

Farbenlehre und die blaue Orange: einige Gedanken zum Verhältnis von Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften und Poesie

Gert-Ludwig Ingold

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Ingold, Gert-Ludwig. 2006. "Farbenlehre und die blaue Orange: einige Gedanken zum Verhältnis von Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften und Poesie." In *Im Gespräch: Probleme und Perspektiven der Geisteswissenschaften*, edited by Bernadette Malinowski, 105–18. München: Vögel.



Gert-Ludwig Ingold

Farbenlehre und die blaue Orange. Einige Gedanken zum Verhältnis von Naturwissenschaften, Geisteswissenschaften und Poesie

I. Der Versuch eines interdisziplinären Projekts

Es sollte ein wahrlich interdisziplinäres Projekt werden, in dem „eine Gesellschaft verschiedenartiger Männer zusammen arbeiten und jeder von seiner Seite mit einzugreifen könnte, um ein so schwieriges und weitläufiges Unternehmen fördern zu helfen.“¹ Es sollten der Philosoph, der Physiker, Mathematiker, Maler, Mechaniker, Färber und Gott weiß wer alles in Anspruch genommen werden.² Doch als Goethe seinem Schwager 1793 von seinen Plänen zum Studium von Farben und Licht berichtete, hielt dieser ihn nur für hoffnungslos naiv, dass er sich einbilde, „es werde jemand an demjenigen teilnehmen, wofür [er, Goethe,] Interesse zeige, es werde jemand ein fremdes Verfahren billigen und es zu dem seinigen machen, es könne in Deutschland irgend eine gemeinsame Wirkung und Mitwirkung stattfinden!“³ Der Schwager sollte Recht behalten: Schon an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert war die Durchführung eines interdisziplinären Projekts zwischen Natur- und Geisteswissenschaften kaum zu verwirklichen, auch wenn Goethe durchaus Kontakte zu den romantischen Physikern in Jena pflegte und mit Johann Wilhelm Ritter und Thomas Johann Seebeck gemeinsam experimentierte.⁴ Diesem Kontakt zwischen Dichter und Physiker ist es übrigens zu verdanken, dass wir heute über persönliche Aufzeichnungen Seebecks verfügen, da offenbar neben den Veröffentlichungen nur sein Briefwechsel mit Goethe der Nachwelt erhalten blieb.⁵

Trotz der Schwierigkeiten fachübergreifender Zusammenarbeit ist ein umfassendes Verständnis von Farben unter Verzicht auf Interdisziplinarität allerdings kaum denkbar. Einerseits stellt die Farbempfindung eine menschliche Sinneswahrnehmung mit psychologischen ebenso wie ästhetischen und kulturellen bis hin zu religiösen Komponenten dar. Man denke an den Regenbogen, dessen Farbenspiel nicht nur ein visuelles Vergnügen bereiten kann, sondern der auch in den verschiedensten Kulturen als Symbol Gottes verstanden wird.⁶ In diesem Sinne können Farben als ein Gegenstand der Menschenwissenschaften angesehen werden, wie Søren Kjørup

¹ Johann Wolfgang von Goethe, Werke, Bd. 10, München 101994, S. 398–399.

² Ebd., S. 399.

³ Ebd.

⁴ Keld Nielsen, Another kind of light: The work of T. J. Seebeck and his collaboration with Goethe, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 20 (1989) S. 107–178 u. 21 (1991) S. 317–397, hier S. 121 u. 137.

⁵ Ebd., S. 108.

⁶ Siehe z. B. Genesis 9.

die Geisteswissenschaften in Anlehnung an die *humanities* und die *sciences humaines* bezeichnet.⁷

Andererseits erfolgt die Aufbereitung der Farbinformation im Gehirn mit Hilfe von neurologischen Prozessen, deren Ursache man in den meisten, aber durchaus nicht allen Fällen auf die Absorption von Licht auf der Netzhaut des Auges als physikalischem Stimulus zurückverfolgen kann. Wesentliche Aspekte des Phänomens Farbe, wie die Charakterisierung dieses Stimulus durch das Spektrum des auf das Auge treffenden Lichts oder das Verständnis der sich anschließenden neurophysiologischen Verarbeitungsschritte, fallen somit in die Domäne der Naturwissenschaften.

Im Vorwort zu seiner *Farbenlehre* formuliert Goethe den Zusammenhang zwischen Naturphänomen und Sinneserfahrung folgendermaßen:

„Die Farben sind Taten des Lichts, Taten und Leiden. In diesem Sinne können wir von denselben Aufschlüsse über das Licht erwarten. Farben und Licht stehen zwar untereinander in dem genauesten Verhältnis, aber wir müssen uns beide als der ganzen Natur angehörig denken: denn sie ist es ganz, die sich dadurch dem Sinne des Auges besonders offenbaren will.“⁸

Demnach sollte eine direkte Beziehung zwischen den Farben, also der menschlichen Sinnesempfindung, und dem Licht, einer Erscheinung der unbelebten Natur, bestehen, die somit Geistes- und Naturwissenschaften in Verbindung setzt. Goethes Anspruch ist es daher auch, im Rahmen der Farbenlehre den weiten Bogen von der Physik über die Chemie bis hin zur sinnlich-sittlichen Wahrnehmung der Farben, also zur Psychologie und Ästhetik zu spannen. Wie aus obigem Zitat hervorgeht, ist es für Goethe dabei die Sinneserfahrung, die uns Aufschluss über die ganze Natur geben soll. Der Weg soll also von der Farbe zum Licht führen. Wenn beide im genauesten Verhältnis stehen, so muss es jedoch auch möglich sein, den Weg vom Licht zur Farbe zu gehen. Dies ist der Weg, den der Naturwissenschaftler in der Hoffnung nimmt, dass er ihn möglichst weit führt. Der von Goethe aufgespannte Bogen sollte also in beide Richtungen begehbar sein.

II. Verbindender Bogen oder zwei Inseln?

Betrachtet man das heutige Verhältnis von Natur- und Geisteswissenschaften, so werden sehr oft statt eines verbindenden Bogens zwei Inseln verschiedenen Charakters wahrgenommen. Greifen wir als Beispiel eine Aussage des Germanisten Wolfgang Frühwald heraus, der in seiner Analyse des Auftrags wissenschaftlicher Bibliotheken anlässlich der Eröffnung des 92. Deutschen Bibliothekartages folgendes Bild zeichnete:

⁷ Søren Kjørup, *Humanities – Geisteswissenschaften – Sciences humaines*, Stuttgart u. Weimar 2001, S. vii.

