nicht dasselbe ist wie Schönheit, dürfte Einstein diese Bemerkung ästhetisch gemeint haben; ihm ging es nicht um Hokuspokus im Zirkus oder um echte Zauberei. Und Einstein hatte recht; noch ohne jede empirische Bestätigung sind viele seiner Fachkollegen innerhalb kürzester Zeit zu Anhängern der Theorie geworden.¹⁴

Viel überraschender als das ist die Reaktion des Physik-Nobelpreisträgers Paul Dirac, der den erkenntnistheoretischen Ästhetizismus auf die Spitze trieb, und zwar als längst massive Evidenz zugunsten Einsteins Theorie gefunden worden war. Dirac hat diese Evidenz zwar gewürdigt, aber im Vergleich zur strahlenden Schönheit der Theorie für nahezu bedeutungslos erklärt. Das ist übertrieben gewesen, aber es war ernst gemeint, wie ich im kommenden Abschnitt vorführen möchte.

4. Dirac geht zu weit

Wie stark Einsteins ästhetischer Zauber wirken konnte, zeigt sich an einer Aussage Diracs, die er 1979 im Rückblick auf den beispiellosen Siegeszug der Allgemeinen Relativitätstheorie formulierte. Zunächst erinnerte er an die inzwischen vorliegenden, unstrittigen Beobachtungsdaten zugunsten der Theorie; dann warf er die Frage auf, ob wir die Theorie preiszugeben hätten, falls sie *nicht* zu den Beobachtungen gepasst hätte:

Erinnerung an ein Gespräch, das er mit Einstein in Princeton (ihrem gemeinsamen Wirkungsort) geführt hat.

12 Einstein 1998, S. 205.

13 Einstein 1996, S. 216.

14 So reagierten zum Beispiel Einsteins Kollegen Lew Davidowitsch Landau (wie beschrieben in Lifschitz 1984, S. 207) und Erwin Schrödinger (zitiert nach Rößler 2007, S. 70 bzw. Hermann 1994, S. 221). Alle drei Belege bieten keine Original-Fundstellen.

Die soeben aufgezählten Erfolge der Theorie Einsteins sind beeindruckend; sie alle sprechen für die Theorie, und zwar mit mehr oder minder großer Genauigkeit – je nachdem, wie präzise beobachtet werden kann und welche Messunsicherheiten dabei entstehen.

Doch nehmen wir einmal an, dass *zwischen der Theorie und den Beobachtungen ein vielfach bestätigter Widerspruch auftritt*. Wie sollte man darauf reagieren? Wie hätte Einstein selber darauf reagiert? Müsste man die Theorie in diesem Fall für grundlegend falsch halten?

Meiner Ansicht nach sollten wir die letzte Frage klar mit Nein beantworten. Wer die fundamentale *Harmonie* zu würdigen weiß, die den Lauf der Natur mit allgemeinen mathematischen Grundsätzen verbindet, wird spüren, dass *eine Theorie im Wesentlichen wahr sein muss, die so schön und elegant ist wie diejenige Einsteins*. Sollte bei irgendeiner Anwendung der Theorie ein Widerspruch zur Empirie auftauchen, dann kann dies nicht an ihren allgemeinen Grundsätzen liegen; der empirische Widerspruch muss von irgendeiner zweitrangigen Annahme herrühren, der man keine hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt hat.

Beim Aufbau seiner Theorie der Gravitation ging es Einstein nicht darum, diesen oder jenen Beobachtungsergebnissen gerecht zu werden – weit gefehlt. Sein ganzes Vorgehen bestand in der *Suche nach einer schönen Theorie*, nach einer Theorie, wie sie die Natur selber wählen würde.

Mit dieser Methode gelangte er zu einer Theorie, deren grundlegende Ideen von *großartiger Einfachheit und Eleganz* sind. So kommt man zu der überwältigenden Überzeugung, dass ihre Grundlagen *wahr sein müssen, unabhängig davon, ob die Theorie mit den Beobachtungen übereinstimmt oder nicht*.¹⁵

15 Im englischen Original: »This enumeration of the successes of Einstein's theory is impressive. In every case Einstein's theory is confirmed, with greater or less accuracy depending on the precision with which the observations can be made and the uncertainties that they involve.

Let us now face the question, that *a discrepancy has appeared, well confirmed and substantiated, between the theory and the observations*. How should one react to it? How would Einstein himself have reacted to it? Should one then consider the theory to be basically wrong?

I would say that the answer to the last question is emphatically No. Anyone who appreciates the fundamental *harmony* connecting the way nature runs and general mathematical principles must feel that *a theory with the beauty and elegance of Einstein's theory has to be substantially correct*. If a discrepancy should appear in some application of the theory, it must be caused by some secondary feature relating to this application which has not been adequately taken into account, and not by a failure of the general principles of the theory.

Diese überraschenden Sätze stammen von einem der bedeutendsten Physiker des 20. Jahrhunderts. Doch fast keiner seiner Kollegen ist Diracs ästhetischem Überschwang so weit gefolgt; sogar sein Biograph hat Diracs wissenschaftsphilosophisches Urvertrauen in die Schönheit äußerst skeptisch eingeschätzt.¹⁶ Nichtsdestoweniger sollten wir Diracs Worte vielleicht nicht völlig in den Wind schlagen; möglicherweise genügt es, sie etwas zu relativieren. Das ist mein Thema für den nächsten Abschnitt.

5. Zurückhaltender Optimismus mit Blick auf den Schönheitssinn der Physiker

Viele Physiker und die meisten Wissenschaftsphilosophen unserer Zeit sind der Ansicht, dass wir bei der Theorienwahl sowohl empirische als auch ästhetische Kriterien im Blick behalten müssen und dass die ästhetischen Kriterien die empirischen zuweilen (aber nicht immer) ausstechen dürfen. Sie vertreten eine vorsichtigere, aber immer noch überraschende Haltung, die ich dem Rest dieses Aufsatzes zugrunde legen möchte. Sie besagt folgendes:

(+) Wenn eine Physikerin eine höchästhetische Theorie formuliert, die nicht zu den bekannten empirischen Daten passt, dann kann die Schönheit dieser Theorie schwerer wiegen als ihre momentane Schwäche, mit den Daten zurechtzukommen. In diesem Fall darf sich die Physikerin bzw. der Physiker für die schönere Theorie entscheiden.

(-) Und wenn der Schönheitssinn eines Physikers gegen die Hässlichkeit einer Theorie rebelliert, die gut zu den empirischen Daten passt, dann kann er die Theorie verwerfen.

Dass Physikerinnen und Physiker beide Möglichkeiten wieder und wieder bei ihrer Arbeit ausnutzen, und zwar auch in den Sternstunden der Phy-

When Einstein was working on building up his theory of gravitation he was not trying to account for some results of observations. Far from it. His entire procedure was to *search for a beautiful theory*, a theory of a type that nature would choose.

The result of such a procedure is a theory of *great simplicity and elegance* in its basic ideas. One has an overpowering belief that its foundations must be *correct quite independent of its agreement with observation*« (Dirac 1979, S. 21 f.; Hervorhebungen geändert). Die zitierte Aussage Diracs entspringt nicht dem Überschwang spontaner Begeisterung; Dirac hat sich immer wieder so geäußert (Dirac 1980a, S. 43 f.; Dirac 1938–1939, S. 123–125; Dirac 1980b, S. 5 f., 9 f.; Dirac 1963, S. 46 f.).

16 Kragh 1990, S. 287–292.

sikgeschichte, ist unter Wissenschaftshistorikern und -philosophen nahezu unstrittig.¹⁷ Viel Streit herrscht dagegen bei der Frage, warum der Schönheitssinn eine so große Rolle spielen kann und darf.¹⁸ Ich werde diesen Streit nicht aufrollen, sondern im kommenden Abschnitt einfach nur diejenige Antwort skizzieren, die ich am plausibelsten finde.

6. Theorien funktionieren holistisch

Von den empirischen Daten allein führt kein zwingender Schluss eindeutig zu den theoretischen Gesetzen der Physik.¹⁹ Diese eingangs aufgestellte Behauptung beruht zuallererst darauf, dass in den Beobachtungen völlig andere Begriffe auftauchen als in den Gesetzen: Beobachtungsbegriffe sind vage und beziehen sich auf Sachverhalte aus unserer Lebenswelt – theoretische Begriffe sind mathematisch geschärft und beziehen sich z. B. auf die unsichtbare Mikroebene, lassen sich also nicht auf beobachtbare Sachverhalte anwenden. Schon aus sprachlichen Gründen können wir einzelne theoretische Sätze nicht anhand einzelner Beobachtungen überprüfen oder gar aus ihnen herleiten.²⁰ Stattdessen funktioniert die Konfrontation zwischen Theorie und Beobachtung holistisch: Wenn überhaupt, dann passt eine logisch strukturierte Gesamtheit von theoretischen Sätzen – im Plural – zu den Beobachtungen, ebenfalls im Plural.²¹

Für unsere Zwecke ist es besonders aufschlussreich, sich auf das holistische Zusammenspiel der theoretischen Sätze unserer Naturwissenschaft zu konzentrieren. Dieser Holismus ist als Quine / Duhem-These in die Annalen eingegangen. Er besagt, dass naturwissenschaftliche Theorien nicht einfach als Summe ihrer isolierten Teilsätze betrachtet werden können, sondern eine Gesamtheit bilden, deren empirischer Aussagewert sich aus dem strukturierten Zusammenspiel ihrer Sätze ergibt.

