

Klaus Hentschel

Unsichtbares Licht?
Dunkle Wärme?
Chemische Strahlen?

Eine wissenschaftshistorische und -theoretische
Analyse von Argumenten für das Klassifizieren
von Strahlungsorten 1650–1925 mit Schwerpunkt
auf den Jahren 1770–1900

Berlin 2026

GNT

BIBLIOGRAFISCHE INFORMATION DER DEUTSCHEN BIBLIOTHEK
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.dnb.de>> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Verlag und der Autor gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch der Autor übernehmen Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

In diesem Buch wird das generische Maskulinum verwendet. Keinesfalls sind damit Diskriminierungen beabsichtigt.

UMSCHLAGABBILDUNGEN

Die Illustrationen des Buchumschlags stammen vorne aus Orontius Finnaeus: *De speculo ustorio. Ignem ad propositam distantiam generante* (1551) bzw. hinten: Photographie eines Versuchsaufbaus Macedonio Mellonis für Wärmestrahlungsexperimente (ca. 1842), aus: *Museo di Fisica, Neapel*, Inventarnr. 152.

VERLAG

GNT Publishing GmbH, Lasiuszeile 2, 13585 Berlin, Germany
<<https://www.gnt-verlag.de>>

UNVERÄNDERTE AUSGABE DER PRINTAUSGABE VON 2007

© 2007, 2026 GNT Publishing GmbH, Berlin, Germany
ISBN 978-3-86225-631-0 (E-Book/PDF, Version 2/260421)
<doi.org/10.47261/1631>

Alle Rechte vorbehalten. ALL RIGHTS RESERVED.

Einleitung

Welche Argumente bringen Naturwissenschaftler dazu, in neu erschlossenen Phänomenbereichen ein Wirken grundlegend neuer Entitäten zu sehen, die nicht auf den Kanon jeweils schon bekannter Ursachen reduziert werden können? In welcher Weise etablieren sie deren wechselseitige Abgrenzung, wie rechtfertigen sie diese ontologischen Raster, die sie den untersuchten Phänomenbereichen unterlegen? Und mit welchen Argumenten weisen sie Forderungen nach Vereinheitlichung, die ihnen von Anhängern reduktionistischer Modelle entgegengehalten werden, zurück? Diese Fragen sind es, denen im folgenden anhand etlicher Beispiele über das Verhältnis von Licht zu Wärme nachgegangen werden soll. Es wird deutlich werden, daß diese Frage bereits im 18. Jahrhundert intensiv diskutiert wurde und Anfang des 19. Jahrhunderts mit der Entdeckung neuer Phänomene in den Randbereichen des optischen Sonnenspektrums nur noch virulenter wurde.¹

Mit welchen Argumenten wurden (und werden) in den Naturwissenschaften bestimmte Objekte als eng verwandt miteinander in eine Kategorie eingestuft, andere hingegen terminologisch und sachlich abgegrenzt? Inwieweit bleiben die für eine bestimmte Klassifikation vorgebrachten Argumente, strukturell gesehen, über die zahlreichen Verschiebungen in der Geschichte jener wissenschaftlichen Taxonomien unverändert? Gibt es fachspezifische Präferenzen für (oder gegen) bestimmte Typen von Argumenten, und was passiert mit jenen Klassifikationsrastern während disziplinärer Umbrüche wie etwa in der sog. Sattelzeit von 1770–1830 (dazu mehr auf S. 25ff.), in der sowohl die Chemie als auch die Physik tiefgreifende kognitive und soziale Transformationen durchlaufen? Inwiefern finden sich strukturelle Parallelen zu anderen Wissensumbrüchen (z.B. um 1900)?

Anhand eines Clusters interdisziplinärer Fallstudien zur Deutung von Licht, Wärmestrahlung und chemisch wirksamer (UV-)Strahlung im späten 18. und frühen 19. Jahrhundert, sowie zur Deutung von Röntgen- und Gammastrahlung im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert soll diesen Fragen hier nachgegangen werden. Schon während der Arbeiten an meiner Habilitationsschrift über Rotverschiebung im Sonnenspektrum fielen mir die historisch stark umstrittenen Klassifikationen der verschiedenen Anteile des Spektrums als etwas auf, der näher untersucht werden sollte. Zur Exploration einzelner dieser Sektoren gibt es bereits Spezialuntersuchungen, so etwa die Aufsatzserien von E. Scott Barr oder E.H. Putley zur Entdeckung des Infraroten oder E.N. Harvey zur Geschichte der Untersuchungen zur Phosphoreszenz. Viele dieser älteren Studien krankten jedoch an linearisierter Darstellung typischer Whig-Historiographie, während neuere Untersuchungen ihre Fragestellungen oft ganz am Einzelfall orientieren und sich einer vergleichenden Analyse sperren.²

Wir werden mit wissenschaftshistorischen und -theoretischen Methoden die von den historischen Akteuren jeweils vorgebrachten Argumente analysieren und streng nach dem Stand des

¹Siehe dazu folgende einführende Texte: Kayser [1900] S. 25ff., 651ff., Cornell [1938], Barr [1960], Kleinert [1984], Hong [2003] sowie Kap. 5-7.2 dieses Buches.

²Siehe Barr [1960], [1961], Putley [1982], Harvey [1957] bzw. zur Kritik an der Whig-Historiographie Kragh [1987]. Für Beispiele neuerer Studien vgl. hier Anm. 50f., S. 34

Wissens der Zeit bewerten. Jenseits von Whig-Historiographie und retrospektive Verortung in heutigen Disziplinen soll dennoch nach kontextübergreifenden Gemeinsamkeiten jener taxonomischen Argumente gesucht werden, die viel weniger historisch veränderlich sind als die Klassifikationsraster selbst.

Der mir persönlich wichtigste methodische Aspekt meines Forschungsprojektes ist die systematisch vergleichende Anlage. Schon in meinem Pilotaufsatz über den angelsächsischen Chemiker John William Draper wurden die ermittelten Argumentationsstrategien so beschrieben, daß sie leicht auf andere Vergleichsfälle übertragen werden können. An diesem Beispiel habe ich also bereits gezeigt, wie sich seine über drei Jahrzehnte hinweg entwickelnden Argumente für die Existenz sog. 'Tithonic Rays' (Strahlen mit chemischer Wirksamkeit) acht Grundtypen von Argumenten abzeichnen, die er immer wieder benutzte (siehe Abschn. 6.2). Dabei geschah die Ausformulierung jener argumentativen Grundtypen bewußt so, daß eine leichte Übertragung auf andere Fälle möglich wird. Dieses Verfahren wurde auch in der vorliegenden Studie übernommen. Die sehr viel breitere Materialbasis führte zu einer Ausweitung des Satzes voneinander abgrenzbarer Argumente auf nunmehr sechszehn, deren Vorkommnisse in den Primärtexten zwischen 1700 und 1900 im Haupttext ausführlich im einzelnen (häufig anhand wörtlicher Zitate) nachgewiesen wurde und im Anhang Tabelle 8.6 (S. 589) zusätzlich in tabellarischer Form zusammengestellt ist.

Die Historiographie von Klassifikationen und Taxonomien

Die Geschichte wissenschaftlicher Taxonomien u.a. Klassifikationssysteme nimmt einen unbequemen Platz zwischen etablierten Bereichen wie Ideen- und Disziplinengeschichte ein. Ein Klassiker des Faches wie Pierre Duhem berührte das Thema mit seiner Doktrin der 'natürlichen Klassifikation', zu der seiner Meinung nach alle Wissenssysteme im Laufe der Zeit hinsteuerten.³ Aber für Duhem war diese Doktrin nur eine Art innerer Absicherung, ein Korrektiv gegen einen überbordenden Konventionalismus, dem er in anderen Passagen seines Werkes (Theorienholismus, Ablehnung des *experimentum crucis*) Vorschub leistete. Nach jahrzehntelanger Überbetonung ideenhistorischer Kontinuitäten und kumulativer Modelle der Wissenschaftsentwicklung fristeten Untersuchungen zur historischen Wandelbarkeit von Begriffssystemen ein Schattendasein, entweder als Begriffsgeschichte künstlich vereinzelter Konzepte⁴ oder eingebettet in makrohistorische Ideengeschichte(n), für die taxonomische Verschiebungen in der Behandlung wissenschaftlicher Objekte eher marginal waren. In den 1960er Jahren machte Thomas S. Kuhn mit seinen Arbeiten über die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen darauf aufmerksam, daß sich in diesen Umbruchsphasen nicht nur einzelne Wissensinhalte und die Bedeutung einzelner Konzepte, sondern die gesamte Struktur unseres Wissens ändert.⁵ Gerade der späte Kuhn erkannte immer mehr, daß ein Gutteil dieser Struktur in sprachlichen Klassifikationssystemen verfestigt ist, die z.B. festlegen, wie wir wissenschaftliche Objekte in Taxonomien verorten.⁶

Ein Phänomen wie 'Feuer' beispielsweise wurde schon von Aristoteles als eines von vier Elementen klassifiziert und noch von Lavoisier als eines der (in ihrer Anzahl stark gewachsenen) chemischen Elemente angesehen, im weiteren Verlauf dann aber völlig anders als Verbrennungs-

³Siehe Pierre Duhem [1906/08]b, Kap. 2, S. 27: "die Theorie hat die Tendenz, sich in eine naturgemäße Klassifikation umzuformen."