⁸ Johann Wolfgang von Goethe, *Werke*, Bd. 13, München ¹¹1994, S. 315.

„Im Kosmos des Wissens stehen sich heute zwei große Blöcke [. .] gegenüber: ein experimentell (meist naturwissenschaftlich) geprägter Bereich, der dem ‚Imperativ des Fortschritts‘ gehorcht und ohne Erinnerung auszukommen meint, und der (literarisch-geisteswissenschaftlich geprägte) Kontinent von Gedächtnis und Erinnerung, auf dem sich jene Memorialkultur entwickelt, aus der die Zukunft erst Auftrag und Ziel gewinnt.“⁹

Eine der wichtigsten Fragen, die sich den wissenschaftlichen Bibliotheken heute stellen, nämlich die nach dem Stellenwert, der gedrucktem Buch und elektronischer Ressource zukommen soll, wird hier auf einen Gegensatz von Geistes- und Naturwissenschaften abgebildet. Ist diese Blockbildung jedoch adäquat oder müssen sich nicht vielmehr alle Wissenschaften mit den Möglichkeiten neuer Publikationsformen und vor allem der damit verbundenen Gefahren beschäftigen? Sicherlich haben Geistes- und Naturwissenschaftler schon allein deshalb ein unterschiedliches Verhältnis zu Bibliotheken, weil sich dort häufig die Objekte geisteswissenschaftlicher Untersuchungen befinden, während der Naturwissenschaftler seine Forschungsgegenstände außerhalb der Bibliotheken findet. Insofern müssen die Geisteswissenschaften ein besonderes Interesse an der Pflege des Bibliotheksbestandes besitzen, eines Bestandes, der gegenwärtig noch in erster Linie aus Druckwerken besteht. Aber alleine schon die zunehmende Anzahl von elektronischen Dokumenten wird die Geisteswissenschaften auf lange Sicht zwingen, diese Publikationsform verstärkt in ihrer Forschungstätigkeit zu berücksichtigen, vielleicht sogar in sehr viel direkterer Weise als dies bei den Naturwissenschaften der Fall ist.

Wie die bisherigen Erfahrungen zeigen, bieten elektronische Publikationen neue Möglichkeiten der wissenschaftlichen Kommunikation. Warum sollten nicht auch die Geisteswissenschaften, in denen beispielsweise Autoren häufig zumindest einen Teil der nicht unerheblichen Publikationskosten aufbringen müssen, die sich bietenden Chancen neuer Publikationsformen erkunden? Es geht hier aber keineswegs darum, einfach dem von Frühwald angeführten „Imperativ des Fortschritts“ zu folgen. Wer sich heute ernsthaft mit elektronischem Publizieren beschäftigt, ist sich damit verbundener Probleme durchaus bewusst. Als Beispiele seien die Frage der Langzeitarchivierung und die Gefahr der selektiven Wahrnehmung von Publikationen genannt. Mit diesen Problemen werden sich aber Natur- und Geisteswissenschaften in Zukunft gleichermaßen beschäftigen müssen. Ein Rückzug auf das Buch wird dabei nicht ausreichen. Die drohenden Gefahren sollten spätestens seit der vom Präsidenten der Bibliothèque nationale de France, Jean-Noël Jeanneney, angestoßenen Diskussion über die Digitalisierung umfangreicher Buchbestände amerikanischer und englischer Bibliotheken durch den Suchmaschinenbetreiber Google klar sein.¹⁰ Ehe wir uns versehen, könnten elektronisch nicht verfügbare oder in der

⁹ Wolfgang Frühwald, Gutenbergs Galaxis im 21. Jahrhundert. Die wissenschaftliche Bibliothek im Spannungsfeld von Kulturauftrag und Informations-Management: Plenarvortrag beim 92. Deutschen Bibliothekartag am 9. April 2002 in Augsburg, in: Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie 49 (2002) S. 187–194.

¹⁰ Jean-Noël Jeanneney, Quand Google défie l'Europe, in: Le Monde, 23/24 janvier 2005, S. 13.

Praxis nicht leicht auffindbare Quellen de facto nicht mehr existieren. Jeanneneu weist in diesem Zusammenhang auch auf die daraus resultierende Überbewertung der angelsächsischen Wissenschaftsproduktion hin. Dass sich das heraufziehende Unwetter auf dem „Kontinent von Gedächtnis und Erinnerung“ aussitzen lässt, ist mehr als fraglich, zumal das Problem selektiver Wahrnehmung mit stagnierenden oder gar sinkenden Bibliotheksmitteln auch im Druckbereich um sich greift, wo nur noch Aufsätze in den weltweit dominierenden Zeitschriften, zumindest in den Naturwissenschaften typischerweise aus dem angelsächsischen Bereich, zählen. Geistes- und Naturwissenschaftler haben allen Anlass, solche Probleme gemeinsam anzugehen.

Die heute gerne zitierte, angeblich immer kürzer werdende Halbwertszeit des Wissens suggeriert, dass Wissen immer schneller ungültig wird – sofern man dann überhaupt noch von Wissen reden kann. Hiervon betroffene Wissenschaftszweige könnten dann in der Tat ohne Erinnerung auskommen. Zieht man jedoch die Physik als Beispiel für „einen experimentell geprägten Bereich“ heran, so stellt man fest, dass sich das erarbeitete Wissen einer beeindruckenden Haltbarkeit erfreut. So ist der Erfolg der newtonschen Mechanik auch nach 350 Jahren unbestreitbar, und die erforderlich gewordenen Modifikationen, z. B. durch die spezielle Relativitätstheorie, demonstrieren eher die Solidität des von Newton errichteten Fundaments als ein Versagen dieser Theorie. Auch die revolutionären Entwicklungen in der Physik des frühen 20. Jahrhunderts zeigen keinerlei Zerfallserscheinungen. Selbst eine in die Zukunft orientierte Wissenschaft wie die Physik will daher nicht ohne Erinnerung auskommen. Ganz im Gegenteil hat eine Umfrage der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Publikationsverhalten von Wissenschaftlern ergeben, dass die Bedeutung der Langzeitverfügbarkeit von Zeitschriften unter den vierzehn von der DFG definierten, alle Wissenschaftsbereiche umfassenden Fachgebieten in der Physik, knapp gefolgt von den Geisteswissenschaften, am häufigsten und weit überdurchschnittlich als wichtig eingestuft wird.¹¹ Dies wird nicht zuletzt auch durch die Digitalisierung physikalischer Fachzeitschriften zurück bis ins 19. Jahrhundert unterstrichen, wobei zu bedenken ist, dass es kaum naturwissenschaftliche Zeitschriften gibt, die schon vor 1800 gegründet wurden und heute noch erscheinen. Die modernen Naturwissenschaften haben nach den Zeitmaßstäben mancher geisteswissenschaftlichen Disziplin ihre Arbeit eben gerade gestern erst begonnen. Dennoch, oder gerade deswegen, weiß auch mancher Naturwissenschaftler es als etwas Besonderes zu schätzen, ein sehr altes Buch in den Händen zu halten (der Autor zählt sich hierzu) und wird es bedauern, wenn auf eine Bibliothek die folgende Aussage W. G. Sebalds über den neuen Sitz der Bibliothèque nationale de France zutrifft:

¹¹ Publikationsstrategien im Wandel? Ergebnisse einer Umfrage zum Publikations- und Rezeptionsverhalten unter besonderer Berücksichtigung von Open Access, hrsg. v. der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Tabellenband, hier Tab. 6a, S. 37, http://www.dfg.de/dfg_im_profil/zahlen_und_fakten/statistisches_berichtswesen/open_access/download/oa_tabband.pdf (Stand 18. 8. 2005).

„Das neue Bibliotheksgebäude, das durch seine ganze Anlage ebenso wie durch seine ans Absurde grenzende innere Regulierung den Leser als einen potentiellen Feind auszuschließen suche, sei [...] quasi die offizielle Manifestation des immer dringender sich anmeldenden Bedürfnisses, mit all dem ein Ende zu machen, was noch ein Leben habe an der Vergangenheit.“¹²

Das Bild von den beiden Inseln scheint auch von einer dem Primat des unmittelbaren Nutzens verpflichteten Hochschulpolitik favorisiert zu werden. Hier ist es ebenfalls sehr fraglich, ob sich die beiden Bereiche auseinander dividieren lassen sollten, auch wenn die Naturwissenschaften für den Geisteswissenschaftler von vorne herein den Anschein der Angewandtheit erwecken mögen und sich Naturwissenschaftler hiergegen selten wehren, um ihre eigene Rechtfertigung nicht unnötig zu erschweren. Allerdings müssen sich die Naturwissenschaften selbstkritisch fragen, ob sie in Zukunft ihren kulturellen Beitrag vollständig durch die Lieferung wirtschaftlich unmittelbar verwertbarer Ergebnisse ersetzen wollen. Nicht ohne Grund betonte Knut Urban vor kurzem in seiner Antrittsrede als Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft: „Mit Bezug auf die Ausstrahlung und Wirkung der Physik sollten wir Physiker zuallererst auf die Physik als Element der Kultur hinweisen.“¹³ Selbst unter Nutzenaspekten erscheint es kontraproduktiv, nur auf schnelle industrielle Umsetzbarkeit zu achten, da aus dieser Perspektive unnütz erscheinende Ergebnisse der Grundlagenforschung auf lange Sicht durchaus große wirtschaftliche Relevanz besitzen können. So galt die 1915 von Einstein aufgestellte allgemeine Relativitätstheorie zunächst als exotisch und für den Alltag vollkommen bedeutungslos. Ohne sie wäre heute jedoch der Versuch, mit dem „Global Positioning System“ zu navigieren, zum Scheitern verurteilt. So wie der Übergang von der Grundlagenforschung zur angewandten Forschung in den Naturwissenschaften fließend ist, wäre es verfehlt, nun eine scharfe Grenze zwischen kulturbezogenen Geisteswissenschaften und anwendungsbezogenen Naturwissenschaften zu ziehen. Der Elementarteilchenphysiker Harald Fritzsch hat kürzlich vor einer einseitigen Betonung von Naturwissenschaften und Technik gewarnt und auf die Notwendigkeit des Zusammenwirkens aller Wissenschaftsbereiche hingewiesen:

„Die Marktführerschaft in Industrie und Naturwissenschaft in Deutschland war besonders eindrucksvoll, als auch die Geistes- und Geschichtswissenschaften blühten, zu Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Die AEG, die Inschriftensammlung der Preußischen Akademie, die Grundlagen der Atomphysik und Heideggers *Sein und Zeit* kommen aus derselben Epoche, gekennzeichnet durch eine Mischung von Neugier, Fleiß und Kühnheit.“¹⁴

¹² Winfried G. Sebald, Austerlitz, München 2001, S. 400.

¹³ Knut Urban, Mit Gemeinsinn, Kooperation und Phantasie, in: Physik Journal 3, Nr. 6 (2004) S. 21–26, hier S. 21.

¹⁴ Harald Fritzsch, Vortrag auf der 123. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, zitiert nach Ruiniert von der Politik, gegängelt durch die Bürokratie, in: Forschung & Lehre (2004) S. 672–674, hier S. 673.

Zwei Inseln oder die Stützpfiler eines sie verbindenden Bogens? Im Folgenden soll nun der Ursache für die Schwierigkeiten im Verhältnis von Geistes- und Naturwissenschaften nachgegangen werden, ohne allerdings den Anspruch zu erheben, diese Frage auch nur annäherungsweise erschöpfend zu diskutieren.

III. Der Bruch im Bogen

Gehen wir nochmals in Gedanken den Bogen entlang, den Goethe zwischen bewusster Sinneswahrnehmung und unbelebter Natur spannen wollte, und beginnen wir am Ende, also beim Licht, für das die Physik eine adäquate Beschreibung liefert. Spätestens nach der Absorption des Lichts in der Netzhaut kommen chemische Prozesse ins Spiel, und letztlich lassen sich auch die Verarbeitungsschritte im Gehirn, die von der Neurophysiologie studiert werden, auf physikalische und chemische Grundlagen stellen. Auf dem weiteren Weg entlang des Bogens überschreitet man allerdings irgendwann die Grenze zum menschlichen Bewusstsein. Zu Beginn des Bogens, in der Physik, wird der Mensch seit Kopernikus so weit wie möglich aus dem Bild verdrängt. Selbst in der Quantenmechanik, in der der Rolle des Beobachters eine besondere Bedeutung zukommt, zeigt sich, dass dieser Beobachter nicht menschlicher Natur sein muss. Anders stellt sich die Situation auf der Bewusstseins-ebene dar, da dort jene Phänomene auftreten, die den Menschen auszeichnen. Hierzu gehört insbesondere die Möglichkeit, sich als Individuum wahrzunehmen. Damit sind wir bei den Menschen- oder Geisteswissenschaften angelangt.