Zunächst zum negativen Teil dieser holistischen Sicht: Ein einzelner Satz der Theorie kann nicht isoliert vors Tribunal der Erfahrung gestellt werden, lässt sich also durch Empirie weder widerlegen noch beweisen, ja nicht

17 Kuhn 1970, S. 155–158; Quine 1961b, S. 79.

18 Breitenbach 2013; Hossenfelder 2018; Wigner 1960; Chandrasekhar 1987; McAllister 1996.

19 Quine 1975.

20 So schon Einstein 1984, S. 116 f.

21 Duhem 1978, S. 267.

einmal entkräften oder in seiner Plausibilität stärken.²² Warum nicht? Weil ein einzelner Satz wie Einsteins

$$E = m c^2$$

für sich allein nicht viel besagt. Die theoretischen Ausdrücke E (Energie), m (Masse) und c (Lichtgeschwindigkeit) bekommen ihren Gehalt nur vor dem Hintergrund der Theorien, zu denen dieser Satz gehört; man muss eine ganze Menge aus jenen Theorien voraussetzen, um den Satz zu verstehen und einsetzen zu können. Der empirische Wert des *einzelnen* theoretischen Satzes beträgt also Null.²³

Im Unterschied hierzu besagt der positive Teil der holistischen Sicht: Der empirische Wert der Gesamtheit aller theoretischen Sätze ist nicht Null; im Ganzen können die Theorien sehr wohl vors Tribunal der Erfahrung gestellt werden.²⁴ Und wirklich, nur im Zusammenhang mit vielen weiteren Sätzen liefert Einsteins Satz handfeste Prognosen, die sich als wahr oder falsch herausstellen können, etwa zur Explosion einer Atombombe. Falls das Prognostizierte nicht eintritt, die Bombe also nicht explodiert, wäre damit nicht etwa » $E = m c^2$ « widerlegt, sondern nur die Gesamtheit *aller* Sätze, die zur Beschreibung des Verhaltens der Atombombe erforderlich sind; man wüsste dann, dass irgendwo im Gesamtsystem ein Fehler stecken muss, wüsste aber nicht, welcher falsche Satz die Fehlprognose verschuldet hat.

Es könnte z. B. an einem Satz über irgendeine Materialkonstante gelegen haben, die man in Los Alamos (dem Geburtsort der Atombombe) nicht genau genug kannte und deren falscher Wert den konstruierten Zündmechanismus untauglich machte; oder der Fehler hätte irgendwo in den Sätzen der beteiligten Ingenieurinnen, Chemiker oder Elektrikerinnen versteckt sein können. Wer bedenkt, wie viele Spezialisten der unterschiedlichsten Disziplinen am Bau der Atombombe beteiligt waren, dem wird schnell klar, dass die ausgebliebene Explosion nicht zwangsläufig auf einen Fehler in Einsteins Theorie zurückzuführen gewesen wäre; jeder der beteiligten Spezialisten hätte irgendwo einen entscheidenden Fehler machen können. Und selbst wenn man den Fehler nicht hätte lokalisieren können, wäre man mit guten Gründen berechtigt gewesen, ihn jedenfalls nicht in der Relativitätstheorie zu vermuten.

22 Die Metapher vom Tribunal der Erfahrung formuliert Quine 1961a, S. 41; dort auch klassische Argumente für den Holismus.

23 Siehe dazu im Rahmen von Quines Sprachphilosophie Müller 1998, S. 156–158. Vgl. Duhem 1978, S. 243.

24 Müller 1998, S. 179–188.

Die soeben skizzierten Verhältnisse nutzte Dirac, um (wie zitiert) die Immunität der Relativitätstheorie gegenüber widerspenstigen Erfahrungen zu plausibilisieren: Einsteins hochästhetische Theorie kann nur im Verbund mit vielen weiteren Sätzen getestet werden, und wenn dabei eine scheidende Prognose herauskäme, kann man die Schuld daran immer bei diesen zusätzlichen Sätzen sehen.

Wie man sieht, kann der Schönheitssinn in solchen Beispielen bei der Fehlersuche helfen – die freilich nicht immer eindeutig ausgehen muss; je nach Sachlage liegen die denkbaren Fehlerquellen entweder bei technischen Einzelheiten oder aber bei allgemeineren Sätzen, also bei Sätzen von ähnlichem Kaliber wie dem Extremfall » $E = m c^2$ «. Insofern Dirac, Einstein und ihre Kollegen aus der physikalischen Grundlagenforschung fest davon überzeugt gewesen sind, dass das Weltall in seinen grundlegenden Strukturen schön ist, waren sie nur unter größtem Widerstand bereit, das herrliche Herzstück ihres Gesamtbaus preiszugeben; der Fehler (im hypothetischen Fall einer gescheiterten Premiere der atomaren Kettenreaktion) hätte *irgendwo* anders liegen müssen. Die Überzeugung von der Schönheit der Strukturen des Weltalls führt also zu ästhetischen Forderungen an unsere naturwissenschaftlichen Überzeugungssysteme, die genau dort schön sein müssen, wo es um besonders grundlegende Themen geht – im tiefen Inneren des Systems.

7. Ein ästhetisches Werturteil

Machen wir uns klar, dass uns die zuletzt skizzierte Sichtweise weit vom Ideal wertfreier Wissenschaft entfernt. Diracs und Einsteins Schlüsselüberzeugung lautet:

(1) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen schön,

und an dieser Wertung orientieren beide ihre Suche nach der Wahrheit. Naturwissenschaftler brauchen solche Orientierungsmarken, an der sie ihre theoretische und empirische Forschung ausrichten – sonst würden sie im Durcheinander der empirischen Daten und theoretischen Argumente ertrinken. In gewisser Hinsicht sind Sätze wie (1) apriori, denn sie werden vom Wissenschaftler an die Empirie herangetragen; er *fordert* Schönheit in den Tiefenstrukturen des Universums, und diese Forderung kann nicht ohne weiteres empirisch widerlegt werden. Solange die grundlegenden Strukturen unschön wirken, solange hat man guten Grund weiterzuforschen. Daher können wir einen Satz wie (1) als neues Beispiel für regulative Ideen im

kantischen Sinne auffassen.²⁵ Doch vielleicht müssen wir Kants absolutes Apriori an dieser Stelle ein wenig relativieren: Ob der Satz vernünftigerweise unter allen, noch so widrigen Umständen aufrechterhalten werden sollte, mag man mit Fug und Recht bezweifeln. Nichtsdestoweniger hat nicht die Empirie das letzte Wort in dieser Angelegenheit; denn die bestimmt nicht eindeutig, ab welchem Punkte die widerspenstigen, unschönen Daten als Weisheit letzter Schluss aufzufassen wären. Wann wir einen Satz wie (1) aufgeben, hängt immer auch von uns ab.

Wie dem auch sei, das Werturteil in (1) führt die Naturwissenschaftler zu ganz bestimmten ästhetischen Kriterien bei der Theorienwahl; dort, wo die allertiefsten Züge des Universums beschrieben werden (nicht etwa bei irgendwelchen Materialkonstanten oder anderen bloß technischen Themen), hat der Schönheitssinn ein gewichtiges Wörtchen mitzureden.

Ich habe hier mit voller Absicht von einer Wertung gesprochen. Es geht den Physikern unter dem Stichwort der Schönheit nicht bloß um wertfrei eruierbare Gesichtspunkte wie Einfachheit oder Symmetrie. Nein, sie nutzen einen weit umfassenderen Begriff von Schönheit und Ästhetik, der mit seinen Gegenstücken aus den Künsten zwar nicht identisch, wohl aber verwandt ist.²⁶

Kein Zweifel, so wie in den Künsten kommt es auch in den Wissenschaften auf viele verschiedene Facetten dessen an, was den Sinn für Schönheit und fürs ästhetisch Gelungene anspricht – Symmetrie gehört dazu ebenso wie Einfachheit; Überraschungskraft ebenso wie Einheit in der Vielfalt; Geschlossenheit ebenso wie schwindelerregende Tiefe; Kühnheit im Gestaltwechsel ebenso wie wohlplatzierter Symmetriebruch.

Scharf definieren lässt sich nichts davon, weder hier noch da. Und obgleich in Kunst wie in Wissenschaft das ästhetische Urteil über jeden ein-

25 Kant hat diese Denkfigur zwar nicht auf Schönheit angewandt, sondern z. B. auf das Homogenitätsprinzip (wonach wir die Vielfalt der Phänomene auf möglichst wenige Grundkategorien zurückführen sollen), aber er hat deutlich gesehen, dass es ohne derartige regulative Prinzipien nicht möglich wäre, empirische Wissenschaft zu betreiben (Kant 1976, A 642–668, B 670–696, insbes. A 652, B 680, A 660, B 688).

26 Diese Verwandtschaftsthese lässt sich nicht *in abstracto* begründen; anderswo habe ich sie (ebenso wie den Schluss dieses Abschnitts) mittels umfangreicher Fallstudien plausibel zu machen versucht (Müller 2019). – Zur Terminologie: Im vorliegenden Aufsatz benutze ich Ausdrücke wie »schön«, »ästhetisch« usw. ohne Bedeutungsunterschied; dass man heutzutage in der Kunstwelt besser nicht vom Schönen sprechen sollte, ist meiner Ansicht nach nur eine stilistische Mode. (Auch Ausdrücke wie »moralisch« und »ethisch« werde ich bedeutungsgleich verwenden).

zelnen Fall immer von einer Fülle verschiedenster Gesichtspunkte mit jedes Mal neu auszutarierenden Gewichtungen abhängt, obgleich es also keinen algorithmisierbaren Maßstab für das Schöne gibt, sind sich zum Beispiel die Physikerinnen und Physiker verblüffend oft in ihren Einzelurteilen einig – nicht viel anders als Kunstkennnerinnen in ihrem jeweiligen Bereich.