⁴Siehe z.B. das vielbändige *Historische Wörterbuch der Philosophie*, hrsg. von J. Ritter u.a., zweifellos ein nützliches Nachschlagewerk zur Begriffsgeschichte, aber kein geeignetes Instrument zur Erfassung wiss. Taxonomien, bei denen es gerade auf die Verschachtelung ganzer Begriffsfelder ankommt.

⁵Kuhn [1962/70] Kap. 5 und die Kuhn-Exegese in Hoyningen-Huene [1993] S. 72, 112, 172.

⁶Siehe z.B. Hoyningen-Huene [1990] S. 481-492; Chen [1997] S. 257-273; Sankey [1993], [1998].

vorgang umgedeutet. Entsprechend den tiefgreifenden Wandlungen des Wissenssystems ist Feuer nun nicht mehr eine Urgewalt oder ein chemisches Element, sondern ein Prozeß mit positiver Reaktionsenthalpie. Dies ist mehr als eine bloße Umbenennung; hier zeigen sich grundlegende Umgestaltungen der Begriffsgefüge, wie sie z.B. in wissenschaftlichen Taxonomien, hier definiert als hierarchisch aufgebaute 'Ist eine Art von' Begriffshierarchien (englisch: kind-of trees) dargelegt werden können.⁷

Im Zuge der anhaltenden Debatten über das Feyerabend/Kuhn'sche Konzept der Inkommensurabilität der zulässigen Aussagen vor und nach einer wissenschaftlichen Revolution widmeten sich die Wissenschaftstheoretiker neuerdings wieder verstärkt diesem Thema.⁸ Gerade die Frage, inwiefern *natural kinds*⁹ tatsächlich 'natürliche Sorten' erfassen oder inwieweit sie künstliche, vom Menschen geschaffene und den Objekten konventionell zugeordnete Begriffsraster sind, führte im letzten Jahrzehnt zu erheblichen Kontroversen.¹⁰ Saul Kripke und Hilary Putnam verteidigten die Ansicht, daß *natural kinds* im allgemeinen unverrücklich bestimmten Gegenstandsklassen zugeordnet seien, während Ian Hacking und Paul Churchland diese Vorstellung einer 'theorienneutralen oder Intentions-unabhängigen Beziehung zwischen Worten und abgrenzbaren Teil-Objekten der Welt' heftig kritisierten. Nach Churchland sind "die meisten der taxonomischen Unterscheidungen, die wir als *natural kinds* ansehen, eigentlich überhaupt keine solchen, sondern rein pragmatische Unterscheidungen"; Hacking reduzierte sie sogar noch weiter zu bloß bequemen "funktional relevanten Gruppierungen von Naturerscheinungen" oder *scientific kinds*.¹¹

Wie aus den Ausführungen im folgenden noch deutlich werden wird, schließe ich mich dieser zuletzt geäußerten Position gegen eine essentialistische Metaphysik von 'natural kinds' an. Doch wir müssen (historisch und systematisch) besser verstehen, (i) welche Argumente unter welchen Bedingungen dazu führ(t)en, sich für bestimmte "functionally relevant groupings" zu entscheiden, und (ii) wie diese in konkreten explorativen Forschungszusammenhängen überhaupt gefunden werden. Anstatt diese schwierigen Fragen *in abstracto* oder an künstlich isolierten Beispielen zu diskutieren, plädiere ich hier für einen historischen Zugang zu dem Problem. Die Frage nach dem Ursprung und den Argumenten für 'natural kinds' soll dadurch historisiert werden, daß verschiedene historisch gut dokumentierte Weichenstellungen analysiert werden, in denen verschiedene solcher Taxonomien zur Wahl standen. Daß es sich bei dem von mir gewählten Beispiel um eine echte Konkurrenz verschiedener Taxonomien handelte und nicht von vornherein klar war, welcher der Vorschläge sich bewähren würde, zeigt sich schon daran, daß mehrere der Akteure ihre Einschätzungen im Zuge der Debatten und neuer Experimente änderten (so z.B. William Herschel, Macedonio Melloni und John William Draper). Während Herschel seine Überzeugung mehrfach wechselte, hatten sich sowohl Melloni als auch Draper anfangs mit guten Gründen auf die Meinung festgelegt, daß es sich bei der Wärmestrahlung um einen grundlegend neuen Typus von Strahlung handele. Wieso beide im Laufe ihrer experimentellen Arbeit zur entgegengesetzten Meinung konvertierten, wird im 6. Kapitel näher analysiert werden.

⁷Zur strengen Definition siehe z.B. Kay [1971], Rosch [1978] im zweiten Teil der Bibliographie; für Beispiele vgl. weiter unten die Gegenüberstellung dreier Taxonomien des Lichts bei Brewster (Newtonianer), John Herschel und Humphrey Lloyd (hier S. 95ff.).

⁸Siehe die Literaturliste unter <http://sun.rz.uni-hannover.de/zeww/inc.conf.litlist.html> sowie hier S. 47.

⁹am besten übersetzbar vielleicht als 'natürliche Sorten' oder 'Gruppen', da 'natürliche Arten' zu sehr eine bloß biologische Konnotation hat; vgl. hier Abschn. 1.3.2.

¹⁰Siehe z.B. die Aufsatzsammlungen von Riggs (Hg.) [1996], Bowker & Star (Hg.) [1999] (mit Beispielen aus den Biowissenschaften) sowie die folgende Anm.

¹¹Siehe Churchland [1985] insb. S. 2: "most of the kinds we regard as natural kinds are not natural kinds at all, but merely practical kinds", sowie Hacking [1990] insb. S. 139f.: "functionally relevant groupings in nature".

Die nur der besseren Lesbarkeit wegen schon in Kapitel 2 vorangestellte Typologie von klassifikatorischen Argumenten scheint mir für jedweden Vergleich verschiedener historischer Beispiele auch außerhalb des hier betrachteten Themenfeldes unverzichtbar. Auf diese Art wird auch ein anderes wichtiges von Hacking benanntes Desideratum angegangen, indem es nur durch eine derartige Ausbuchstabierung des argumentativen Kerns in den historischen Debatten um Licht und Wärme zu einem klareren Verständnis unseres 'Instinkts' bei der Sortierung in solche natürlichen Gruppen kommt.¹²

Diese Monographie schließt also gleich auf mehreren Ebenen Forschungslücken:

- einer historischen Unterfütterung der philosophischen Debatten um die Existenz und Funktion von 'natural kinds' am Beispiel verschiedener 'Sorten' von Strahlung,
- einer detaillierten Schilderung der historischen Abfolge von Klassifikationsansätzen zum chronischen Problem des Verhältnisses von Licht und Wärme, und schließlich
- der systematischen Herausarbeitung der Struktur von Argumenten für oder gegen Wesensgleichheit anhand des reichhaltigen historischen Materials über Strahlungsarten im Zeitraum von etwa 1650 bis etwa 1925 mit Schwerpunkt auf den Jahren 1750–1900.

Wandlungen der Konzepte 'Strahl', 'Strahlung' und 'Spektrum'

Das Beispiel, an dem ich die historische Wandlung bzw. relative Konstanz taxonomischer Argumente untersuchen möchte, sind (nach heutiger Konzeptualisierung) diverse Anteile des elektromagnetischen Spektrums außerhalb des sichtbaren Bereiches: Wärmestrahlung jenseits des roten Endes des Spektrums (heute die sog. Infrarot-Strahlung), und Strahlung mit chemischer Wirkung am anderen Ende (später umgetauft in Ultra-Violettsstrahlung), ferner (im 7. Kapitel) auch die um 1900 entdeckte Röntgen- und Gammastrahlung noch jenseits dieses Bereiches sowie einige aus Teilchen bestehenden Strahlungsformen wie Kathodenstrahlen sowie α - und β -Strahlung radioaktiver Substanzen. Das in der gesamten Arbeit vorfindliche Beharren auf den jeweils von den Akteuren benutzten Originaltermini wird sich als wesentlich erweisen, um nicht schon durch die Wortwahl eine den Akteuren fernliegende Klassifizierung ihrer Befunde zu unterstellen. Die hier vorgenommene nähere Analyse der Interpretation, die Johann Wilhelm Ritter seinen eigenen Entdeckungen gab, wird beispielsweise zeigen, daß die gängige Behauptung, er habe 1800 die UV-Strahlung entdeckt, so nicht richtig ist.¹³ Selbst 1840 empfand Sir John Herschel den Ausdruck *ultra-violet* noch als "uncouth appellation", die er ebenso wenig zu akzeptieren bereit war wie den damals gängigen Terminus *chemical rays*, da diese in allen Regionen des Spektrums anzutreffen seien und deshalb nicht speziell die Region jenseits des violetten Endes des Spektrums bezeichnen könnten.¹⁴ Übrigens argumentierte Herschel damals gegen eine klare Grenze des sichtbaren Spektrums im Violetten und meinte jenseits dessen noch lavendelfarbige Strahlen ausmachen zu können. Noch dringlicher wird dieser Punkt bei der Behandlung der sogenannten *phosphorogenic rays*, der N-Strahlen, sowie der nach ihren vermeintlichen Entdeckern benannten *rayons Blondlot* bzw. 'Moser Strahlen' sein, da sich dafür im heutigen Wissensraster keinerlei Entsprechung finden. In dem Wandel der Terminologie in den hier jeweils präsentierten Auszügen aus den Quellen spiegelt sich für einen gründlicher Leser dieses Buches also auch der Wandel der jeweiligen Anschauungen, die die Zeitgenossen mit ihren Beobachtungen jeweils verbanden.