Der Übergang von der neuronalen Ebene in die Bewusstseins-ebene geht mit einem fundamentalen Bruch in dem Bogen einher, den wir hier zu überqueren versuchten. Kommt man von der Seite der Naturwissenschaften, so besteht das entscheidende Problem in der Tatsache, dass nur das Individuum selbst auf dem Wege der Introspektion detailliert Auskunft über seinen Bewusstseinszustand geben kann. Hierbei ergibt sich ein möglicherweise unvollständiges, auf jeden Fall aber subjektives Bild, dessen Weitergabe an andere Personen kaum fehlerfrei möglich sein wird. Nachdem auch keine objektive Überprüfung erfolgen kann, fehlt die Basis für die vollständige Beschreibung von Bewusstsein auf einer naturwissenschaftlichen Basis.

Daraus folgt allerdings nicht, dass Bewusstsein grundsätzlich kein Thema der Neurowissenschaften sein kann, zumal heute eine Reihe von experimentellen Methoden zur Verfügung stehen, die die Untersuchung von Vorgängen im Gehirn erlauben. Die Neurowissenschaftler Gerald M. Edelman und Giulio Tononi führen vier Fragen an, die im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Zugangs beantwortet werden können: Wie entsteht Bewusstsein als Folge neuronaler Prozesse und der Wechselwirkung zwischen Gehirn, Körper und der Welt? Wie berücksichtigen diese Prozesse Schlüsseigenschaften der Bewusstseins-erfahrung? Wie kann man unterschiedliche subjektive Bewusstseinszustände neuronal verstehen? Was kann dieses streng natur-

wissenschaftliche Verständnis von Bewusstsein zu dem weiteren Feld menschlichen Wissens und menschlicher Erfahrung beitragen?¹⁵

Auf den ersten Blick erscheint „das Problem, zu erklären, wie Gehirne Bewusstsein überhaupt entstehen lassen können“,¹⁶ mit dem sich beispielsweise der Philosoph Colin McGinn beschäftigt, nicht wesentlich verschieden von Edelmans und Tononis erster Frage zu sein. Während letztere von entscheidenden Fortschritten bei der Lösung des Problems berichten, hält McGinn es für unlösbar. Bei genauerem Hinsehen stellt sich jedoch heraus, dass sich Neurowissenschaftler und Philosoph hier verschiedene Fragen stellen. Edelman und Tononi interpretieren ihre erste Frage dahingehend, dass die neuronalen Mechanismen zu beschreiben seien, die Anlass zu Bewusstsein geben,¹⁷ ein Problem also, das sich sehr wohl mit naturwissenschaftlichen Methoden angehen lässt. McGinn wiederum will „die Forschungsvorhaben, die gegenwärtig der Auffindung neuronaler Korrelate verschiedener Bewusstseinsstadien gewidmet werden“, durchaus gelten lassen. Seine philosophische Fragestellung ist damit jedoch nicht beantwortet.

Diese Überlegungen zeigen, wie wichtig es für eine wissenschaftliche Disziplin ist, sich im Klaren über ihre Ansprüche und ihre Möglichkeiten zu sein und die zu untersuchenden Fragen präzise zu formulieren. Dabei ergeben sich nicht nur Unterschiede zwischen den Geistes- und den Naturwissenschaften, sondern durchaus auch innerhalb verschiedener naturwissenschaftlicher Fächer. So ist es in der theoretischen Physik in vielen Fällen möglich, idealisierte Systeme zu betrachten, die durch reale Systeme im Experiment sehr gut angenähert werden können oder bei denen eine solche Realisierung zumindest im Prinzip denkbar ist. Entsprechend hat das Gedankenexperiment beispielsweise bei der Entwicklung der Quantentheorie eine bedeutende Rolle gespielt. In der Chemie und in noch größerem Maße in der Biologie hat man es dagegen häufig mit vorgegebenen, real existierenden Untersuchungsobjekten zu tun und wird daher versuchen, diesen in ihrer Individualität und Komplexität gerecht zu werden, anstatt sie in einer idealisierten Form zu beschreiben. Denkt man an die modernen Möglichkeiten des Moleküldesigns und der Genmodifikation, so wird allerdings auch deutlich, dass solche Unterschiede durchaus zeitlichen Veränderungen unterworfen sein können.

Als ebenso wenig statisch hat sich die Grenze zwischen naturwissenschaftlicher Beschreibung und Sinneswahrnehmung erwiesen. Ein Beispiel hierfür bietet ein Experiment des Erfinders des Polaroidverfahrens, Edwin H. Land, mit dem dieser zeigen konnte, dass die Farbwahrnehmung nicht unmittelbar mit dem Spektrum des wahrgenommenen Lichts zusammenhängt.¹⁸ Lange Zeit und auch gelegentlich

¹⁵ *Gerald M. Edelman u. Giulio Tononi, A universe of consciousness, New York 2000, hier S. xi–xii.*

¹⁶ *Colin McGinn, Wie kommt der Geist in die Materie? Das Rätsel des Bewusstseins, München 2001, hier S. 239.*