8. Einfallstor für die Moral?

Im vorigen Abschnitt habe ich eine Stelle (tief im theoretischen Innern unseres wissenschaftlichen Meinungssystems) benannt, an der ein ganz bestimmter Wert in die Naturwissenschaft eindringt und eindringen darf: der Wert der Schönheit. Nun ist Schönheit nicht der einzige Wert, der uns wichtig ist. Das legt es nahe zu fragen, warum wir an derselben Stelle nicht noch völlig andere Werte in die naturwissenschaftliche Arbeit einfließen lassen, z. B. Gerechtigkeit. Warum orientieren wir uns in der Wissenschaft an unserem Schönheitssinn und nicht an unserem Sinn für Moral?

Die Frage weckt unguete Gefühle, schauen wir also genauer hin. Denken wir beispielsweise an eine Utilitaristin, die aus moralischen Gründen diejenigen Theorien verfißt, deren Verbreitung das größte Glück der größten Zahl nach sich zieht, und zwar unabhängig davon, wie plausibel die fraglichen Theorien sind.

Vielleicht passt dieses Beispiel noch nicht gut genug in unseren Zusammenhang: Wenn die Utilitaristin selber die anderslautende Wahrheit kennt und wenn sie sie nur der Menschheit zuliebe unterdrückt, so hätte das mit ehrlicher Wissenschaft nichts zu tun – es wäre eine besonders moralische Form von Wissenschaftskommunikation. Was man denkt, ist eine Sache; was man sagt, eine andere. Und es liegt auf der Hand, dass es gewichtige Fälle geben mag, in denen verantwortungsbewusste Wissenschaftler gut beraten sind, nicht all ihre Erkenntnisse öffentlich zugänglich zu machen. Selbstverständlich müssen Wissenschaftler die außerwissenschaftlichen Folgen ihres Tuns und Sprechens mitbedenken. Mir aber geht es nicht um dieses berühmte Thema der moralischen Verantwortung des Wissenschaftlers – sondern um die Frage, ob bereits die wissenschaftliche Wahrheit moralisch reglementiert werden muss.

In der Tat, wie wäre es, wenn die Utilitaristin schon bei der Wahrheitsuche moralisch vorgeht, sich also nur diejenigen wissenschaftlichen Überzeugungen aneignet, deren Konsequenzen optimal sind? Es wäre das Ende dessen, was wir Naturwissenschaft nennen. Doch dass so etwas (im Rahmen des Utilitarismus) zuweilen moralisch geboten sein mag, lässt sich

leicht durch konstruierte Fälle illustrieren: Der reiche Onkel droht, unsere utilitaristische Naturwissenschaftlerin zu enterben, falls sie in ihrem eigenen Fachgebiet nicht die und die naturwissenschaftliche Überzeugungen annimmt, die sie bislang für falsch gehalten hat. Im Testament ist ein notarieller Test mit Lügendetektor vorgesehen, und die Nichte hat die Erbsumme schon für hochfliegende Projekte zur Beglückung der Menschheit verplant.

9. Falsche Gründe aus Moral und Ästhetik

Wer noch bei Sinnen ist, wird dem moralischen Beispiel aus dem vorigen Abschnitt wissenschaftsphilosophisch widerstehen. Im Beispiel geht es nicht um intrinsische Gründe für diesen oder jenen *Inhalt* einer Überzeugung, sondern um extrinsische Gründe für die *Ausbildung* dieser oder jener Überzeugung; in der Naturwissenschaft geht es hingegen um Inhalte, nicht um die psychologische Tatsache, dass jemand diese oder jene Überzeugung ausbildet, dies oder das für richtig hält. Kurzum, Naturwissenschaftler zielen mit ihrer Arbeit auf die Sache selbst, nicht auf psychologische Fakten.²⁷ Und der utilitaristische Sinn für Moral liefert (in geeigneten Beispielen) nur moralische Gründe zugunsten der Ausbildung gewisser psychologischer Zustände, nicht zugunsten naturwissenschaftlicher Inhalte.²⁸ So wie beschrieben stellt er also kein plausibles Kriterium für Meinungsbildung und Theorienwahl dar.²⁹

Übrigens könnte auch der Sinn für Ästhetik seinen Hebel auf ähnliche Weise am falschen Platz ansetzen. Wenn z. B. zwei konkurrierende Theorien mit Blick auf alle relevanten Beurteilungskriterien gleich gut dastehen, nur nicht unter ästhetischer Beurteilung, dann könnte ein Ästhet sagen: Ich

27 Klarerweise gilt die Feststellung nicht ohne weiteres für die Wissenschaft der Psychologie; doch lässt sich meine Überlegung mühelos an diesen verzwickten Spezialfall anpassen: Auch im Fall einer Psychologin können wir zwischen dem Inhalt ihrer psychologischen Überzeugungen und der psychologischen Tatsache der Ausbildung dieser Überzeugungen unterscheiden.

28 Hier haben wir offenbar einen neuen Anwendungsbereich der Unterscheidung zwischen richtigen und falschen Arten von Gründen, die ursprünglich in moralphilosophischen Zusammenhängen eingeführt wurde (Gertken et al. 2017).

29 Zugegeben, der Utilitaristin kann dieses Argument gleichgültig sein, solange es ihr nur um Moral, nicht um Naturwissenschaft zu tun ist. Doch wie ich in einem anderen Zusammenhang gezeigt habe, lässt sich ihre utilitaristische Haltung nicht konsequent auf sämtliche Sprech- und Denkkakte ausdehnen (Müller 2003b).

entscheide mich einzig und allein deshalb für die schönere Theorie, weil es keinen wissenschaftlichen Qualitätsunterschied zwischen den beiden Theorien gibt und weil es mir nun einmal tieferes Vergnügen bereitet, mit einer schönen Theorie zu arbeiten.³⁰ Ja, der vergnügungssüchtige Freund des Schönen könnte sich frivolerweise sogar dann für die schönere Theorie aussprechen, wenn sie ihrer hässlicheren Konkurrentin mit Blick auf andere Kriterien unterlegen ist (und z. B. weniger gut zu den Daten passt).

Wer so arbeitet, geht mit der wissenschaftlichen Wahrheit nicht viel besser um als die utilitaristische Nichte aus dem Beispiel davor. Auch unserem Ästheten ist es weniger um die wissenschaftliche Sache zu tun als um sachfremde Umstände. Es kann sich natürlich trotzdem so fügen, dass ihn die vergnügungssüchtige, schönheitsbeflissene Arbeit zu naturwissenschaftlichen Erfolgen führt; doch ebenso könnte die utilitaristische Nichte zufälligerweise die Wahrheit treffen, obwohl sie das gar nicht vorhatte und stattdessen auf das größte Glück der größten Zahl zielte.

Wie dem auch sei, jetzt stehen wir an einem Punkt, wo sich in naturwissenschaftlichen Angelegenheiten eine missliche Analogie zwischen Schönheitssinn und Sinn für Moral abzeichnet. Der dubiose Einsatz der Moral in wissenschaftlichen Fragen ist offenbar geeignet, den analogen Einsatz ästhetischer Mittel zu desavouieren. Doch damit ist die Geschichte nicht erledigt. Wie ich im kommenden Abschnitt zunächst dartun möchte, müssen Naturwissenschaftler ihren Sinn für Ästhetik nicht immer so sachfremd, vergnügungssüchtig und selbstbezogen einsetzen wie in meinen letzten Beispielen.

10. Zurück zu den Sachen

Dirac, Einstein und ihren Kollegen ging es nicht in erster Linie um das ästhetische Vergnügen bei der physikalischen Arbeit. Sie waren nicht aus selbstbezogenen und sachfremden, sondern aus sachbezogenen Gründen der festen Überzeugung, dass die ästhetisch herrliche Allgemeine Relativi-

30 Solche Fälle zitiert Hossenfelder und lässt damit ihrem Pessimismus in Sachen Ästhetik und Physik freien Lauf (Hossenfelder 2018, S. 222). Dieser Pessimismus mag mit Blick auf übertrieben ästhetische Tendenzen der gegenwärtigen Grundlagenforschung einige Berechtigung haben, beruht aber zum Teil auf einer übertrieben empiristischen Wissenschaftsphilosophie, die inzwischen aus den Gründen als überholt gilt, an die ich im 6. und 7. Abschnitt knapp erinnert habe (Hossenfelder 2018, S. 2, 222 f., 233 et passim).

tätstheorie zutreffen muss. Beide hatten (genau wie viele ihrer Kollegen) auf der Sachebene eine tiefliegende Überzeugung, an die ich noch einmal erinnern möchte:

(1) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen schön.

Hier tritt uns wie gesagt ein bestimmtes Werturteil entgegen, doch aus dieser Tatsache allein folgt nicht, dass sein Anhänger an sich selber denkt, wenn er sich auf der Suche nach der Wahrheit an dem Satz orientiert. Im Gegenteil, er lässt sich von einer höchst positiven Beurteilung des Weltalls leiten.

Und so stellt sich die Frage aus dem letzten Abschnitt erneut, wenn auch in anderer Form. Jetzt lautet die Frage, warum nicht auch ein Moralist das Weltall auf der Sachebene positiv beurteilen kann, und zwar nicht ästhetisch positiv, sondern moralisch positiv. Hier drei Beispiele für derartige Überzeugungen:

(2) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen moralisch gut.

(3) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen moralisch geboten.

(4) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen gerecht.