¹²Siehe Hacking [1990] S. 140: "a clearer understanding of our instinct for sorting into natural kinds".

¹³Diesen Punkt macht beispielsweise Kenneth Caneva [2001]; leider verfällt der gleiche Autor bezüglich der Arbeiten W. Herschels wieder dem Anachronismus, es sei dies die Entdeckung der IF-Strahlung (*idem*, S. 11).

¹⁴Siehe Herschel [1840]c S. 20

Radikale semantische Umdeutungen erfuhr auch das Konzept des 'Strahls' (englisch *ray*, französisch *rayon*), das sich schon bei Newton findet, jedoch dort ganz im Kontext einer Projektiltheorie des Lichts, die dieses als einen Strom von kleinsten Teilchen, den sog. Lichtglobuli auffaßt. Auch wenn Newton in seiner *Opticks* versuchte, die geometrischen Grundlagen seiner Optik frei von diesen Modellvorstellungen zu halten, so sind sie doch an allen Ecken und Enden seines Werks deutlich nachzuweisen, von seinen frühen unpublizierten Manuskripten bis hin zu den *Queries* im späten Hauptwerk (siehe dazu Abschn. 3.3.1). Zwar kann dieses Konzept auch in die Wellentheorie des Lichts 'hinübergerettet' werden, indem man den Lichtstrahl als Normale auf die Wellenfront als dem eigentlichen Fundamentalobjekt der Wellenoptik reinterpretiert, doch hat es damit dann eine andere, abstrakt-mathematische Bedeutung und verliert die physische Konnotation der Teilchenprojektillbahn, die es in der Emissionstheorie hatte. Das noch ältere Wort *beam* taucht in dem von mir betrachteten Zeitraum gar nicht auf. Der frühneuzeitliche Mathematiker und Hofzauberer John Dee (1517–1608) hatte es noch benutzt, um allgemein den geradlinigen Weg zwischen zwei Punkten zu bezeichnen: "beames, or natural lines, (here) I meane, not of light onely, or of colour (though they, to eye, giue shew, witnes, and prose, whereby to ground the Arte upon) but also of other *Formes*, both *Substantiall*, and *Accidentall*, the certaine and determined actiue Radial emanations."¹⁵ Die allgemeine Perspektivelehre, in deren Kontext diese Vokabel bei ihm auftritt, hat dieselbe Bestimmung, wie spätere Autoren sie dann der Optik zuwiesen: "which demonstrateth the manners and properties of all Radiations: Directe, Broken, and Reflected."¹⁶ Seit Newton wird dann allgemein 'ray' (bzw. 'Strahl' im deutschen) bevorzugt. Das Wiederauftauchen des älteren Terminus im späten 20. Jahrhundert im Kontext des 'beamens' von kurzzeitig dematerialisierten Personen im Raumschiff Enterprise liegt in jeder Hinsicht außerhalb des hier Betrachteten. Ebenso die metaphorische Verwendung von Licht, Sonne oder Feuer und Wärme, wie sie in zahlreichen Texten der antiken, neoplatonischen, frühchristlichen und mittelalterlichen Lichtmetaphysik zu finden ist. Daß Licht und Wärme z.B. im Sonnenstrahl zusammen auftreten, war also bereits seit der Antike selbstverständlicher Teil des Alltagswissens, nicht nur der Alltagserfahrung. Die zunehmend genaueren experimentellen Untersuchungen seit der frühen Neuzeit, z.B. auch am 'kalten' Licht der Phosphoreszenz oder am gleichfalls scheinbar wärmewirkungsfreien Mondlicht, waren in dieser Hinsicht eine Verunsicherung des vermeintlich selbstverständlichen. Wahrscheinlich auch deshalb finden wir erst seit der frühen Neuzeit klare Argumente für oder gegen die Klassifikation von Licht und Wärme als gleich- oder ungleichartiger Entitäten. Die Entdeckungen weiterer 'Strahlungen' um 1800 und kurz vor 1900 löste dann jedesmal erneut Diskussionen um deren Verhältnis zu den altbekannten Strahlensorten aus.

¹⁵Dee [1570] unpaginiertes Vorwort, Abschnitt *Perspetiue*, *Orthographic orig*, also z.B. *stets* u statt *v*.

¹⁶*Ibid.* Aus der Erläuterung zu 'Perspetiue' in seiner taxonomischen Klassifikation aller "Sciences and Artes Mathematicall" am Ende dieses Vorwortes.

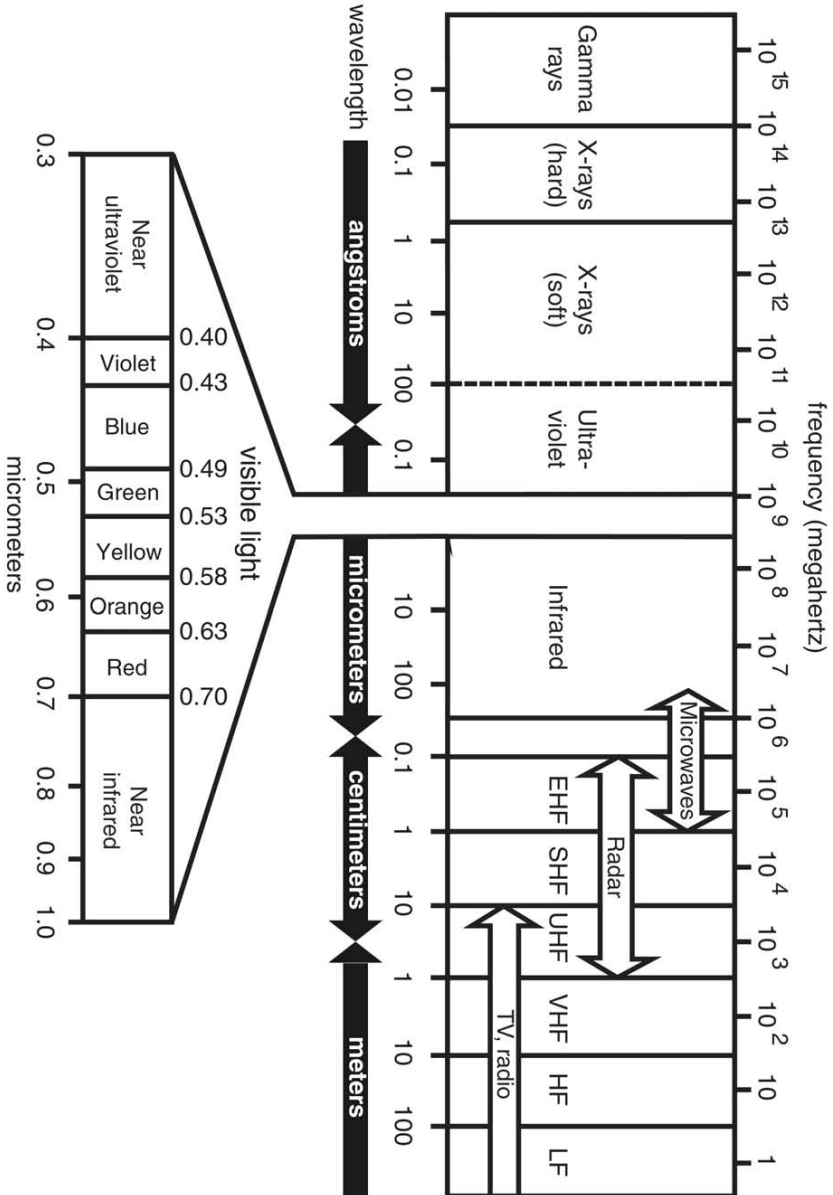


Abb. 0.1: Das elektromagnetische Spektrum in moderner Darstellung (aus <http://www.ccpo.odu.edu/SEES/pdf/files/vgtextbook/2-01.pdf>, zugegriffen am 2. März 2007).