¹⁷ *Edelman u. Tononi, Consciousness, hier S. xii.*

¹⁸ *Edwin H. Land, Experiments in Color Vision, in: Scientific American, May 1959, S. 84–99. In diesem Experiment wird eine farbige Szene zweimal mit einem Schwarzweiß-Diafilm fotografiert. Eine Aufnahme wird mit einem Rotfilter gemacht, die zweite mit einem Grünfilter. Auf diese Weise ergeben sich*

noch heute wird dieses Experiment als Beleg für Goethes Sicht angeführt, dass es sich bei den Farben um eine subjektive Erfahrung des menschlichen Sinnes handelt. Damit geht Goethes Kritik an Newtons Auffassung einher, die Frequenz des Lichts bestimme unmittelbar die empfundene Farbe. Lands Experiment zeigt, dass diese einfache Verknüpfung in der Tat im Allgemeinen nicht zutrifft. Allerdings kann man den Ausgang des Experiments bereits auf der neurophysiologischen Ebene verstehen. Das Gehirn unterzieht das vom Auge aufgenommene Bild einer umfangreichen Verarbeitung, die dazu führt, dass die farbliche Wahrnehmung eines Bildpunkts von dessen Umfeld abhängt und somit der direkte Zusammenhang mit dem Spektrum des von diesem Punkt ausgehenden Lichts aufgehoben wird. Neben den Ergebnissen von Lands Experiment kann damit auch unsere Fähigkeit erklärt werden, Farben weitgehend unabhängig von der Lichtquelle, die das Objekt beleuchtet, wahrzunehmen.¹⁹ Ein Gegenstand sieht für uns im Licht der Abendsonne nicht wesentlich anders aus als zur Mittagszeit. Erst die Fotografie bringt die Unterschiede deutlich ans Licht, da auf dem Film im Gegensatz zum Gehirn keine Korrekturvorgänge ablaufen.

Wenn wir akzeptieren, dass es den weiter oben beschriebenen Bruch auf dem goetheschen Bogen gibt, so wird die Schwierigkeit deutlich, die mit dem Versuch verbunden war, eine fachübergreifende Farbenlehre zu entwickeln. Verfolgt man den Anspruch einer durchgängigen Beschreibung, so bedingt dies mindestens auf einer der beiden Seiten Einschränkungen. Räumt man dabei, wie Goethe es tat, der sinnlichen Wahrnehmung Vorrang ein, so beraubt man die naturwissenschaftliche Seite einer ihrer wesentlichen Stärken, nämlich mit Hilfe der Mathematik auch nicht direkt sinnlich erfassbare Phänomene zu beschreiben. Umgekehrt wird sich eine mathematische Beschreibung der psychologischen, kulturellen und ästhetischen Aspekte von Farbe im Allgemeinen als nicht angemessen erweisen. Bei der goetheschen Farbenlehre stellt der Verzicht auf die Mathematik eine dramatische Einschränkung dar. Gerade für die Untersuchung subjektiver Farbempfindungen ist die quantitative Charakterisierung des äußeren Stimulus, die die Physik mit Hilfe der Mathematik leistet, eine Grundvoraussetzung. Andernfalls wäre die Frage nach dem Verhältnis von Stimulus und Wahrnehmung wie in Lands Experiment überhaupt nicht sinnvoll zu stellen.

Folgt aus dem Bruch im Bogen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften nun eine pessimistische Einschätzung der Möglichkeiten interdisziplinären Arbeitens? Wenn man den Anspruch auf eine von den beteiligten Disziplinen unabhängige Methodik erhebt, so muss man diese Frage wohl bejahen. In diesem Fall baut man gewissermaßen nur eine dünne Schicht entlang des Bogens auf, ohne den Einzeldisziplinen ihre Tiefe zuzugestehen. Interdisziplinäre Arbeit kann jedoch erfolgreich

zwei verschiedene Schwarzweißdias. Anschließend werden die beiden Dias projiziert, das erste durch einen Rotfilter und das zweite ohne Verwendung eines Filters. In der Überlagerung der beiden Projektionen können also nur Grau- und Rottöne vorkommen, die man dementsprechend zu sehen erwartet. Diese Überlegung täuscht jedoch, da auch ganz andere Farben wahrgenommen werden können.

¹⁹ Siehe z. B. *David H. Hubel, Eye, Brain, and Vision*, New York 1995, hier S. 175–179.

sein, wenn jede der beteiligten Disziplinen ihre Stärken ausspielen kann. Der Bogen gewinnt erheblich an Tiefe, wobei jedoch Brüche unvermeidbar sein werden. Nun kommt es darauf an, die Schnittstellen sauber zu definieren. Hierzu muss sich jedes Fach über seine Möglichkeiten und Grenzen genau im Klaren sein, um dann unter diesen Rahmenbedingungen die zu beantwortenden Fragen präzise zu stellen, wie wir dies am Beispiel des Verhältnisses von Gehirn und Bewusstsein angesprochen hatten. Dabei sind diese Schnittstellen, wie erwähnt, nicht notwendigerweise für alle Zeiten festgelegt. In einer solchen wohl geordneten Zusammenarbeit kann jedes Fach seine Kompetenzen zur Lösung interdisziplinärer Fragestellungen in fruchtbarer Weise einbringen und auch von der fächerübergreifenden Arbeit profitieren.

Nachdem Zusammenarbeit über die Grenzen von Disziplinen hinweg nicht nur unter dem Aspekt der Lösung interdisziplinärer Problemstellungen zu sehen ist, sondern auch als Chance begriffen werden kann, sich bei dieser Gelegenheit genauer über die Möglichkeiten und Grenzen des eigenen Faches klar zu werden, liegt der Nutzen interdisziplinärer Lehrveranstaltungen im Rahmen der wissenschaftlichen Ausbildung auf der Hand. Die Auseinandersetzung mit anderen Fächern kann sich als wertvoll erweisen, und besonders gilt dies für den Dialog zwischen Natur- und Geisteswissenschaften. Dabei treten die am Beispiel Farbe angesprochenen Probleme bei der Entwicklung einer disziplinenübergreifenden Beschreibung als eine besondere Herausforderung wieder auf. Bei Teilnehmern aus verschiedenen Disziplinen erlauben es die unterschiedlichen Vorkenntnisse im Allgemeinen nicht, die methodischen Stärken der einzelnen Fächer in vollem Umfang einzusetzen. Zur Schaffung einer gemeinsamen Diskussionsgrundlage ist es vielmehr notwendig, wissenschaftliche Zusammenhänge zu simplifizieren. So wird es im Dialog zwischen geistes- und naturwissenschaftlichen Studenten zum Beispiel kaum sinnvoll sein, in größerem Umfang mathematische Gedankengänge zu präsentieren. Dieser unabdingbare Zwang zur Vereinfachung birgt jedoch die Gefahr, dass die fremden Disziplinen in ihren Möglichkeiten unterschätzt werden. Andererseits kann sich diese Notwendigkeit der Komplexitätsreduktion, die häufig eine Konzentration auf das Wesentliche der wissenschaftlichen Aussage bedingt, in der eigenen Disziplin als besonders instruktiv erweisen.²⁰