Es ist alles andere als einfach, diesen Sätzen im Rahmen von Naturwissenschaft guten Sinn abzugewinnen.³¹ Was es heißen soll, dass die grundlegenden Strukturen des Weltalls schön sind, ist den Physikern klar genug; diese Strukturen folgen dann z.B. bestimmten Symmetrien – so dass es etwa zu jedem Elementarteilchen ein Antiteilchen gibt (mit gleichen Eigenschaften und entgegengesetzter Ladung). Aber was soll es heißen, dass die Grundstrukturen des Weltalls z.B. gerecht sind? Gerechtigkeit betrifft die Verhältnisse unter uns Menschen und nicht die grundlegenden Verhältnisse auf der Ebene der Elementarteilchen. (Genauso mit dem Guten und dem Gebotenen; es hat wenig Sinn zu sagen, dass eine bestimmte Tatsache aus dem Elementarteilchenzoo moralisch gut oder geboten ist).

Wenn wir hier steckenbleiben, so könnte das freilich mit einseitiger Berichterstattung zusammenhängen: In der heutigen Erfolgsgeschichte unserer Physik werden viele positiv bewertete Beispiele für dezidiert ästhetische Gesichtspunkte bei der Theorienwahl überliefert, während die Geschichtsschreibung moralische Gesichtspunkte entweder negativ bewertet – oder gar nicht erst erwähnt. Könnte es nicht sein, dass beide Arten von Gesichts-

31 Nichtsdestoweniger können wir z.B. dem Satz (2) in einer theologischen Diskussion der Theodizee guten Sinn zuweisen, also außerhalb der Naturwissenschaft (und außerhalb der Fragestellung dieses Aufsatzes).

punkten *de facto* für den Fortschritt gleichermaßen wichtig gewesen sind und nun nur im Nachhinein mit zweierlei Maß gemessen werden?

Auf diese Frage muss ich die Antwort schuldig bleiben; sie ließe sich nur durch umfangreiche Fallstudien klären. Hierfür müsste man in mühevoller Kleinarbeit den Einfluss der Religion herauszufiltern versuchen; was dabei aller Voraussicht nach herauskäme, kann ich nur anzudeuten versuchen: Noch in der Neuzeit orientierten sich die Naturwissenschaftler ausdrücklich an ihren religiösen Grundüberzeugungen, aus denen sich einerseits ästhetische Anforderungen ergaben, andererseits ethische – die Natur war schön und gut, weil von Gott durchdrungen.

Offenbar wirkte die Mischung aus Theologie und Moral konservativ, diejenige aus Theologie und Ästhetik dagegen progressiv: Aus religiös-moralischen Gründen (z.B. zuliebe der Sonderstellung des Menschen im Universum) lehnte man das heliozentrische Weltbild ab, während religiös-ästhetische Gründe für dieses neue Weltbild sprachen. Die antagonistische Arbeitsteilung zwischen Moral und Ästhetik scheint sich durch die Geschichte der Physik hindurchzuziehen, und zwar bis hin in die Zeiten, in denen Gott aus der Naturwissenschaft ein für alle Mal vertrieben worden war. Ich finde es bemerkenswert, dass der ursprünglich mithilfe von Gott motivierte Schönheitssinn auch nach Beseitigung Gottes seine naturwissenschaftliche Respektabilität behalten konnte, während der Sinn für Moral zusammen mit Gott aus dem offiziellen Repertoire der naturwissenschaftlich relevanten Gesichtspunkte herausfiel. Und so gelten heute der Verweis auf Gott und Moral als reaktionäre Hemmnisse für den Wissenschaftsfortschritt.³²

Im Folgenden möchte ich Gott aus dem Spiel lassen und ohne die Ergebnisse historischer Fallstudien weiterzukommen versuchen. Und zwar werde ich anhand dreier Beispiele auszuloten versuchen, ob es in der Naturwissenschaft nicht doch plausible Ansatzpunkte für die Moral geben mag – also Ansatzpunkte dafür, dass moralischen Erwägungen eigenes inhaltliches Gewicht bei der Begründung von Theorien zukommen kann und darf.

32 Ein (vermeintliches) Beispiel aus der Wissenschaftsgeschichte bespreche ich in Fußnote 44.

11. Freiheit oder Determinismus?

Es könnte z. B. sein, dass sich bestimmte Annahmen aus unserer moralischen Praxis nicht mit dem durchgehenden Determinismus vertragen, der im Gefolge der newtonischen Mechanik jahrhundertlang die Bühne beherrscht hat. Im Rahmen dieses Aufsatzes kann ich dies gigantische Thema nur kurz streifen, nicht entfalten und schon gar nicht abschließend klären. Daher nur einige Andeutungen. Wenn (i) eine Voraussetzung für Moral in unserer Entscheidungsfreiheit liegt und wenn sich (ii) unsere Entscheidungsfreiheit nicht mit einem universellen Determinismus vereinbaren lässt, dann könnten wir gut beraten sein, unserem Sinn für Moral zuliebe gegen den Determinismus zu plädieren.³³ Hier hätten wir ein Beispiel, in dem keine ästhetischen, sondern moralische Aspekte in die Theorienwahl hineinfunkeln.

Sobald man sich den Details dieser verführerischen Idee zuwendet, wird sie unübersichtlich. Ich nenne kurz einige der Komplikationen, die daran schuld sind. Erstens hängt die Idee u. a. von Voraussetzung (ii) ab, die zur theoretischen Philosophie gehört. Es wäre also nicht unser Sinn für Moral alleine, der in den Streit zwischen Deterministinnen und Indeterministen hineinfunkte; es wäre die gesamte Philosophie, praktisch und theoretisch. Und leider kann man (ich muss es zugeben) mit philosophischen Mitteln überall hineinfunkeln; mit philosophischen Mitteln kann man sogar ganz gegen Naturwissenschaft plädieren – was natürlich nicht meine Absicht ist.

Zweitens müsste der moralisch motivierte Protest gegen den Determinismus nicht unbedingt naturwissenschaftliche Konsequenzen zeitigen. Man könnte auch auf einer *metaphysischen* Ebene gegen Determinismus und für Freiheit plädieren, außerhalb des Anwendungsbereichs der Physik, Chemie, Biologie, Neurophysiologie.³⁴

Drittens spielte sich der physikalische Streit zwischen Deterministinnen und Indeterministen auf einer grundlegenden Ebene ab, also recht weit von uns Menschen entfernt. Dies Thema ist nur indirekt mit unserer Entscheidungsfreiheit verbunden, und so nimmt es kaum Wunder, dass der Determinismus (etwa der newtonischen Mechanik) nicht stark an unserem moralischen Selbstbild kratzen konnte.

33 Müller 2010, Abschnitte IX, XIV, XV.

34 Mehr zur metaphysischen Freiheit in Müller 2007a. Mehr zu einer Metaphysik außerhalb des Anwendungsbereiches der Naturwissenschaften in Müller 2003a; Müller 2007c; Müller 2007b.

Anders steht die Sache, sobald der Determinismus näher an uns heranrückt. Seit Jahrzehnten mehren sich die Indizien dafür, dass unser *Gehirn* genau an der Stelle durch und durch determiniert ist, wo wir unsere Freiheit vermutet haben: Neurophysiologische Prozesse steuern und bestimmen unsere Entscheidungen offenbar lange, bevor uns das bewusst wird.³⁵ Dieser neuronale Determinismus (der auch im Rahmen einer indeterministischen Mikrophysik zuschlagen kann) geht stärker an unsere Substanz. Hier, wenn überhaupt irgendwo, müsste die Moral in die Naturwissenschaft hineinfunkeln.

Nur: Der Bereich der Naturwissenschaft, in den die Moral also am ehesten hineinfunkeln müsste, liegt nicht auf der Ebene der Grundlagenfragen – nicht dort, wo wir laut Quines, Einsteins und Diracs Holismus über einen großen Manövrierspielraum für außerempirische Kriterien der Theorienwahl verfügen. Kurzum, der Sinn für Moral scheint keine starken Aktien bei den Themen zu haben, wo er sich holistischerweise ohne Schaden in die Naturwissenschaft einmischen *darf*; und wo er sich einmischen *will*, bei lebensnäheren, also weniger theoretisch-grundlegenden Themen, da ist der Manövrierspielraum für die Einmischung außerempirischer Gesichtspunkte nur schmal (falls überhaupt existent). Ja, man mag fragen, ob es intellektuell redlich wäre, neurophysiologischen Ergebnissen aus moralischen Gründen zu widersprechen; eher angezeigt wäre der moralisch motivierte Widerspruch gegen überzogene philosophische Interpretationen seitens der Neurophysiologinnen – und vielleicht sogar der moralische Widerspruch gegen die letztlich anti-humanistische Wahl solcher neurophysiologischer Forschungsfragen.³⁶

Im kommenden Abschnitt werde ich das soeben erreichte Zwischenergebnis erhärten und ein weiteres naturwissenschaftliches Beispiel betrachten, das in den Einflussbereich der Moral geraten könnte und ebenfalls nur auf den ersten Blick mit überaus grundlegenden Fragen zu tun hat.

35 Libet 2004; Libet 1999; Libet et al. 1986; Libet 1985; Haynes et al. 2007; Haynes et al. 2006; Haynes et al. 2005.

36 An dieser letzten Wendung zeigt sich, dass die Moral auf jeden Fall ein Wörtchen dabei mitzureden hat, welche Forschungsprojekte verfolgt und z. B. von der Gesellschaft finanziert werden sollten. Dieser offenkundige Einfluss der Moral auf die naturwissenschaftliche Forschung ist nicht mein Thema; mir geht es um moralischen Einfluss auf Forschungsergebnisse, nicht um moralischen Einfluss auf Forschungsfragen.