Heutzutage ist es äußerst schwer, sich das 'Spektrum' anders vorzustellen als ein Kontinuum elektromagnetischer Wellen, das sich über viele Zehnerpotenzen von Wellenlängen im km-Bereich (Radiowellen) über das infrarote und optische Spektrum bis hin zum Röntgen- und γ -Strahlenbereich (10^{-12}m) hin erstreckt, wie wir es in Abbildung 0.1 sehen, entnommen aus einer modernen "Educational Site for High School and College Instructors and Students". Aber die Taxonomie, mit der Naturforscher Anfang des 19. Jahrhunderts die einschlägigen Strahlungsphänomene klassifizierten, war eine völlig andere, die auf mehreren, voneinander grundverschiedenen Strahlungsorten basierte. Mit welchen Argumenten wurde dieses Klassifikationsraster, das ein Nebeneinander von chemischen, optischen und Wärmestrahlen postulierte, damals gestützt? Im 5. Kapitel zeige ich, daß es durchaus gute Gründe dafür gab, auch wenn sie *später* durch andere Argumente für eine uns näher stehende Deutung abgelöst wurden. Aber neben diesem besser-verständlich-machen eines wichtigen wissenschaftlichen Umbruchs im 19. Jahrhundert, der von einigen Zeitgenossen sogar als eine "revolution of scientific opinion" bezeichnet wurde,¹⁷ zeigt diese Studie ferner, wie erstaunlich fließend die Grenzen zwischen heute völlig eigenständigen Disziplinen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts noch waren und wie stark die um 1800 erfolgte tiefgehende Ablösung von den Lehrformen der Naturlehre und (Neu)Formierung disziplinärer Felder noch nachwirkte.

Die Unterscheidung von Licht und Wärmestrahlung war spätestens seit den Aufsätzen William Herschels heftigst umstritten. Auch die Einordnung der ebenfalls um 1800 entdeckten sogenannten 'chemischen Strahlen' (heute klassifiziert als UV-Strahlung) und der 1895 entdeckten Röntgenstrahlung war kontrovers, zumal beispielsweise die Röntgenstrahlen von ihrem Entdecker lange *nicht* als Teil des elektromagnetischen Spektrums gedeutet wurden. Nicht einmal die besser bekannten Werke wie etwa die Abhandlung über das Feuer von Johann Heinrich Scheele (1775 verfaßt) oder Edmond Becquerels Artikel aus den 1840er Jahren wurden bislang unter dieser Fragestellung näher analysiert; die Beiträge vieler anderer Autoren gerieten völlig in Vergessenheit, so etwa Heinrich Friedrich Links Untersuchungen *Über die chemischen Eigenschaften des Lichtes* oder Christian Samuel Weiss: *Abhandlung über die Preisfrage: Ist die Materie des Lichts und des Feuers die nämliche, oder eine verschiedene? Gibt es eine eigene Wärmematerie (Wärmestoff) und welche Gründe dafür über die bisher bekannten?*¹⁸ Hingegen zeigt schon der Umstand, daß es sich den beiden letztgenannten Texten um Reaktionen auf Preisfragen wissenschaftlicher Akademien handelte, daß diesem Thema damals erhebliches Gewicht beigemessen wurde. Neben der bayerischen und St. Petersburger Akademie der Wissenschaften, für die die vorgenannten Preisschriften um 1800 erstellt wurden, haben kurz vor 1800 auch die dänische bzw. Pariser Akademie der Wissenschaften die Beziehung von Licht zu Wärme zum Gegenstand einer Preisfrage gemacht. Die Kopenhagener Akademie formulierte sie so: "Da das Licht und die Wärme oft verbunden, oft einzeln auf die Sinne wirken, so fragt es sich, ob sie aus einem Grundstoffe entspringen oder für verschiedene Elemente zu halten sind?"¹⁹ Es ist also nicht zuviel behauptet, wenn das Problem der Abgrenzung von Licht und Wärme(strahlung) als eines der drängendsten Probleme der Naturforschung des ausgehenden 18. Jahrhunderts bezeichnet wird.

¹⁷So z.B. Barker [1886] S. 351 in seinem Nachruf auf J.W. Draper davon.

¹⁸Weiss [1803]; vgl. z.B. Link [1808] sowie hier Abschn. 5.3.3 und 4.3.5.

¹⁹Siehe Richter [1796] S. 65 sowie idem, S. III zu der der "churfürstlichen Academie der Wissenschaften zu München [...] ob die Materie des Lichtes und des Feuers die nämliche oder eine verschiedene sey, und ob es einen eigenen Wärmestoff gebe?" Zwei Einreichungen für die Preisfrage der Pariser Akademie von 1736 werden in Abschn. 3.3.4 näher diskutiert.

Argumentationstheorie und Argumentationstypen

Alle Autoren, die sich diesem Problem der Abgrenzung von Licht, Wärmestrahlung und ev. weiteren Strahlensorten, wie sie dann zwischen 1800 und 1900 noch entdeckt wurden, gestellt haben, mußten für ihre jeweilige Position Argumente vorbringen. Wie definiere ich den hier schon des öfteren verwendeten Terminus 'Argument'? Die allgemeinste und unspezifischste Definition von 'Argument' als "a fact or assertion offered as evidence that something is true", die sich z.B. im online Word-reference-Dictionary findet,²⁰ ist für meine Zwecke noch zu ungenau. Denn es sind nicht irgendwelche Fakten an sich, die *per se* zum Argument werden können, sondern der Bezug auf sie in eine Äußerung, die zum Zwecke der Überzeugung anderer gemacht wird. Diese Äußerung kann mündlich oder schriftlich erfolgen, aber für uns kommen nur schriftliche und zudem überlieferte Aussagen in Betracht, insb. solche, die in Briefen, Aufsätzen oder Büchern zum Thema gemacht wurden. Während für viele andere meiner Studien unveröffentlichte Briefe aufgrund ihrer großen Zeitnähe und Unmittelbarkeit die wichtigste Quelle darstellten, sind es für diese Studie unzweifelhaft die Publikationen. Briefe haben eine andere kommunikative Funktion und dienen eher der Mitteilung von Neuigkeiten, Fakten oder Gefühlen als dem Austragen von Argumenten. Letzteres kommt in Briefen nur höchst selten vor und geht dann meist sofort in Publikationen über, die die gleichen Argumente wiederholen und zuspitzen. Argumentieren geschieht zumeist auf öffentlicher Bühne und zumindest für den wissenschaftlichen (im Unterschied zum politischen etwa) zumeist in publizierter Form. Zum einen, weil damit mehr Personen gleichzeitig erreichbar sind, zum anderen, weil es erst die ausgefeilte Form eines Aufsatzes oder Buches ist, die neue Experimente oder Beobachtungen zum Argument für oder gegen etwas werden läßt. In diesen Publikationen werden Behauptungen aufgestellt, vielleicht sogar Hypothesen oder Theorien, die einen Anspruch erheben: richtig zu sein, zutreffend oder 'wahr', wie einige es vielleicht auch sagen würden. Spätestens dann, wenn andere diese Behauptungen, Theorien usw. infragestellen oder nach näheren Begründungen dafür fragen, werden Argumente für die Richtigkeit dieser Behauptungen erforderlich sein. Diese Argumente werden sich auf Fakten u.a. Beweismittel, daran geknüpfte Erwägungen u.a. Gründe beziehen, und sie werden entweder (positiv) die Funktion einer Stützung des Behaupteten, oder (negativ) einer weiteren Infragestellung des schon Bezweifelten haben. Die Argumentationstheorie von Stephen Toulmin erfaßt all diese Aspekte und vermeidet die Gefahr einer zu großen Formalisierung, die mich in meiner Analyse zu weit weg vom historischen Material führen würde. Den Argumentationstheoretikern Arne Naess und Toulmin folgend wird Argumentation hier allgemein als Stützung von Behauptungen durch weitere Aussagen verstanden.²¹ Die Form dieser Aussagen wird verschieden sein, aber zur Auffindung von Argumentationstypen wird es erforderlich sein, hier zwischen Tatsachenbehauptungen, Grundsätzen und Konklusionen zu unterscheiden. Erstere haben die Form: 'X gilt', Grundsätze die Form: 'Wenn X gilt, dann folgt Y', und Konklusionen die Form 'Y folgt'. Das vollständige Argument hat dann die einfache Form:

Ober-Prämisse:	Grundsatz ...	Wenn X gilt, dann folgt Y
UND	Behauptung:	X gilt
⇒	Konklusion:	dann folgt Y.

²⁰ Siehe www.wordreference.com/definition/argument, zugegriffen am 6.4.2005.

²¹ Zum vorstehenden siehe insb. Toulmin [1975] S. 17, 74f., sowie ergänzend Naess [1975] Kap. VI.