IV. Ziffernblatt oder Zahnräder

Eigentlich sollte es selbstverständlich sein, dass jede Wissenschaft die ihrer Problemstellung adäquaten Methoden anwendet. Die Forderung, die Geisteswissenschaften müssten sich den Methoden der Physik unterwerfen, die John S. Mills Mit-

²⁰ Bernadette Malinowski u. Gert-Ludwig Ingold, Chancen und Grenzen des interdisziplinären Dialogs: Erfahrungsbericht über das Seminar „Farben und Licht in ästhetischer und physikalischer Perspektive“, in: Cosima Schuster (Hg.), Physikerinnen stellen sich vor – Dokumentation der Deutschen Physikerinnentagung 2003, Augsburg: Schriften zur Mathematik, Physik und Informatik Bd. 3, Berlin 2004, S. 107–112.

te des 19. Jahrhunderts erhob,²¹ erscheint daher höchst fragwürdig. Dennoch wird offenbar auch heute noch gelegentlich von Seiten der Geisteswissenschaften eine naturwissenschaftliche Dominanz empfunden. So fragt der Literaturwissenschaftler Raoul Schrott in seinem *Pamphlet wider die modische Dichtung*: „Woher dann also dieser Kniefall vor den Wissenschaften?“²² und meint hier in erster Linie die Naturwissenschaften. Er prangert eine Strömung in der modernen Lyrik an, „die behaupt[e]t, daß in der *Neurologie die Poetik der Zukunft versteckt liege*“.²³ Man kann Schrott Recht geben, wenn er feststellt, dass die Erkenntnisse der Neurologie „für die Dichtung relativ unwichtig“ seien. Wenn er allerdings, um seine Aussage zu unterstreichen, hinzufügt: „Bei einer Uhr interessiert ja auch nicht, aus wievielen Teilen sie besteht und wie sie gedämpft oder gelagert werden, sondern allein das Zifferblatt und die Zeit, die man daran abliest“,²⁴ regen sich doch Zweifel. So offenbart beispielsweise erst das Innenleben einer astronomischen Uhr die Genialität seines mittelalterlichen Konstrukteurs. Ähnlich mag es sich verhalten, wenn man ein Gedicht mit literaturwissenschaftlichen Methoden zerlegt. In der Physik kann die Zurückführung eines Systems auf seine fundamentalen Bausteine im Rahmen einer theoretischen Analyse ebenfalls die Schönheit der zu Grunde liegenden mathematischen Strukturen aufzeigen, auch wenn hier der Konstrukteur (oder der Poet?) unbekannt ist.

Dabei muss betont werden, dass eine physikalische Analyse nicht notwendigerweise eine Zerlegung in immer kleinere Einheiten bedeutet. Sicherlich spielt ein solcher Zugang in vielen Bereichen der Physik eine große Rolle. Atome – das, was man einmal für Demokrits unteilbare, kleinste Teilchen gehalten hatte – erwiesen sich als aus drei Elementarteilchen zusammengesetzt, dem Proton, dem Neutron und dem Elektron. Inzwischen kennen wir eine ganze Reihe von Elementarteilchen, von denen einige wiederum aus elementarerer Bausteinen, den Quarks, bestehen. Auch wenn es einige Ideen hierzu gibt, ist nicht wirklich sicher, ob das fortgesetzte Zerlegen in immer kleinere Bausteine nun tatsächlich ein Ende gefunden hat. Statt mit relativ einfachen Systemen wie Elementarteilchen hat man es in der Physik gelegentlich aber auch mit sehr komplexen Systemen zu tun, deren Verhalten sinnvollerweise gerade nicht durch die Betrachtung der einzelnen Bausteine beschrieben wird. So gibt es, um nur ein Beispiel zu nennen, chemische Reaktionen, bei denen das Verhalten der Reagenzien zu farbigen raum-zeitlichen Mustern Anlass gibt. Auch wenn die Art der chemischen Reaktion von Bedeutung ist, ist es nicht sinnvoll, sich über das Verhalten einzelner Moleküle Gedanken zu machen, wenn man diese Musterbildung verstehen möchte. Vielmehr genügt es, die Konzentration der beteiligten Stoffe zu beschreiben. Die Stärke dieses Zugangs besteht in seiner Universalität, die daher rührt, dass es die Struktur der mathematischen Gleichungen ist, die für das Verhalten des Systems, also beispielsweise das Auftreten von Mustern, relevant ist.

²¹ Siehe z. B. *Kjørup*, Geisteswissenschaften, Kap. 4.

²² *Raoul Schrott*, *Die Erde ist blau wie eine Orange*, München 1999, hier S. 25.

²³ Ebd., S. 21.

²⁴ Ebd., S. 21 f.

Da dieselben Gleichungen unter Umständen sehr verschiedene Systeme beschreiben können, lassen sich für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens fruchtbare Parallelen ziehen.²⁵

In beiden Zugängen, dem mikroskopischen wie dem makroskopischen, spielt das Konzept der Symmetrie, und auch der Symmetriebrechung, eine wichtige Rolle. Symmetriebetrachtungen waren es beispielsweise, die Ordnung in die unübersichtlich werdende Zahl der Elementarteilchen brachten und Hinweise auf eine tiefer liegende Struktur gaben. Damit ließen sich neue Theorien konstruieren, die anschließend der experimentellen Überprüfung unterworfen werden konnten. Solche Symmetrien können sehr anschaulicher Natur sein, beispielsweise eine Spiegelsymmetrie, sie können aber auch völlig abstrakt sein und ihren Ausdruck lediglich in mathematischen Strukturen finden. Obwohl es nicht offensichtlich ist, dass die Naturgesetze Symmetrien respektieren müssen, werden wir durch die Erfahrung in dieser Annahme bestärkt. Oder ist es etwa nur „ein biologischer Instinkt, der uns nach Ordnungen suchen läßt“,²⁶ wie Schrott feststellt? Hiergegen spricht, dass eine ganze Klasse von Symmetrien mit so genannten Erhaltungssätzen zusammenhängen, nach denen sich physikalische Größen wie die Energie oder die elektrische Ladung in physikalischen Vorgängen insgesamt nicht ändern. Solche Erhaltungsgrößen sind oft sehr fundamentaler Natur, so dass die zugehörige Theorie, unabhängig von unserer Vorliebe für Ordnung, eine entsprechende Symmetrie aufweisen muss.

Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass die Art und Weise, wie wir über die Natur nachdenken, von unseren biologischen Eigenheiten abhängt. So könnte die Funktionsweise des menschlichen Gehirns eine wesentliche Rolle spielen. Am Beispiel eines neben den Farben weiteren, sehr interdisziplinär angelegten Konzepts, der Zeit, soll dies kurz erläutert werden. Eine Grundvoraussetzung für die Beschreibung der Dynamik physikalischer Systeme ist es, dass uns die Unterscheidung von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft bewusst wird. Erst auf diese Weise leben wir nicht nur in der Gegenwart, wie es wohl bei vielen, wenn nicht allen Tieren der Fall ist.²⁷ Auch beim Menschen kann es durch zerebrale Störungen zu einem Verlust des Zeitgefühls kommen, wie George A. Talland am Beispiel einer Patientin schildert, die sich zwar an die Vergangenheit erinnern konnte, aber kein Gefühl für Zeitabläufe mehr besaß.²⁸ In diesem Sinne ist es gar nicht so selbstverständlich, dass in unserer Naturbeschreibung überhaupt die Zeit vorkommt. Für die große Mehrheit der Menschen stellt das Zeitempfinden jedoch eine grundlegende Erfahrung dar, an der nicht zu zweifeln ist. Interessanterweise zeigen Ansätze für eine quantenmechanische Beschreibung der Gravitation, dass das Zeitkonzept unter exotischen Bedingungen möglicherweise nicht mehr sinnvoll ist. Erst in Situationen, in denen

²⁵ Siehe z. B. *Hermann Haken, Erfolgsgeheimnisse der Natur*, Stuttgart 1981, S. 76 ff.

²⁶ Schrott, *Die Erde ist blau wie eine Orange*, S. 45.

²⁷ *Gerald James Withrow, What is Time?*, Oxford 2003, S. 3.

²⁸ Ebd., S. 27.

die Quantenmechanik zur Beschreibung der Gravitation nicht mehr erforderlich ist, sollte sich dann wieder eine Zeit einführen lassen.²⁹

V. Physik und Poesie

Unabhängig davon, ob Symmetriebetrachtungen einem menschlichen Bedürfnis entgegenkommen oder ob Symmetrien eine objektive Eigenschaft der Natur sind: Bei der Entwicklung physikalischer Theorien können Symmetrieforderungen eine wichtige Leitlinie darstellen. Die Suche nach dem Verständnis der Natur bekommt auf diese Weise eine ästhetische Dimension. Dem bereits zitierten Literaturwissenschaftler Schrott gibt das Thema Symmetrie Anlass, auch über das Verhältnis von Physik und Poesie nachzudenken.³⁰ Für ihn macht Poesie die Daten der Physik „wenn schon nicht den Sinnen, dann wenigstens dem Sinn zugänglich – dazu wird die poetische Sprache ja auch von der Physik benützt“.³¹

Physikalische Phänomene den menschlichen Sinnen zugänglich zu machen, war ein zentrales Anliegen für Goethe. Entsprechend wichtig war es ihm, den Damen des Weimarer Hofes optische Experimente vorzuführen, um so einen sinnlichen Zugang zur Vielfalt der Farbphänomene zu ermöglichen. Tatsächlich ist das eigene Experimentieren ganz wesentlich, um grundlegende Konzepte der Naturwissenschaften zu akzeptieren und zu verinnerlichen. Nur wer selbst die Erfahrung gemacht hat, dass es in der Natur reproduzierbare Vorgänge gibt, kann diese Eigenschaft zu einer Basis seines naturwissenschaftlichen Verständnisses machen, die Zuverlässigkeit der daraus folgenden Vorhersagen einschätzen und damit erst den naturwissenschaftlichen Zugang akzeptieren. Das heute viel propagierte computerbasierte E-Learning kann zumindest in den experimentell geprägten Naturwissenschaften keinen vollwertigen Ersatz für die traditionelle Ausbildung bieten, da es höchstens Realität suggerieren kann, anstatt diese in der notwendigen Unmittelbarkeit zu vermitteln.

Allerdings hat sich die Physik im Laufe der Zeit immer weiter von unseren unmittelbaren Sinneserfahrungen entfernt. Folgt man Goethe mit seiner Abneigung gegen physikalische Apparaturen, die die direkte Beobachtung behindern, so hätten wir schon längst aufhören müssen, Physik zu betreiben, denn schon „Mikroskope und Fernrohre verwirren eigentlich den reinen Menschensinn“.³² Will man sich eine solche Beschränkung nicht auferlegen, so muss man, um mit Schrott zu sprechen, die Daten „wenigstens dem Sinn zugänglich“ machen. Hierbei hat man die Wahl zwischen zwei Sprachen: der Mathematik und der poetischen Sprache, die uns beispielsweise die Möglichkeit der Metapher bereitstellt. Dies gilt jedoch nur in dem Maße wie von

²⁹ Claus Kiefer, *Der Zeitbegriff in der Quantengravitation*, in: *Philosophia Naturalis* 27 (1990) S. 43–65.

³⁰ Schrott, *Die Erde ist blau wie eine Orange*, S. 29–48.

³¹ Ebd., S. 43.

³² *Johann Wolfgang von Goethe, Werke*, Bd. 12, München ¹²1994, S. 430.

konzeptionellen Aspekten die Rede ist und nicht von der quantitativen Erfassung der Natur, bei der poetische Techniken die Mathematik nicht ersetzen können.