12. Schwarz/Weiß-Malerei: Binäres Denken als Grundübel einer von weißen Männern dominierten Wissenschaft?

Jetzt soll es um eine politisch-moralisch motivierte Korrekturmöglichkeit naturwissenschaftlichen Denkens gehen, die sich an der ungerechten Behandlung von Frauen, Lesben, Schwulen, Bisexuellen, Intersexuellen sowie Transsexuellen in unseren Gesellschaften entzündet und dann die Kritik daran bis ins Herz wissenschaftlicher Grundlagenfragen fortzusetzen trachtet. Laut dieser Sichtweise zieht sich ein Grundübel durch das gesamte Denken und Tun unserer westlichen Wissenschaftskultur: die Einteilung, ja gewaltsame Unterordnung einer verwirrend bunten Vielfalt von Wesen und Phänomenen in binäre oder polare Kategorien.

Die angebliche Geschlechterpolarität mit dem Gegensatz zwischen rationalen Männern und emotionalen Frauen wäre ein Beispiel für diesen verhängnisvollen Trend.³⁷ Nur weil wir (so die Idee) aus schlechter wissenschaftlicher Gewohnheit überall binäre Kategorien zur Klassifikation einsetzen, konnte sich die ökonomische, politische und moralische Vorstellung von einem Gegensatz zwischen Männern und Frauen durchsetzen, der dann auch einen vermeintlichen Wertunterschied nach sich zog – mit allen fatalen Folgen, die wir bis heute vergeblich zu überwinden suchen. Nicht viel anders resultiert (so könnte man den Gedanken ausdehnen) der rabiante Umgang unserer Gesellschaften mit Lesben, Schwulen, Bisexuellen, Intersexuellen und Transsexuellen ebenfalls aus dem binär klassifizierenden Denken unserer westlichen Kultur.

Und in der Tat, insofern wir gegen die genannten Diskriminierungen trotz einer Fülle gesellschaftlicher Maßnahmen wie Quoten, Sprachreformen, Achtsamkeitsübungen usw. kaum nennenswert vorangekommen sind, könnte es an der Zeit sein, das Übel bei der Wurzel zu packen und am begrifflichen Fundament der Wissenschaft für eine Reform zu sorgen – schaffen wir aus moralischen Gründen die Idee einer Ontologie binärer Kategorien mit scharfen Grenzen ab.³⁸ Oder schaffen wir sicherheitshalber jedwede Ontologie mit starren Kategorien ab.

37 Unter feministisch Gesinnten gilt es als Gemeinplatz, dass diese Polarität ein geschichtlich gewachsenes Konstrukt darstellt (*locus classicus* ist Hausen 1976). Wann und auf welchem Weg sie in unsere Gesellschaften eingedrungen ist, darüber streiten die Gelehrten, und ich verfolge oben nur eine der zahllosen Spuren, die es zu beachten gilt.

38 Derartige Reformvorschläge (wenn auch in etwas anderer Stoßrichtung) betrachtet z. B. Harding 1986, S. 136, S. 155 f. *et passim* mit Verweis auf weitere Literatur. Da sie sich in den unterschiedlichsten Spielarten und den verschiedensten gedanklichen Umgebungen herausgebildet haben, muss ich um der Kürze willen auf textnahe Erör-

Solche Vorschläge können wir als Spezialfälle des Satzes (4) von der Gerechtigkeit der grundlegenden Strukturen unseres Weltalls fassen, und zwar ungefähr wie folgt:

(4*) Das Weltall ist in seinen grundlegenden Strukturen insofern gerecht, als es keine Entitäten, Wesen und Phänomene enthält, die sich eindeutig in eine fixe Ontologie mit scharfen Grenzen einordnen lassen; wo die Zugehörigkeit zu einer Kategorie keine eindeutig feststehende Tatsache darstellt, können schon im wirklichkeitsgetreuen *Denken* keine unaufhebbaren Unterschiede fixiert werden, und so ist auch der Diskriminierung im *Tun* jede Grundlage entzogen.

Bei aller Sympathie für die Ziele dieses grundstürzenden Projekts möchte ich vor seinen Folgen warnen. Wer in der Naturwissenschaft ganz ohne feste Kategorien auskommen will, müsste ja z. B. auf die eindeutigen Unterschiede zwischen den Elementarteilchen (wie Elektronen *versus* Protonen) verzichten, und so bräche nicht nur im Teilchenzoo die reinste Anarchie aus, sondern auch in allen Bereichen, die darauf aufbauen (wie z. B. im Periodensystem der chemischen Elemente).

13. Die lebendige Natur ist *queer*

Nichts gegen wissenschaftliche Revolutionen. Selbstverständlich können wir unter bestimmten Bedingungen gut beraten sein, grundstürzende Änderungen an unseren Theoriegebäuden vorzunehmen – Heisenbergs Unschärferelation ist ein gutes Beispiel dafür ebenso wie seine Preisgabe des durchgängigen Determinismus; mit beidem haben er und seine Mitstreiter die Physik aus allzu starren Geleisen und Denkweisen befreit. Doch diese Entwicklung wurde nicht von moralischen Erwägungen angetrieben, sondern von einer Mischung aus Empirie und Ästhetik.³⁹ Und es wäre geradezu mutwillig, derartige Umstürze stattdessen aus politisch-moralischen Motiven anzuzetteln.⁴⁰

terungen verzichten und stattdessen eine Variante skizzieren, die sich terminologisch und inhaltlich an meinen Gedankengang anschließen lässt. So wie im Fall meiner anderen beiden Beispiele kann die angebotene Skizze keine eingehende Diskussion ersetzen (die ein Thema für eine eigene Monographie wäre).

39 Heisenberg 1981.

40 Wie sich gerade am Beispiel der Quantenmechanik zeigen lässt, müssen moralische und physikalische Themen zwar nicht beziehungslos nebeneinanderstehen, aber es

Damit habe ich nichts dagegen gesagt, an einigen Stellen unserer Naturwissenschaft skeptischer mit festen ontologischen Kategorien umzugehen, etwa in der Biologie. So macht Brigitte Luis Guillermo Baptiste, die Direktorin des kolumbianischen Humboldt-Instituts für Forschung zur Biodiversität mit vollem Recht darauf aufmerksam, dass das – biologische – Naturreich *queer* ist, etwa bei Pflanzen, die während ihrer Lebensdauer das Geschlecht ändern.⁴¹ In der Tat hat sie als transsexuelle Person mit entsprechenden politisch-moralischen Sensibilitäten einen guten *Anlass*, die ontologischen Kategorien zweier stabiler Geschlechter im Pflanzenreich zu hinterfragen – aber am Ende bieten die botanischen Beobachtungen schon für sich allein einen schlagenden *Grund* für den Protest gegen übertriebene Schwarz/Weiß-Malerei. Aus moralischer Motivation und aus botanischer Beobachtung resultierte also ein begrenzter Eingriff in die überholte und überstarre Ontologie einer einzigen Disziplin. Das ist etwas anderes als ein Rundumschlag gegen jedwede statische Ontologie in den Naturwissenschaften überhaupt.⁴²

Wie man an diesem und dem vorigen Beispiel sieht, zeigen sich bei grober Betrachtung durchaus plausible Ansatzpunkte für die Moral bei den allerallgemeinsten Grundlagen der Wissenschaft – einmal beim Thema des Determinismus, danach beim Thema der Ontologie. Bei genauerer Betrachtung dieser Beispiele verkleinert sich aber der Machtbereich der Moral jedesmal; dann ist nicht mehr von Determinismus schlechthin die Rede, sondern lediglich von Determinismus im Gehirn (keinem physikalischen, sondern einem biologischen Thema) – bzw. nicht mehr von Ontologie schlechthin, sondern lediglich von biologischer Ontologie. Nichtsdestoweniger ist es alarmierend zu spüren, wie schnell der Sinn für Moral überzuschießen droht und sich in Bereichen breitzumachen trachtet, in denen er nichts verloren hat. Ganz anders der Schönheitssinn, der gerade dort am stärksten wirkt und wirken darf, wo dem Sinn für Moral offenkundige Grenzen gesetzt sind: um es zu wiederholen, im Inneren der Theorien, also bei besonders grundlegenden Fragen.

kommt auf die Richtung ihrer Verbindung an. So versuchte man aus der indeterministischen Quantenphysik *erst nach ihrer Durchsetzung* Kapital zugunsten menschlicher Freiheit zu schlagen (Jordan 1986, S. 213 f., S. 225–227). Schon dieser Schachzug war mit Recht umstritten, aber es wäre keine ernstzunehmende Option gewesen, stattdessen umgekehrt aus der menschlichen Freiheit auf den quantenphysikalischen Indeterminismus zu schließen.

41 Baptiste 2018.

42 Und es ist etwas anderes als die aus der analytischen Sprachphilosophie geläufige ontologische Relativität eines Quine (Quine 1969, dazu Müller 2004).

14. Die Moral setzt beim Menschen an

Die Moral hat in den Tiefen der Naturwissenschaft nichts verloren, so das Ergebnis der bisherigen Überlegungen.⁴³ Um das verständlich zu machen, brauchen wir nur an die Themen zu denken, an denen sich moralische Urteile zu entzünden pflegen. Nehmen wir an, wir wünschten uns aus moralischen Gründen eher diese als jene Theorie – wovon könnten die fraglichen Theorien handeln? Von Photonen? Von der Struktur des Raumes und der Zeit? Von Superstrings, Kaonen und Betateilchen? Von der Zerlegbarkeit des weißen Sonnenlichts?