Häufig finden sich Argumente jedoch nicht in dieser schulmeisterlich klaren Form, sondern in umgestellter Formulierung wie z.B. in der Aussage: 'Y ist richtig, da X vorliegt und ich den Grundsatz "wenn X dann Y" befolge'. Oder elliptisch verkürzt: 'Y, wegen X', worauf vielleicht gefragt wird: 'Warum', mit der Antwort: 'Na, weil aus X immer Y folgt, und X tatsächlich vorliegt'. Der im Schluß benutzte Grundsatz wird in dieser elliptischen Form zunächst nicht erwähnt, sondern erst auf Nachfrage nachgeschoben, als Stützung des vorher behaupteten. Die Kunst der Argument-Rekonstruktion besteht darin, aus erhaltenen Texten das in ihnen verpackte, mehr oder weniger klare Argument herauszudestillieren, ohne diesen Text dabei zu verbiegen. Statt einer Verflachung der Analyse durch Reduktion aller Argumente auf das in der formalen Logik in syllogistische Schemata zu pressende gilt es nach Toulmin,

die Struktur unserer Argumentationen in verschiedenen Bereichen zu untersuchen und klar zu erkennen, welcher Natur die für jeden Typ der Argumentation charakteristische Qualitäten und Mängel sind. [...] Diese kombinierte Untersuchung – die wir 'angewandte Logik' oder beliebig anders nennen können – muß notwendigerweise vergleichend vorgehen. [...] Wenn ein angewandter Logiker oder ein Erkenntnistheoretiker nur die historisch aufgetretenen Forschungs- und Argumentationsmethoden untersucht, wird ihn dies hinreichend beschäftigt haben; und diese Arbeit adäquat zu leisten ist ein Lebenswerk für viele Leute.²²

Nun, Lebenswerk ist vielleicht etwas zu hoch gegriffen, aber ich bin überzeugt genug von diesem Programm, um ihm zumindest dieses eine vorliegende Buch zu widmen, in dem genau diese von Toulmin geforderte, aber nie selbst geleistete vergleichende Argumentationsanalyse eines größeren Untersuchungsfeldes der Naturforschung immerhin ganzer 200 Jahre durchgeführt wird.

Stephen Toulmin erinnert uns daran: "Eine Argumentation ist wie ein Organismus. Sie hat eine grobe, anatomische Struktur wie auch eine feinere, sozusagen physiologische Struktur". Zur Feinstruktur gehören die einzelnen gemachten Behauptungen, ihre genaue Abfolge und die dabei erfolgten Bewertungen des Grades von Sicherheit, den jeder Schritt für sich in Anspruch nehmen kann; zur Grobstruktur hingegen die wesentlichsten dabei verwendeten Grundsätze oder Schlußregeln. Wie Toulmin und Naess zu Recht erkannt haben, beschränkt sich die formale Logik auf die Rekonstruktion dieser gleichsam physiologischen Ebene, auf die Mikroargumentation gewissermaßen, wie sie sich von Satz zu Satz fortspinn, und vernachlässigt demgegenüber die Makroargumentation. Für meine Zwecke einer vergleichenden Argumentanalyse kommt es insbesondere auf letztere an, denn die jeweiligen Aussagen über Daten, Sachverhalte oder Relationen, die als Prämissen dienen, sowie die zur weitergehenden Begründung der Schlußregeln angeführten Stütungen werden je nach Forschungskontext und Zeithorizont völlig verschieden sein. Die Grundsätze oder Schlußregeln hingegen, auf denen die Argumente aufbauen, *könnten* im Prinzip bereichsunabhängig sein auch wenn dies keineswegs so sein *muß*.²³ Diese Argumentationsgrundsätze oder Schlußregeln R haben immer die Form 'Wenn P dann K', wobei P die Prämisse und K die Konklusion des Arguments darstellen. Da es hier um Argumente für und gegen die Wesensgleichheit von Strahlensorten a und b geht, werden alle Konklusionen K schematisiert die folgende Form haben:

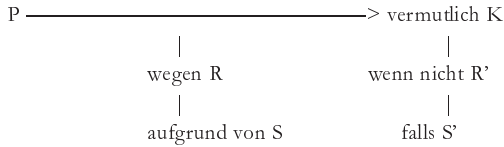
'dann werden die Strahlensorten a und b ontologisch zusammengehörig (wesensgleich) sein' ODER 'dann werden die Strahlensorten a und b ontologisch nicht wesensgleich sein'.

Die Prämissen P der Schlußregeln R werden, um Schlüsse auf a und b machen zu können, Aussagen über Merkmale von a und b sowie i.a. auch über die Relation von a und b beinhalten. Unsere tabella-

²²Toulmin [1975] S. 221, 224.

²³Zu dieser notwendigen Trennung bereichsabhängiger und -unabhängiger Merkmale von Argumenten siehe Ibid., S. 20, 190f., 209, zu elliptischen Argumenten: idem, S. 90f., sowie S. 163 zur Kontextabhängigkeit.

rische Zusammenstellung der sechzehn ermittelten Argumentationsgrundsätze oder Schlußregeln zur ontologischen Erfassung neuer Objekte im Anhang (auf S. 585) zeigt, daß tatsächlich alle diese Regeln in wenn-dann-Form formuliert werden konnten und daß die Konklusion stets eine der beiden obigen Formen hatte. Die Prämissen P und Stützungen S hingegen haben in jedem Fall eine andere Form und sind auch stark vom jeweiligen Argumentationsbereich abhängig. Die allgemeine Form der hier betrachteten Argumente ist also folgende:



Argumente für oder gegen bestimmte Klassifikationsentscheidungen werden niemals den Charakter stringenter, zwingender Beweisführungen erhalten, wie wir sie aus der formalen Logik oder den mathematischen Wissenschaften kennen. Stephen Toulmin unterscheidet zwischen formallogisch als Syllogismen rekonstruierbaren analytischen Argumentationen und substantiellen Argumentationen, zu denen auch Argumente zur ontologischen Klassifikation neuer Objekte zu zählen sind. Über letztere schreibt er:

Man verlangt offensichtlich zuviel, wenn man in diesem Fall ordentliche logische Beziehungen sucht. Bei der Beurteilung mit Hilfe unserer 'deduktiven' Standards sind sie hoffnungslos unklar und zu wenig streng. Die Notwendigkeiten und die Zwänge, die sie für sich beanspruchen können [...] sind nie in der Weise völlig zwingend oder unausweichbar, wie es die logische Notwendigkeit sein kann. Ihre Unmöglichkeiten sind nie so gänzlich unerschütterlich wie eine gute, solide logische Unmöglichkeit.²⁴

Deshalb sind formale Logik oder auch Modallogik keine geeigneten Instrumente zur Erfassung der Struktur ontologischer Argumente zur Klassifikation neuentdeckter Entitäten. Einen noch neuen Untersuchungsgegenstand zu klassifizieren: entweder als ähnlich schon Bekanntem oder als grundlegend neu, ist keine eindeutige Angelegenheit, sondern wurde (und wird) von Naturforschern – auch der gleichen Zeit – sehr verschieden entschieden und begründet. Dem entsprechend beinhalten alle Konklusionen K der ermittelten Argumentationsgrundsätze eine Einschränkung 'vermutlich': alle diese Argumente sind nur heuristischer Natur: sie können auf die richtige Fährte führen, aber genauso gut in die Irre, insbesondere dann, wenn entgegenstehende Schlußregeln oder Argumente unterdrückt oder unterbewertet werden. Denn selten wird *ein* Argument allein im Raum stehen: viel häufiger ist der Fall anzutreffen, daß es gleichzeitig Argumente für *und* gegen Wesensgleichheit gibt. Dann wird eine Abwägung zwischen diesen erforderlich, die ebenso wie die Bewertung der Richtigkeit oder Wahrscheinlichkeit einzelner Prämissen von Naturforscher zu Naturforscher anders getroffen werden kann, obwohl sich auch hier oft eine überraschende Einigkeit zeigt(e), zumindest *innerhalb* von *scientific communities*. Allerdings haben wir es im Zeitraum 1650–1900 nicht mit nur einer solchen Wissenschaftlergemeinschaft zu tun, sondern mit etlichen, darüber hinaus mit einer Vielzahl disziplinär nur schlecht zu verortender Individuen. Dies hängt mit der Interdisziplinarität des Forschungsgebietes Licht und Wärme zusammen, aber auch damit, daß die beteiligten Disziplinen in diesem Zeitraum einen tiefgehenden Strukturwandel erfuhren.

²⁴Ibid., S. 137, sowie S. 131 dazu, daß syllogistische Argumente nicht repräsentativ für die Naturwissenschaften sind.

Die Jahre 1770 bis 1830 als disziplinäre Umbruchphase

Die Jahre 1770 bis 1830 gelten als sogenannte Sattelzeit, als disziplinäre Umbruchphase, in der die Naturgeschichte des 18. Jahrhunderts den modernen Naturwissenschaften des 19. Jahrhunderts wich. Insbesondere die Wissenschaften der Chemie und Physik erfuhren in dieser Zeit eine grundlegende Wandlung und Professionalisierung. Im Falle der Chemie konsolidierten sich ab Mitte des 18. Jahrhunderts (also noch knapp vor der sog. chemischen Revolution) früher unter dem Dach der Medizin praktizierte Formen der Pharmazie sowie Techniken der Erzanalyse und -verarbeitung aus der Bergwerkskunde; die Physik wurde zu einem neuen Oberbegriff für die bis in die Antike zurückverfolgbaren Wissensstränge der Mechanik, Optik, Wärmelehre und den neueren Sektor der Elektrizitätslehre.²⁵ Dieser Prozeß ist mit dem Thema dieser Studie insoweit verzahnt, als einige der in Rede stehenden Taxonomien eine klare disziplinäre Verortung haben: so ist etwa die Klassifikation von Feuer als Element eine typisch chemische. Noch Mitte des 19. Jahrhunderts schrieb etwa John Forbes in einer rückblickenden Analyse der Fortschritte der physikalischen Wissenschaften zwischen 1775 und 1850: “Down to the close of the 18th century, the science of Heat was studied and advanced mainly by chemistry, and it was in all respects treated as a branch of Chemistry; a position of which we still find traces in the introduction of the doctrines of heat (even of radiant heat) into most of our approved treatises on Chemistry.”²⁶ Insofern sich diese Disziplinen wandelten und ihre jeweiligen Grenzen zueinander neu absteckten, mußten auch die zugeordneten Taxonomien ins Wanken geraten und die Zuständigkeiten von Physik und Chemie für Licht und Wärme neu festgelegt werden.