Die Möglichkeiten der Poesie erlauben es uns, selbst dann noch eine Verbindung zur alltäglichen Erfahrungswelt herzustellen, wenn die eigentliche Problemstellung hiervon weit entfernt ist. Sind die Metaphern gut gewählt, so können sie bei der Entwicklung neuer Theorien durchaus nützlich sein. Statt des Erfahrungsschatzes aus dem Alltag kann man sich jedoch auch der mathematischen Erfahrung bedienen, die ebenfalls ein intuitives Vorgehen erlaubt. Mit ihrer Hilfe lässt sich also häufig eine Ahnung des erfolgreichen Lösungsweges gewinnen. Hat man eine Vorstellung von den Symmetrien oder anderen strukturellen Eigenschaften eines Problems, so lässt sich, wie oben angedeutet, eine theoretische Beschreibung entlang dieser Vorstellungen entwickeln. Auch mit der mathematischen Beschreibung können also bildhafte Vorstellungen verknüpft sein, selbst wenn diese nicht notwendigerweise in Worte gefasst sind. Natürlich wird man ohne entsprechende Kenntnisse nicht oder nicht in vollem Umfang von einer in mathematische Ausdrücke gefassten Beschreibung eines physikalischen Sachverhalts profitieren können. Aber auch die Verwendung der Umgangssprache kann dies nicht garantieren. Gerade bei der Verwendung von Metaphern besteht die Gefahr, dass die Bedeutung nicht in vollem Umfang verstanden wird oder gar falsche Assoziationen hervorgerufen werden. Besteht diese Problematik bereits in der Muttersprache, so kann sie sich in anderen Sprachen noch verschärfen. Dieser Umstand sollte bedacht werden, wenn man heute verstärkt mit fremdsprachigen Studienangeboten auf studentischen Kundenfang geht.

Obwohl sich in mathematischer Weise über physikalische Probleme nachdenken lässt, ist das Bedürfnis, abstrakte Sachverhalte mit sprachlichen Mitteln auszudrücken, unbestreitbar. Besonders interessant wird dies in der Quantenmechanik, wo es zu besonders dramatischen Kollisionen mit der Alltagserfahrung kommt. Ein Paradebeispiel ist der Welle-Teilchen-Dualismus mit seinen zahlreichen, der Alltagserfahrung zuwiderlaufenden Konsequenzen. Während Welle und Teilchen in der klassischen Physik nicht miteinander vereinbar sind, ist dies in der Quantenmechanik möglich. Ähnlich verhält es sich mit der Überlagerung verschiedener quantenmechanischer Zustände, die sich mit klassischen Vorstellungen nicht vereinbaren lässt, wie Schrödinger mit seinem Katzenparadoxon illustriert, in dem eine Katze gleichzeitig lebendig und tot sein kann.³³ In *Die Erde ist blau wie eine Orange* argumentiert Raoul Schrott in diesem Zusammenhang, dass der Übergang von der klassischen zur Quantenphysik im Grunde dem Übergang von Prosa zu Poesie entspreche.³⁴ Nur die Metapher erlaube es, diese merkwürdige Überlagerung von lebendiger und toter Katze zu beschreiben. Auf diese Weise greife die Physik auf alte Mittel der Poesie zurück. Wenn dem so ist, dann ist es nur folgerichtig, naturwissenschaftliche Texte als möglichen Gegenstand der Literaturwissenschaften anzusehen. In sei-

³³ Erwin Schrödinger, Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik, in: Die Naturwissenschaften 23 (1935) S. 807–812, 823–828 und 844–849, hier S. 812.

³⁴ Schrott, Die Erde ist blau wie eine Orange, S. 62.

nem Aufsatz *Über Schrödingers Katze oder die Quanten der Metapher* legt Schrott eine entsprechende Untersuchung des schrödingerschen Textes von 1935 vor, mit dem das Katzenparadoxon eingeführt wurde. Man könnte diese Analyse als den Ausgangspunkt eines interdisziplinären Dialogs begreifen, da sie wiederum nach einer Antwort von naturwissenschaftlicher Seite verlangt, die hier allerdings zu weit führen würde. Es soll nur eine Frage kurz angesprochen werden, die sich vor jeder Textanalyse stellt: Soll der Text isoliert oder in seinem historischen Kontext betrachtet werden? Schrott entscheidet sich im Wesentlichen für den ersten Weg, so dass genau zu hinterfragen wäre, inwieweit seine Analyse tatsächlich etwas über die Quantentheorie aussagt oder nur über den Autor, Erwin Schrödinger. Schon der Umstand, dass Schrödinger in einer Fußnote bereit ist, seine dreiteilige Arbeit, in der die Schilderung des Katzenparadoxons enthalten ist, als „Generalbeichte“³⁵ zu bezeichnen, zeigt jedoch die Bedeutung des wissenschaftshistorischen Kontexts. Dies wird noch durch die gegensätzlichen Positionen unterstrichen, die die großen Protagonisten der Quantentheorie, genannt seien Bohr, Einstein und Schrödinger, einnahmen. Schrödingers Text kann demnach nicht losgelöst von der damaligen wissenschaftlichen Debatte betrachtet werden.

Am Ende seines Aufsatzes *Über Schrödingers Katze oder die Quanten der Metapher* schreibt Schrott:

„Die Trennung von Sachen und Wörtern durch die Zerschlagung der Zusammengehörigkeit von Sprache und Welt fiel in jenes 17. und 18. Jahrhundert, in dem auch die klassische Physik mit ihren Konzepten entstand. Die Quantenphysik versucht in diesem Kontext – fast gezwungenermaßen – zurück an den Punkt vor dieser Revolution zu kommen.“³⁶

Niels Bohr, dem die Bedeutung der Sprache für die Entwicklung einer neuen Theorie, die die Physik jenseits der Alltagserfahrung beschreiben soll, vollkommen klar war, hätte Schrott wohl zugestimmt. Werner Heisenberg erinnert sich später an Bohrs Antwort auf die Frage, was die 1922 in einem Vortrag in Göttingen gezeigten Bilder von Atomen bedeuten:

„Ich hoffe, daß diese Bilder die Struktur der Atome so gut beschreiben, aber eben auch *nur* so gut beschreiben, wie dies in der anschaulichen Sprache der klassischen Physik möglich ist. Wir müssen uns klar darüber sein, daß die Sprache hier nur ähnlich gebraucht werden kann wie in der Dichtung, in der es ja auch nicht darum geht, Sachverhalte präzise darzustellen, sondern darum, Bilder im Bewußtsein des Hörers zu erzeugen und gedankliche Verbindungen herzustellen.“³⁷

Ist eine solche Einsicht ohne Wechselwirkung zwischen Natur- und Geisteswissenschaften denkbar?

³⁵ Schrödinger, Gegenwärtige Situation, hier S. 845.

³⁶ Schrott, Die Erde ist blau wie eine Orange, S. 72.

³⁷ Werner Heisenberg, Der Teil und das Ganze, München ³1976, S. 54.