Wohl kaum. Das sind keine Themen, an denen sich das moralische Gemüt erhitzt.⁴⁴ Sie haben wenig mit menschlichen Belangen zu tun. Ob man diese oder jene Theorie zur Struktur der Raumzeit verfißt, ändert nichts an den wenigen großen moralischen Fragen unserer Zeit (wie z. B. am Klimaproblem). Es ändert auch nichts an den vielen kleinen moralischen Fragen unserer Zeit (wie z. B. an der Frage, wieviel Treue und wieviel Ehrlichkeit wir einander in Liebesbeziehungen schulden).

Kurzum, unser Sinn für Moral ist taub für derartige naturwissenschaftliche Themen. Ganz anders steht es mit dem Schönheitssinn. Unser Schönheitssinn ist alles andere als taub für die erwähnten Themen; er reagiert voller Begeisterung z. B. auf Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie, wie ich im 3. und 4. Abschnitt vorgeführt habe.⁴⁵

43 Gegen Missverständnisse: Wenn ich der Moral *in den Tiefen der Naturwissenschaft* einen Riegel vorschleibe, dann möchte ich damit nicht sagen, die Moral wäre der grundlegenden Naturwissenschaft methodologisch unterlegen – im Gegenteil, meiner Ansicht nach sollten wir beiden Disziplinen denselben erkenntnistheoretischen Respekt zollen (Müller 2008).

44 Gibt es Ausnahmen? Goethe ist beispielsweise oft so interpretiert worden, als protestiere er gegen Newtons Optik vornehmlich aus moralischen Gründen, die sich zu allem Überfluss auch noch mit religiösen Gründen vermengt hätten (Schöne 1987, S. 63–67 *et passim*). Insofern diese Interpretation dazu dienen soll, Goethes Newton-Kritik als unwissenschaftlich zu entlarven, bestätigt sie meine These, dass Moral und Religion bei der naturwissenschaftlichen Wahrheitssuche nichts verloren haben. Doch mit Blick auf Goethe ist die Angelegenheit weniger eindeutig: Zwar hat er den newtonianischen Experimentatoren die Folterung des Lichts vorgeworfen (Goethe 1958, § 114), aber laut meiner Interpretation bietet dies nur einen polemischen Nebenstrang seiner bedenkenswerten Newton-Kritik, die in erster Linie auf Symmetrie-Überlegungen beruht, ja auf Ästhetik (Müller 2015, Teil II).

45 Vielleicht fragen Sie: Unser Schönheitssinn? Ich gebe es zu – es war übertrieben, so zu reden. Die meisten von uns verstehen die Allgemeine Relativitätstheorie nicht,

Wenn dem so ist, dann sollten wir als letztes einen wissenschafts- und moralphilosophischen Blick auf ein naturwissenschaftliches Thema werfen, das uns Menschen stark betrifft und so gut wie gar nichts damit zu tun hat, was die Welt im Innersten zusammenhält: auf den Klimawandel.

15. Wohlmeinende Klimatologen

Die Klimatologen müssen mit unüberschaubaren Datenmassen fertigwerden. Das schiere Ausmaß dieser Daten stellt alles das weit in den Schatten, womit z. B. Kepler kämpfen musste, als er sich Tycho Brahes Daten bemächtigt hatte. Für moralische Zwecke ist es gleichgültig, ob der Mars die Sonne seit jeher auf einem Kreis oder auf einer Ellipse umrundet. Wenn sich dagegen seit hundertfünfzig Jahren die Erdatmosphäre wegen unserer CO₂-Emissionen erwärmt, so ist das von höchstem moralischen Interesse. Erstens ergeben sich daraus gravierende moralische Kompensationspflichten des reichen Nordens (dessen Wirtschaft von diesen Emissionen erheblich mehr profitiert hat als der Rest der Weltwirtschaft). Zweitens führt die Extrapolation dieser Entwicklung zu der Forderung, dass die Menschheit ihre CO₂-Emissionen gravierend einschränken muss.⁴⁶

Nun hängen viele Einzelheiten der geforderten CO₂-Beschränkung nicht allein von der Tatsache ab, dass sich die Erdatmosphäre infolge unserer CO₂-Emissionen erwärmt *hat*, sondern von weitergehenden Behauptungen etwa darüber, wieviel CO₂ unsere Erdatmosphäre noch vertragen *wird*, bevor das Klima unwiederbringlich umkippt oder bevor die Temperatur durchschnittlich um diesen oder jenen noch für unbedenklich gehaltenen Wert steigt.

Ich möchte zum Zweck der Diskussion und bei aller Sympathie für die moralischen Ziele der Klimaforscher eine Voraussetzung machen, die sich

können also auch keine ästhetischen Urteile über diese Theorie ausbilden. Könnte es nicht sein, dass unser Sinn für Moral deshalb nicht auf Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie reagiert, weil wir diese Theorie nicht verstehen? Selbst wenn es sich so verhielte, wäre es nicht entscheidend. Um das zu zeigen, muss ich meine These nur unwesentlich einschränken: Diejenigen, die Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie verstehen, reagieren darauf mit ästhetischem Enthusiasmus, spüren aber keinerlei Drang zu einer moralischen Reaktion. (Eine Ausnahme war die sog. Deutsche Physik, deren moralische Hauptkritik sich freilich nicht am Inhalt der Relativitätstheorie entzündete, sondern an der Herkunft der Vorfahrinnen ihres Urhebers).

46 Viele ethische und ökonomische Details zu beidem in Müller 2009.

möglicherweise aus der Chaostheorie ergibt und die ich hier deshalb nicht zu begründen brauche, weil bereits ihre hypothetische Diskussion lehrreich ist. Sie lautet: Aus den entsetzlichen Datenmassen alleine scheinen sich keine eindeutigen Prognosen herausdestillieren zu lassen; das Klima ist ein chaotisches System, in dem sich Abermillionen winziger Regelkreise und allerlei riesige Strömungen überlagern, durchkreuzen, kompensieren, verstärken. Wieso sollte das zu treffsicheren Prognosen führen? Die Ergebnisse der eingesetzten Computersimulationen sind nicht robust, denn sie beruhen immer entscheidend auf Modellparametern, die sich nicht mit der erforderlichen Akkuratess fixieren lassen – und auf zahllosen weiteren Modellannahmen, die eben nur Annahmen sind.

Wenn diese Voraussetzung zutreffen sollte, so eröffnet sich ein Spielraum für Wahlfreiheiten zwischen den denkbaren Prognosen: ein Spielraum, vor dessen Ausbeutung im Namen der Moral ich warnen möchte. Denn wer an dieser Stelle die mangelnde Eindeutigkeit der Daten mittels moralischer Vorgaben glattbürstet, so wie Kepler mittels ästhetischer Vorgaben aus dem Datenchaos die Ellipsenbahn der Planeten herauszauberte, überspannt den Bogen.

Warum reagieren wir allergisch, wenn sich herausstellt, dass Klimaforscher mit ihrem Datenchaos so nonchalant umgehen wie viele Physiker mit dem ihrigen? Warum stört es uns, wenn klimatologische Prognosen moralisch geschärft werden, während wir es den Physikern nachsehen, dass sie eine anständige Kurve durch ihre Messdaten legen wollen und dabei ihrem Schönheitssinn lauschen? Ist es nicht löblich, wenn die Klimaforscher ihre Prognosen aus Sorge um die Menschheit schärfer und deutlicher herausstellen, als es die Empirie alleine erlaubt?

Einerseits stört es uns deshalb, weil wir fürchten, über den Tisch gezogen zu werden. Wir möchten wissen, wieviel die klimatologische Empirie beweist, und zwar unabhängig von moralischen Meinungen. Wir möchten z. B. wissen, ob die Empirie auch Leute mit anderen – unökologischen – Politikzielen zu verbindlichen Aussagen über die Zukunft des menschengemachten Klimawandels verpflichtet. Und falls die wertfrei erwiesenen Fakten alleine dafür noch nicht ausreichen, wäre uns eine ehrliche agnostische Antwort seitens der Klimatologen lieber als eine moralgesteuerte.⁴⁷

47 Um Missverständnissen vorzubeugen: Mit dem Gesagten möchte ich nicht gegen eine ambitionierte Klimapolitik protestieren; selbst wenn die Prognosen aus den einschlägigen Klimaberichten (im Rahmen der sog. Konfidenzintervalle) unzuverlässig sein sollten, selbst dann können und sollten wir für gravierende CO₂-Reduktionen plä-

Wir erwarten bei diesem Thema übrigens auch keine ästhetische Antwort. Anders als bei Grundlagenfragen (bei denen wir so lange weitersuchen werden und dürfen, bis wir zu einer schönen Erklärung vorgedrungen sind) müssen wir uns beim Klimaproblem auf ästhetisch minderwertige Verhältnisse gefasst machen.

Quines und Duhems Holismus unterstützt dieses Resultat. Die Klimaforschung gehört zur angewandten Naturwissenschaft – dahin, wo nicht so sehr die abstrakte, theoretische Vertiefung zählt (weit entfernt vom Beobachtbaren), sondern eher die konkrete Richtigkeit einer Prognose. Große Manövrierspielräume für außerempirische Kriterien der Theorienwahl sind hier nicht zu erwarten – weder dem Schönheitssinn noch dem Sinn für Moral zuliebe. Und *wenn* es sich so verhält wie für meine hypothetische Erörterung angenommen, wenn sich aus den Daten also viele gegenläufige Prognosen herausholen lassen, dann sollte man diese Vielfalt besser nicht verschweigen.

16. Etwas Zartes

Zum Abschluss möchte ich noch einen weiteren Grund dafür anführen, dass es uns stören muss, wenn moralische Erwägungen in die Klimatologie oder überhaupt in die Naturwissenschaft hineinfunkeln. Wer die Welt verbessern oder gar retten will, ist alles andere als gelassen. Er ist voller Unruhe und Ungeduld, will die Zögerlichen mitreißen, bevor es zu spät ist! Alles das sind starke Affekte; sie sind zu stark, um Naturwissenschaft zu betreiben.