Der deutlichste taxonomische Umbruch vollzog sich in der Chemie. Wie hier in Abschnitt 4.2 noch ausführlich geschildert werden wird, bedeutete die Übernahme der Lavoisierschen Chemie nicht nur eine Ablösung von der älteren Phlogistonchemie, sondern auch einen terminologischen Umbruch. Eng mit dieser taxonomischen Verschiebung der Bezeichnung für Substanzen wie etwa der Gase (Lebensluft war nun Sauerstoff oder *oxygène*) war die kognitive Veränderung in der Konzeptualisierung von chemischen Prozessen verbunden: Waren Verbrennung und Kalzinierung früher als Abgabe von Feuersubstanz, also als Übergang von einem komplexeren in einen elementareren Zustand gedeutet worden, so drehte sich dies in Lavoisiers Deutung dieser Prozesse als Oxidation um (siehe hier S. 274): nunmehr wurde das Endprodukt ein aus Kohle oder anderen brennbaren Ausgangssubstanzen und Sauerstoff zusammengesetztes interpretiert. Dabei war für unser Thema von besonderer Bedeutung, daß Lavoisiers vorläufige Liste der chemischen Elemente neben Wärmestoff (*calorique*) auch Licht (*lumière*) enthielt (siehe Abb. 4.4); erst im Laufe des 19. Jahrhunderts verschwand das Licht allmählich aus dem Inventar der Stoffchemie und wurde zum alleinigen Gegenstand der Physik. Nicht nur die Chemie selbst, sondern auch alle Nachbardisziplinen waren von dieser Transformation betroffen, darunter etwa auch die Pharmazie und Medizin, Mineralogie und Geologie, aus deren Reihen ebenfalls etliche Naturforscher zum Thema Licht und Wärme Stellung genommen haben.²⁷

²⁵Siehe z.B. Lepenies [1976], Krafft [1978], Stüchweh [1984] und Hiebert [1996] sowie spezieller zur Chemie: Melhado [1985], [1990], Meinel [1987] und Klein [1995]; stellvertretend für viele andere Universitäten werden in Kaiser & Thaler (Hg.) [1977] die Folgen für die universitäre Lehrstuhlverteilung auf Fakultäten diskutiert von Wolfram Kaiser (S. 57ff.) für die Aufklärungs-Univ. Halle (vgl. hier Abschn. 3.4.2 zu Christian Wolff), von Georg Uschmann & Erika Krause (S. 136ff.) für die Univ. Jena, und von H.A.K. Snelders (S. 207ff.) für die Niederlande; zu letzteren hier Abschn. 3.4.3 am Beispiel von Boerhaave.

²⁶Forbes [1858] S. 127.

²⁷Zum Umbruch der Mineralogie im Kontext einer Autonomisierung der Chemie: Porter [1981], Melhado [1990]; zur Chemie des Lichtes vor 1800 siehe hier Abschn. 3.6.

Schon die Zuordnungen der Lehrstühle zu einzelnen Fächern sowie die Namen der zeitgenössischen Periodika spiegeln die noch sehr diffusen Grenzen zwischen Chemie und Physik wieder: in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts: Sowohl die *Annales de chimie et de physique* als auch die *Annalen der Physik und Chemie* (ab 1819) erfuhren mehrfach Titeländerungen. Im ersten Fall wurden die *Annales de chimie* ab 1816 zunächst erweitert zu *chimie et physique*, um dann 1914 in zwei getrennte Zeitschriften für beide Fächer zu zerfallen. Im zweiten wurde der Untertitel *und der physikalischen Chemie*, den der erste Herausgeber der *Annalen der Physik*, Ludwig Wilhelm Gilbert (1769–1824), mitgeführt hatte, bei dem Wechsel der Herausgeberschaft zu Johann Christian Poggendorff (1796–1877) im Titel des Periodikums fallengelassen, während umgekehrt Adolph Ferdinand Gehlens (1775–1815) *Neues allgemeines Journal der Chemie*, also die Fortsetzung des ab 1798 erschienenen *Allgemeinen Journal der Chemie* von Alexander Nicolaus Scherer, ab 1806 seinen Bereich erweiterte auf *Journal der Chemie und Physik* und 1810 bis 1833 von Johann Salomo Christoph Schweigger (1779–1857) unter dem Titel *Neues Journal für Chemie und Physik* weitergeführt wurde.²⁸ Die von dem vehementen Gegner der Lavoisier'schen Chemie herausgegebenen *Observations sur la physique, sur l'Histoire Naturelle et sur les Arts* spannten den Bogen gar noch weiter in die Naturgeschichte sowie die mechanischen und chemischen Künste. Andere entschieden sich konsequent für die Konkatenation von Chemie und Physik, so etwa das *Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts* (ab 1797ff.) herausgegeben von William Nicholson (1753–1815), oder die ab 1842 in Milan erscheinenden *Annali di Fisica, Chimia et Matematiche*, etc.²⁹

Die 1666 gegründete Pariser *Académie des Sciences* war in zwei Klassen unterteilt:

- a) mathematische Wissenschaften (umfassend: Geometrie, Astronomie, Mechanik, Optik) sowie
- b) Naturwissenschaften (Chemie, Anatomie, Botanik, Bergwerkskunde, Naturgeschichte).

Insofern die erste Gruppe vor allem die stark mathematisierten Zweige der reinen und angewandten Geometrie beinhaltete, zielte sie stark auf die Theorie, während die zweite Gruppe die eher praktischen und experimentellen Bereiche der Naturforschung zusammenfaßte. Obwohl beide Gruppen in den ersten 30 Jahren der Pariser Akademie auch unter den Stichworten 'géométrie' bzw. 'physique' zusammengefaßt worden waren, beinhaltete die zweite Gruppe eher Bereiche, die heute der Chemie, Geologie und Biologie zugerechnet werden. Insbesondere die experimentelle Physik fand weder in der ersten noch in der zweiten Gruppe angemessenen Platz, worauf der junge Lavoisier noch vor seiner eigenen Aufnahme in die Akademie in einer Eingabe an deren *secrétaire perpétuel* Fouchy (1707–88) speziell hinwies:

Dans le temps de l'établissement de l'Académie, en 1666, on la divisa en deux classes: l'une devait s'appliquer à la physique, l'autre à la géométrie. Dès lors, la physique expérimentale, sortie de l'obscurité des laboratoires des anciens chimistes et maniée par les savants mains des Huygens, des Mariotte, des Perrault, commença à prendre une nouvelle forme. Fondée sur les expériences et sur les faits, elle s'avança d'une marche assurée; elle ébranla les systèmes, et ses progrès furent si rapides qu'elle forma bientôt un corps de science très considérable. Comment, après cela, concevoir que cette science ait été entièrement oubliée dans la nouvelle forme que l'Académie reçut en 1699?³⁰

Lavoisier schlug vor, die Herren Akademiker, untergliedert jeweils in die Hierarchie der *pensionnaires*, *associés* und *adjoints*, in thematische Cluster einzuordnen, wobei er neben der Geometrie, Physik,

²⁸Zu diesen und weiteren Beispielen siehe etwa <http://www.tu-harburg.de/b/hapke/docs/ch-journ-Chemisch.html> und dort genannte weiterführende Hinweise.

²⁹Vgl. z.B. Heilbron [1993] S. 25ff. Zu den disziplinären Abgrenzungs- und Fusionsmechanismen zwischen Chemie und Physik siehe Dolby [1976], Hiebert [1996] u. dort genannte ältere Literatur.

³⁰Lavoisier an de Fouchy, 12. April 1766, in Lavoisier [1955ff.] Bd. 1, S. 9-10. Zur Geschichte der Pariser Akademie und der erwähnten Umstrukturierung 1699 siehe Hahn [1971] insb. S. 16-19.