Es ist nahezu unmöglich, die Moral in naturwissenschaftlichen Fragen *ein* Wörtchen mitreden zu lassen. Öffnet man ihr die Tür, so will sie sich ans Kopfende des Tisches setzen, um das Fest zu dominieren.⁴⁸ Der Sinn für Mo-

dieren. Wie das? Indem wir die faktenabhängigen Moralkriterien für Entscheidungen unter Risiko links liegen lassen und stattdessen robustere Moralprinzipien zurate ziehen wie das Prinzip der vorsorglichen Behutsamkeit, das sich auch ohne akkurate Prognosen, ohne Erwartungswerte und ohne Konfidenzintervalle einsetzen lässt. Es sagt kurz und bündig, dass es Hybris wäre, das gigantische CO₂-Experiment fortzuführen, dem wir unseren kleinen blauen Planeten seit Jahrzehnten aussetzen (Details in Müller 2011, S. 91 *et passim*).

48 Dieser Zug der Moral wird im Jargon der angloamerikanischen Metaethik unter der hässlichen Überschrift »Overridingness« diskutiert (Stroud 1998). Auf Deutsch müsste man vielleicht vom allüberwältigenden Vorrang der Moral sprechen; oder genügt einfach die Rede vom Vorrang der Moral?

ral ist genau deshalb bei Naturwissenschaftlern kein gern gesehener Gast. Er drängt sich zu sehr in den Vordergrund, ohne diejenigen hinreichend zu Wort kommen zu lassen, auf die es für den Erfolg des Festes entscheidend ankommt: empirische Korrektheit, Präzision, Widerspruchsfreiheit, Kohärenz, Einfachheit.

Und Schönheit. Unser Schönheitssinn verschafft uns interesseloses Wohlgefallen, heißt es bei Kant.⁴⁹ In dieser Hinsicht eignet sich der Schönheitssinn besser für die Naturwissenschaft als die Moral. Er ist zarter und kann weniger Schaden anrichten. Nur wenn ihm (wie bei Dirac) eine alles entscheidende Rolle zugewiesen wird, müssen wir ihn in die Schranken weisen. Und das ist das Gute an unserem Schönheitssinn; er lässt sich ohne weiteres ein Stückchen zurückpfeifen – anders als der Sinn für Moral, der alles haben will.⁵⁰

17. Literatur

- Baptiste, Brigitte Luis Guillermo (2018): *Queering ecology in TransColombia*. (Vortrag vom 15.6.2018 auf der *12th Conference of the European Society for Literature, Science and the Arts (SLSAeu)*, University of Copenhagen). URL: https://greenslsa2018.ku.dk/keynote_speakers/ (letzter Aufruf 14.9.2018).
- Breitenbach, Angela (2013): Aesthetics in science. A Kantian proposal, in: *Proceedings of the Aristotelian Society* 113, S. 83–100.
- Chandrasekhar, Subrahmanyan (1987): *Truth and beauty*, Chicago.
- Dirac, Paul (1938–1939): The relation between mathematics and physics, in: *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 59, S. 122–129.
- Dirac, Paul (1963): The evolution of the physicist's picture of nature, in: *Scientific American* 208, S. 45–53.
- Dirac, Paul (1979): The test of time, in: *The Unesco Courier* 32, S. 17–23.
- Dirac, Paul (1980a): The excellence of Einstein's theory of gravitation, in: Maurice Goldsmith/Alan Mackay/James Woudhuysen (Hg.): *Einstein. The first hundred years*, Oxford, S. 41–46.
- Dirac, Paul (1980b): Why we believe in the Einstein theory, in: Bruno Gruber/Richard S. Millman (Hg.): *Symmetries in science*, New York, S. 1–11.
- Dirac, Paul (1982): The early years of relativity, in: Gerald Holton/Yehuda Elkana (Hg.): *Albert Einstein. Historical and cultural perspective*, Princeton, S. 79–90.

49 Kant 1974, S. 5 ff., S. 16.

50 Ich danke Kerstin Behnke, Eva-Maria Kachold, Boris Nitzsche, Thomas Schmidt, Holm Tetens und Derya Yürüyen für hilfreiche Verbesserungsvorschläge zu früheren Fassungen dieses Aufsatzes.

- Duhem, Pierre (1978): *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*, hg. von Friedrich Adler/Lothar Schäfer, Hamburg.
- Einstein, Albert (1984): Zur Methodik der theoretischen Physik (undatierter Vortrag, wohl aus der Zeit um 1930), in: *Mein Weltbild*, hg. von Carl Seelig, Frankfurt a. M., S. 113–119.
- Einstein, Albert (1996): Zur allgemeinen Relativitätstheorie, in: *The collected papers of Albert Einstein. Volume 6: The Berlin years. Writings, 1914–1917*, hg. von Anne J. Kox/Martin J. Klein/Robert Schulmann, Princeton, S. 214–224.
- Einstein, Albert (1998): *The collected papers of Albert Einstein. Volume 8: The Berlin years. Correspondence, 1914–1918. Part A: 1914–1917*, hg. von Robert Schulmann/Anne J. Kox/Michel Janssen/József Illy, Princeton.
- Gertken, Jan/Kiesewetter, Benjamin (2017): The right and the wrong kind of reasons, in: *Philosophy Compass* 12, e12412.
- Gingerich, Owen (1973): Kepler's treatment of redundant observations. Or, the computer versus Kepler revisited, in: Fritz Krafft/Karl Meyer/Bernhard Sticker (Hg.): *Internationales Kepler-Symposium. Weil der Stadt 1971*, Hildesheim (= *arbor scientiarum. Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte. Reihe A: Abhandlungen, Band 1*), S. 307–314.
- Gingerich, Owen (1975): Commentary. Remarks on Copernicus' observations, in: Robert S. Westman (Hg.): *The Copernican achievement*, Berkeley, S. 99–107.
- Gingerich, Owen/Voelkel, James R. (2005): Tycho and Kepler. Solid myth versus subtle truth, in: *Social Research* 72, S. 77–106.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1958): *Enthüllung der Theorie Newtons*, hg. von Rupprecht Matthaei, Weimar. (= Polemischer Teil der *Farbenlehre*, erschien zuerst 1810).
- Graßhoff, Gerd/Treiber, Hubert (2002): *Naturgesetz und Naturrechtsdenken im 17. Jahrhundert. Kepler – Bernegger – Descartes – Cumberland*, Baden-Baden.
- Graßhoff, Gerd (2002): Naturgesetze in Keplers Himmel, in: Gerd Graßhoff/Hubert Treiber: *Naturgesetz und Naturrechtsdenken im 17. Jahrhundert. Kepler – Bernegger – Descartes – Cumberland, Fundamenta Juridica, Band 44*, Baden-Baden, S. 15–102, S. 213–217.
- Harding, Sandra (1986): *The science question in feminism*, Ithaca.
- Hausen, Karin (1976): Die Polarisierung der »Geschlechtscharaktere«. Eine Spiegelung der Dissoziation von Erwerbs- und Familienleben, in: Werner Conze (Hg.): *Sozialgeschichte der Familie in der Neuzeit Europas. Neue Forschungen*, Stuttgart, S. 363–393.
- Haynes, John-Dylan/Rees, Geraint (2005): Predicting the stream of consciousness from activity in human visual cortex, in: *Current Biology* 15, S. 1301–1307.
- Haynes, John-Dylan/Rees, Geraint (2006): Decoding mental states from brain activity in humans, in: *Nature Neuroscience* 7, S. 523–534.
- Haynes, John-Dylan/Sakai, Katsuyuki/Rees, Geraint/Gilbert, Sam/Frith, Chris/Passingham, Richard E. (2007): Reading hidden intentions in the human brain, in: *Current Biology* 17, S. 323–328.

- Heisenberg, Werner (1971): Die Bedeutung des Schönen in der exakten Naturwissenschaft, in: Werner Heisenberg: *Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze*, München, S. 288–305.
- Heisenberg, Werner (1981): *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, München.
- Hermann, Armin (1994): *Einstein. Der Weltweise und sein Jahrhundert. Eine Biographie*, München.
- Hossenfelder, Sabine (2018): *Lost in math*, New York.
- Jordan, Pascual (1986): Die weltanschauliche Bedeutung der modernen Physik, in: Hans-Peter Dürr (Hg.): *Physik und Transzendenz. Die großen Physiker unseres Jahrhunderts über ihre Begegnung mit dem Wunderbaren*, Bern, S. 207–227.
- Kant, Immanuel (1974): *Kritik der Urteilskraft*, hg. von Karl Vorländer, Hamburg.
- Kant, Immanuel (1976): *Kritik der reinen Vernunft*, hg. von Raymund Schmidt, Hamburg.
- Kepler, Johannes (1938): *Mysterium cosmographicum*, in: *Gesammelte Werke. Band I: Mysterium cosmographicum. De stella nova*, hg. von Max Caspar, München, S. 1–145. (Erschien als erste Auflage im Jahr 1596 unter dem vollen Titel: *Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum, de admirabili proportione orbium coelestium, de quæ cavsis coelorum numeri, magnitudinis, motuumque periodicorum genuinis & proprijs, demonstratum, per quinque regularia corpora geometrica*).
- Kepler, Johannes (1940): *Harmonice mundi*, in: *Gesammelte Werke. Band VI: Harmonice mundi*, hg. von Max Caspar, München, S. 5–377. (Erschien zuerst 1619 unter dem vollen Titel: *Ioannis Kepleri harmonices mundi libri V*).
- Kepler, Johannes (2005): Vorbote kosmographischer Abhandlungen enthaltend das Weltgeheimnis bezüglich der bewunderungswürdigen Verhältnisse zwischen den Himmelsphären, bezüglich der wahren und eigentlichen Ursachen für Zahl und Größe der Himmelsphären sowie für ihre periodischen Bewegungen, dargestellt mit Hilfe der fünf regulären geometrischen Körper, in: *Was die Welt im Innersten zusammenhält. Antworten aus Keplers Schriften*, hg. von Max Caspar/Fritz Krafft, Bibliothek des verloren gegangenen Wissens, Wiesbaden, S. 3–109.
- Koestler, Arthur (1980): *Die Nachtwandler. Die Entstehungsgeschichte unserer Welterkenntnis*, hg. von Wilhelm Michael Treichlinger, Frankfurt a. M.
- Kopernikus, Nikolaus (1990): *De revolutionibus orbium caelestium. Liber primus. Über die Umläufe der Himmelskreise. Buch I*, in: Hans Günther Zekl (Hg.): *Das neue Weltbild. Drei Texte. Lateinisch-deutsch*, Hamburg, S. 59–153.
- Kragh, Helge (1990): *Dirac. A scientific biography*, Cambridge.
- Kuhn, Thomas S. (1970): *The structure of scientific revolutions*, Chicago.
- Libet, Benjamin (1985): Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action, in: *Behavioral and Brain Sciences* 8, S. 529–539.
- Libet, Benjamin/Gleason, Curtis A./Wright, Elwood W./Pearl, Dennis K. (1986): Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (rea-