Astronomie, Chemie, Mechanik, Botanik und Anatomie auch ein neues Cluster ‘physique expérimentale’ vorsah, in das unter der mit hohem monatlichem Sold bezahlten *pensionnaires* de Mairan, de la Condamine und der Abbé Nollet einzuordnen wären, unterstützt von den Associés Tillot und Brisson. Diesem Vorschlag wurde jedoch erst in der großen Akademie-Reform von 1785 entsprochen, die der in der Pariser Akademie inzwischen bis zum Direktor aufgestiegene Lavoisier veranlaßte.³¹

Auch unser Thema, Licht und Wärme, lag in unbequemer Zwitterstellung zwischen den beiden großen Klassen der Pariser Akademie, da es einerseits als Licht Gegenstand der Optik, aber andererseits als (vermeintlicher) Wärmestoff bzw. in seiner Wirkung z.B. auf Pflanzen und Silbersalze Gegenstand der Botanik und Chemie, z.T. auch noch der Medizin jener Zeit war. Daher verwundert es nicht, daß Licht und Wärme während des gesamten 18. Jahrhunderts von Angehörigen beider Klassen thematisiert wurden. Für etliche der Mitglieder dieser Akademie wie etwa Dufay oder de Mairan, deren Interessenspektrum sich von abstrakter Geometrie über Mechanik und Optik bis weit in die Naturgeschichte hinein erstreckte, war sogar ihre eigene Zuordnung zu einer dieser beiden Klassen problematisch, ja arbiträr.³² Bereiche wie etwa die im 18. Jahrhundert intensiv untersuchte Phosphoreszenz (siehe Abschn. 3.7) waren einerseits klar der Naturgeschichte zugeordnet, andererseits versprachen sie grundlegend neue Aufschlüsse über die Natur von Licht, was sie in die Nähe der Optik rückte. Über die Beziehungen zwischen der Mathematik und Physik schreibt 1694 der Kieslingswalder Freiherr Ehrenfried Walter v. Tschirnhaus³³ (1651–1708):

den[n] ich wehre [wäre] die Mathesin sehr gerne loß, damitt [ich] mich unice der Physicæ ergehen köndte, in welcher unglaublich avanciret, daß alles geringe ist, was der Des Cartes und andere nach ihm gegeben, welches zwar Herr Newton noch Herr Hugenius glauben würden, auch solches wohl vor eine aufschneiderey halten; den[n] auff die wege wie sie gehen, so werden wir noch lange in Physicis viel herrliche sachen nicht haben, indem es durch die Mathesin unmöglich zu eruiren, und köndten sie leicht sehen, daß ihre wege nicht richtig, weil sie so schwer, die Physica aber so leicht sin muß, daß nichts leichteres kann concipirt werden, welches auch meinen Principiis nach ganz klar ist. Nach diesen Principiis habe [ich] eine gantze neue Chymia, da absque igne, ungemein schöne sachen entdeckt, und wen[n] ich] das Feuer darzu gebraucht, so geschichts nur, daß nicht so lange Zeit zu brauchen habe als die Natur hieran wendet. Ich brauche aber gleich wohl kein solch starkes Feuer wie die Chymici: wiewohl einen neuen offen inventirt, den kein Chymicus weiß, der so eine große force des Feuers hatt, daß aller Chymicorum offenfeuer wie kalt waßer dagegen ist [...].³⁴

Damit verortete er sich selbst klar als ‘physicus’, der “particularia physices” untersuche, allerdings im Unterschied zu Newton und Huygens auf praktisch-experimentellem Wege mithilfe von riesigen

³¹Zur Vertikalstruktur der *Académie Royale des Sciences* siehe Hahn [1971] S. 76–81. Über die Reform von 1785, in der auch eine neue Gruppe ‘histoire naturelle et minéralogie’ eingeführt wurde und die Chemie auf ‘chimie et métallurgie’ erweitert wurde: Hahn [1971] S. 99f. sowie Lavoisiers [1955ff] Bd. 4, S. 555–593 und seine Korrespondenz jener Zeit.

³²Die entsprechenden Nachrufe von Fontenelle [1739] und Fouchy [1771] vermerken diese ungewöhnliche Breite auch ausdrücklich.

³³Über v.Tschirnhaus, ein weitgereister Privatgelehrter, der auf Empfehlung Colberts seit 1682 auch korrespondierendes Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften war, siehe N.N. [1709], Fontenelle [1709], Liebmann [1894], Winter (Hg.) [1960], Zaunick [1963], Schillinger [1983]a S. 70–78 und www.tschirnhaus.de zu Person und Werk, Wollgast [1988] zu seiner Philosophie im Kontext der deutschen Frühaufklärung, Gebhardt (Hg.) [1899] S. 419–452 u. S. 475ff. zur Korrespondenz m. Leibniz 1682/83 u. 1692ff.; über die Herstellung großer v.Tschirnhaus’scher Brenngläser u. -spiegel (mit Abb.): Plaßmeyer et al.(Hg.) [2001] sowie www.tschirnhaus.de/physik.html

³⁴v. Tschirnhaus an Leibniz, 27. Febr. 1694, zit. nach Gebhardt (Hg.) [1899] S. 486; zu den Dimensionen und zum Gebrauch der Brennspiegel und -gläser siehe hier S. 195; zur Selbstverortung von Tschirnhaus’ als Naturforscher, nicht als Naturphilosoph vgl. auch Zaunick [1963].

Brennspiegeln und Brenngläsern, woraus eine “gantz neue Chymia” entstehe. Chemie und Physik schlossen einander also nicht aus, auch wenn seine *Chymia* ganz anders sei als die der “Chymici”. Im Kern sind hier also bereits in der frühen Neuzeit der späteren disziplinären Abgrenzung des 19. Jahrhunderts nicht unähnliche Kategorien im Gebrauch, und auch ein gewisser Reduktionismus der Chemie auf die Physik zeichnet sich hier ebenso wie etwa bei Descartes bereits ab, bloß sind die frühneuzeitlichen Akteure selbst noch de facto eher *zwischen* diesen Kategorien situiert. Als der langjährige *Secrétaire perpétuel* der Pariser Akademie der Wissenschaften, Bernard le Bovier de Fontenelle (1657–1757), im historischen Rückblick die Aktivitäten des Jahres 1669 besprach, charakterisierte er im Abschnitt ‘Phisique. Chimie’ den Unterschied zwischen seinem Kollegen Samuel Cotterau Du Clos (†1715) und dem englischen Korpuskularphilosophen Robert Boyle als deckungsgleich mit dem zwischen einer komplexen, aber etwas konfusen Chemie einerseits und einer auf einfache und grundlegende Prinzipien hinstuernden Physik andererseits:

Ce savant Anglois avoit entrepris de rendre raison de tous les Phénomenes Chimiques par la Philosophie corpusculaire, c’est-à-dire, par les seuls mouvemens & les seules configurations de petits corps. M. du Clos, grand Chimiste, aussi-bien que M. Boyle, mais ayant peut-être un tour d’esprit plus Chimiste, ne trouvoit pas qu’il fût nécessaire, ni même possible, de réduire cette Science à des principes aussi-clairs que les figures & les mouvements, & il s’accommodoit sans peine d’une certaine obscurité spécieuse qui s’y est assés établie. [...]

La Chimie par des opérations visibles résout les corps en certains principes grossiers & palpables, sels, soufres, & c. Mais la Phisique par des spéculations délicates agit sur ces principes, comme la Chimie a fait sur les corps, elle les résout eux-mêmes en d’autres principes encore plus simples, en petits corps mus & figurés d’une infinité de façons: voilà la principale différence de la Phisique & de la Chimie, & presque la même qui étoit entre M. Boyle, & M. du Clos. L’esprit de Chimie est plus confus, plus envelopé, il ressemble plus aux mixtes où les principes sont embarrassés les uns avec les autres, l’esprit de Phisique est plus net, plus simple, plus dégagé; enfin il remonte jusqu’aux premières origines, & l’autre ne va jusqu’au bout.³⁵

Richard Yeo bemerkte, daß die Chemie sowohl in Ephraim Chambers’ als auch in John Harris’ Enzyklopädien der Aufklärungszeit eine Art ‘third man’ markiert, situiert zwischen der Naturgeschichte alias *natural history* einerseits und der *natural philosophy* andererseits. Entsprechend unklar war die Zuordnung von Stichworten wie ‘acidity, air, condensation, fermentation, phosphorus, sulphur’ usw., nur wenige Jahrzehnte später alle klar Wissensgegenstände der Chemie, aber bei Chambers noch unter ‘natural philosophy’ indiziert. Für Harris war diese synonym mit *Physicks*, die zwar von Astronomie, Mechanik und Optik als den drei bereits am weitestgehend mathematisierten Feldern angeführt wurde, darauf aber keineswegs beschränkt blieb, sondern auch noch bis ‘History and theory of the earth’ und sogar bis ‘Zoography’ geöffnet wurde.³⁶ Für Diderot, der 1758 bei Rouelle Chemievorlesungen gehört hatte, beinhaltet die Physik das Wissen um die “propriétés générales des corps”, während die Chemie “des connaissances particulières et intimes de ces corps” sammelte. Für Rousseau war es der Chemiker, der ins Innere der Materie blicke und sich durch sein kunstvolles Manipulieren intime Kenntnis ihrer Stofflichkeit verschaffe, während der Physiker Natur eher von

³⁵Fontenelle [1733] S. 79f., Orthogr. orig.; sowohl Metzger [1930] S. 267f. wie auch Boas [1952] S. 497 zitieren diese Passage mit leichten Abweichungen der Orthographie und inkorrekten bibliographischen Angaben; letztere fügt diesem Zitat hinzu: “By these standards Boyle was certainly a physicist; perhaps he can be considered as one of the first exponents of chemical physics”, während andere Chemiehistoriker diese Ehre erst Lavoisier angedeihen ließen (vgl. hier Abschn. 42). Über DuClos siehe hier S. 190, über Boyle hier Abschn. 3.2.5, S. 156.