- diness-potential): The unconscious initiation of a freely voluntary act, in: *Brain* 106, S. 623–642.
- Libet, Benjamin (1999): Do we have a free will?, in: *Journal of Consciousness Studies* 6, S. 47–57.
- Libet, Benjamin (2004): Haben wir einen freien Willen?, in: Christian Geyer (Hg.): *Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente*, Frankfurt a. M., S. 268–289.
- Lifschitz, Evgeny M. (1984): Lew Davidowitsch Landau. (1908–1968), in: Lew Davidowitsch Landau / Evgeny M. Lifschitz: *Lehrbuch der theoretischen Physik. Band I: Mechanik*, hg. v. Hardwin Jungclaussen / Paul Ziesche, Berlin, S. 205–227.
- McAllister, James W. (1996): *Beauty and revolution in science*, Ithaca.
- Müller, Olaf (1998): *Synonymie und Analytizität. Zwei sinnvolle Begriffe. Eine Auseinandersetzung mit W. V. O. Quines Bedeutungskepsis*, Paderborn.
- Müller, Olaf (2003a): *Metaphysik und semantische Stabilität oder Was es heisst, nach höheren Wirklichkeiten zu fragen. Wirklichkeit ohne Illusionen, Band 2*, Paderborn.
- Müller, Olaf (2003b): Can they say what they want? A transcendental argument against utilitarianism, in: *The Southern Journal of Philosophy* XLI, S. 241–259.
- Müller, Olaf (2004): Echte ontologische Alternativen, in: *Grazer Philosophische Studien* 67, S. 59–99.
- Müller, Olaf (2007a): Die Diebe der Freiheit. Libet und die Neurophysiologen vor dem Tribunal der Metaphysik, in: Jan-Christoph Heilingner (Hg.): *Die Naturgeschichte der Freiheit*, Berlin, S. 335–364.
- Müller, Olaf (2007b): Wo spielt die mentale Begleitmusik? Plädoyer für das Eingeständnis einer profunden Unwissenheit – Antwort auf Thomas Sukopp, in: Thomas Sukopp / Gerhard Vollmer (Hg.): *Naturalismus: Positionen, Perspektiven, Probleme*, Tübingen, S. 161–167.
- Müller, Olaf (2007c): Jenseits. Eine metaphysische Provokation für Naturalisten, in: Thomas Sukopp / Gerhard Vollmer (Hg.): *Naturalismus: Positionen, Perspektiven, Probleme*, Tübingen, S. 137–154.
- Müller, Olaf (2008): *Moralische Beobachtung und andere Arten ethischer Erkenntnis. Plädoyer für Respekt vor der Moral*, Paderborn.
- Müller, Olaf (2009): Mikro-Zertifikate. Für Gerechtigkeit unter Luftverschmutzern, in: *Archiv für Rechts- und Sozialphilosophie* 95, S. 167–198.
- Müller, Olaf (2010): Gott, Freiheit und Unsterblichkeit. Drei Postulate der Unvernunft?, in: Martin Grajner / Adolf Rami (Hg.): *Wahrheit, Bedeutung, Existenz*, Frankfurt a. M., S. 279–315.
- Müller, Olaf (2011): Eine faire Lösung des Klimaproblems, in: *Information Philosophie* 39, S. 91–98.
- Müller, Olaf (2015): *Mehr Licht. Goethe mit Newton im Streit um die Farben*, Frankfurt a. M.
- Müller, Olaf (2019): *Zu schön, um falsch zu sein. Über Ästhetik in den Naturwissenschaften*, Frankfurt a. M.

- Quine, Willard Van Orman (1961a): Two dogmas of empiricism, in: *From a logical point of view. Nine logico-philosophical essays*, Cambridge, Mass., S. 20–46.
- Quine, Willard Van Orman (1961b): Identity, ostension, and hypostasis, in: *From a logical point of view. Nine logico-philosophical essays*, Cambridge, Mass., S. 65–79.
- Quine, Willard Van Orman (1969): Ontological relativity, in: *Ontological relativity and other essays*, New York, S. 26–68.
- Quine, Willard Van Orman (1975): On empirically equivalent systems of the world, in: *Erkenntnis* 9, S. 313–328.
- Quine, Willard Van Orman / Ullian, J. S. (1978): *The web of belief*, New York.
- Rößler, Wolfgang (2007): *Eine kleine Nachtphysik. Geschichten aus der Physik*, Basel.
- Schöne, Albrecht (1987): *Goethes Farbentheologie*, München.
- Stroud, Sarah (1998): Moral overridingness and moral theory, in: *Pacific Philosophical Quarterly* 79, S. 170–189.
- Wigner, Eugene P. (1960): The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences, in: *Communications on Pure and Applied Mathematics* 13, S. 1–14.

ethica

Herausgegeben von
Dieter Sturma, Michael Quante
und Julian Nida-Rümelin

Dieter Sturma (Hg.)

Natur, Ethik und Ästhetik



BRILL
MENTIS

Gedruckt mit freundlicher Unterstützung des
Instituts für Wissenschaft und Ethik e. V.

Umschlagabbildung: 51°78'8083" × 6°78'4620" (!RIEGEL!) [Ausschnitt],
© Sabine Bachem

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

= ethica, Band 36

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk sowie einzelne Teile desselben sind
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich
zugelassenen Fällen ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Verlags
nicht zulässig.

© 2022 Brill mentis, Wollmarktstraße 115, D-33098 Paderborn,
ein Imprint der Brill-Gruppe

(Koninklijke Brill NV, Leiden, Niederlande; Brill USA Inc., Boston MA, USA;
Brill Asia Pte Ltd, Singapore; Brill Deutschland GmbH, Paderborn, Deutschland;
Brill Österreich GmbH, Wien, Österreich)

Koninklijke Brill NV umfasst die Imprints Brill, Brill Nijhoff, Brill Hotei,
Brill Schöningh, Brill Fink, Brill mentis, Vandenhoeck & Ruprecht, Böhlau,
Verlag Antike und V&R unipress.

www.mentis.de

Einbandgestaltung: Anna Braungart, Tübingen
Wissenschaftlicher Satz: satz&sonders GmbH, Dülmen
Herstellung: Brill Deutschland GmbH, Paderborn

ISSN 2698-7457

ISBN 978-3-95743-247-6 (paperback)

ISBN 978-3-96975-247-0 (e-book)

Inhalt

Dieter Sturma

Vielfalt und Arbeitsteilung.

Zur semantischen und normativen Situation des Naturbegriffs 7

I. Die humane Lebensform

Volker Gerhardt

Menschheit als Form der Natur 29

Lutz Wingert

Unsere Moral und die humane Lebensform 49

Laura Summa

Aristoteles und das Konzept der zweiten Natur 81

II. Ursprung und Transformation

Mathias Gutmann

Εἰκὼς λόγος und ἀκριβὴς λόγος.

Zum Problem begründenden Darstellens 117

Petra Gehring

Vivisektion des Naturproblems: Maurice Merleau-Ponty 153

III. Natürlichkeit und Normativität

Bert Heinrichs

Moral gestalten.

Zur Bezugnahme auf natürliche Tatsachen in der Ethik 173

Ludwig Siep

Autonomie, Natürlichkeit und Technik 187

IV. Das Gute und Schöne

Olaf L. Müller

Schön oder gut?

Über außerempirische Kriterien bei der Wahl
naturwissenschaftlicher Theorien 215

Dieter Sturma

Natur und Landschaft.

Über Naturalismus, Ethik und Ästhetik 245

Angelika Krebs

»Alles ruft«.

Warum und mit welchem Recht personifizieren wir die Natur? 277

V. Bioethische Herausforderungen

Dirk Lanzerath

Transformationen der Natur.

Naturethische Aspekte zur Biotechnik 303

Dieter Birnbacher

Tierversuche.

Eine ethische Perspektive 331

Aurélie Halsband

Untätigkeit im Klimawandel als Problem moralischer Motivation.

Eine tugendethische Analyse 353

Personenverzeichnis 385

Liste der Autorinnen und Autoren 391