³⁶Zum vorstehenden siehe Richard Yeo in Porter (Hg.) [2003] S. 258f. bzw. die Artikel ‘Chymistry’ in Chambers [1728] Bd. 1, und Harris [1704-10].

außen betrachte. Die Allgemeinheit der physikalischen Gesetze wurde nicht als Vor-, sondern als Nachteil verstanden, da damit die Komplexität der Stoffchemie, die jeweils anderen Charakteristika der verschiedenen Materialien nicht begriffen werden konnte. Nur der Chemiker, der sich in seinen Analysen gerade diesen Pekuliaritäten widme, erfasse diese individuierten Fakten. Auch im Artikel ‘Chymie’ der Diderotschen *Encyclopédie* führt Venel aus, daß Physik die oberflächlichen Eigenschaften der Dinge behandle, die *agréé*, Chemie die intimen, inneren Qualitäten, die Wesenseigenschaften, die innersten Verbindungen der *partie intégrante*.³⁷ Passend dazu erschien etwa Rouelle eine Figur wie Robert Boyle “plus physicien que chimiste” zu sein.³⁸ Für uns heutige Leser, die wir an die Rhetorik der Elementarteilchenphysik, die für sich beansprucht, ins “Innerste der Natur vorzudringen”, so gewöhnt sind, ist diese Umkehrung der Ansprüche im 18. Jahrhundert überraschend, aber dies reflektiert eben die tiefen Brüche, die das Wissen und der Status der Chemie und Physik während der letzten 300 Jahre erfuhren.

Nicht nur die Lexikonartikel der Zeit spiegeln den rasanten Umbruch in der Organisation des Wissens und die veränderten Abgrenzungen von Physik und Chemie wieder, auch die Lehrbücher tun dies. Die auf Boerhaave zurückgehende Definition von Chemie als Kunst der Analyse, “separating the several Substances whereof mix’d Bodies are compose’d” wurde dann auch noch 1755 von Samuel Johnson’s *Dictionary* übernommen und so bis weit in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts hinein tradiert.³⁹ Chemie wurde also als eine *ars*, ein praktisches Wissensfeld wahrgenommen, nicht als *scientia* im Sinne einer klar umrissenen Disziplin. Symptomatisch dafür ist beispielsweise folgende Passage aus dem Nachruf eines Apothekers: “Viele Chymisten haben die ganze Zeit ihres Lebens gesudelt, sie wissen eine grosse Menge chymischer Erscheinungen, aber wenn es darauf ankommt, aus so vielen merkwürdigen Erscheinungen Schlüsse zu ziehen, und die physische Chemie durch neue Einsichten und Wahrheiten zu bereichern, so sind sie stumpfe Köpfe, nur zum Sudeln, nicht zum Philosophiren gebohren.”⁴⁰ Mit der chemischen Revolution änderte sich diese chemische Praxis und auch das Selbstverständnis der Chemiker massiv. Die Wissenschaftshistorikerin Lissa Roberts hat diesen Umbruch als grundlegenden Wandel im Gebrauch der Sinne interpretiert: während Rouelle und andere Chemiker Mitte des 18. Jahrhunderts ihre chemischen Analysen unter Zuhilfenahme aller Sinne, insb. auch des Geschmacks- und Geruchssinns durchführten und chemische Ausbildung als eine Disziplinierung des Körpers des Experimentators verstanden, avancierte Lavoisier eine komplexe Apparatchemie, in der Waagen, Kalorimeter u.a. Geräte eine zentrale Rolle spielten.⁴¹ Statt des ‘Sudelns’ war nun ein souveräner, aber gleichsam distanzierter Einsatz der neuen Instrumente gefragt, während der vorher so zentrale Körper des Chemikers jetzt eher störte. Bei den delikaten kalorimetrischen Messungen von Lavoisier und Laplace mußten z.B. Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, damit die Wärmeabstrahlung des Experimentators die Meßergebnisse nicht beeinträchtigte, und auch die analytischen Waagen wurden durch Glasschranken abgeschirmt.

Auch die Physik hatte ihrerseits Abgrenzungsprobleme etwa zur strengeren Geometrie: So klagte beispielsweise Dufay über die systematische Diskrepanz ideal-mathematischer Berechnungen und physikalisch-faktischer Befunde z.B. in der Optik. Parabolische Spiegel sollten zur Bündelung des Lichts in einem Brennpunkt am besten sein, aber praktisch gingen gleichmäßig sphärisch-konkaver

³⁷Siehe Venel [1753]b; vgl. Gough [1988] S. 25 und Roberts [1995] S. 503f.

³⁸Siehe Franckowiak [2003] S. 252-254 und dort genannte Primärquellen.

³⁹Zu Boerhaave siehe hier Abschn. 3.4.3, insb. S. 198; spez. zu dessen Abgrenzung von Chemie und Physik: Knoeff [2002] S. 183ff, 192f.

⁴⁰Baldinger in der Vorrede zu Wiegleb [1767] S. 4; analog Kunckel [1723]b S. 4f. zum Kontrast mit Vorstellungen eines *mathematicus*, S. 10ff. und 53 zur abgeschmackten Lehre einiger *physicis* vs. der von Alchemisten, hier zit. auf S. 156.

⁴¹Siehe dazu Roberts [1995] sowie hier S. 270 zur physikalisierten Chemie Lavoisiers; vgl. ferner Melhado [1985] sowie Gough [1988] S. 23ff. zur Abgrenzung von Physik und Chemie bei Stahl u. seinen Anhängern Stahls.

Spiegel besser, da sie wesentlich leichter herzustellen waren: “C’est ainsi que la Physique se refuse souvent aux vérités de la Géométrie qui supposent pour l’ordinaire les corps plus régulières ou plus parfaits qu’ils ne sont; & nous ne voyons que trop souvent des exemples de cette discordance qui se trouve entre la Géométrie & la Physique”.⁴²

Das im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts so beliebte reduktionistische Modell, demzufolge die Chemie auf der Physik aufbaut und ultimativ auf diese reduzierbar sein müsse, hatte bereits ganz zu Anfang unseres Untersuchungszeitraums einige Vertreter. So definiert beispielsweise Wilhelm Homberg (vgl. S. 194) die Chemie als die Kunst des Zerlegens zusammengesetzter Körper in ihre Bestandteile (*principes*) und des wieder Zusammensetzens von Körpern aus diesen Komposita mittels des Feuers und anderer Hilfsmittel. Das dabei verwendete Wort *principes* habe zwei verschiedene Bedeutungen:

la première est la signification commune à toutes les Sciences, & alors il veut dire les règles ou les fondemens d’une science; la seconde est propre à la Chymie, & alors il signifie seulement les matières les plus simples dans lesquelles un mixte est réduit par les analyses Chymiques.

Dans la première signification les principes de la Chymie sont en général les principes de la Physique, puisque la Chymie est une des parties de la Physique. Nous ne les examinerons pas ici, étant d’une trop longue discussion; mais nous les supposons connus, autant qu’il est possible de les connoître, car nous n’avons pas encore pu déterminer rien d’incontestable sur la figure, sur l’arrangement, & sur le mouvement des premières matières; & comme la Physique-Chymique, qui ne consiste qu’en expérience & exposition de faits, ne cherche que la vérité certaine, elle a établi cette seconde force de principes plus matériels & plus sensibles, par le moyen desquels elle prétend expliquer aisément & à la manière ses propres opérations, & connoître par-là plus distinctement les corps qu’elle examine par ses analyses.⁴³

Mit anderen Worten: Der prinzipienorientierte Zugang der Physik, die auf allgemeine Naturgesetze hinziele, hatte in der Chemie, so wie Homberg sie verstand, keinen Platz, weshalb sich diese mit vorläufig irreduziblen ‘Prinzipien’ im Sinne (noch) nicht weiter zerlegbarer Bestandteile begnügen müsse. In der knapp 100 Jahre späteren Definition chemischer Elemente durch Lavoisier (siehe hier S. 277) wird dieser Gedanke weitergesponnen. Auch dessen Physikalisierung der Chemie (siehe dazu Abschn. 4.2.1) hatte Vorläufer in Figuren wie der Lomonossows, der neben Kunckel 1716 einer der ersten von einer theoretisch-mathematischen oder ‘physikalischen Chemie’ geredet hatte: “Physical chemistry is the science which explains whatever occurs in mixed bodies through chemical operations on the basis of the principles and experiments of physics.”⁴⁴

Ogleich dadurch die Chemie epistemisch, was die Sicherheit ihrer Konklusionen angeht, hinter die Physik zurückfiel, hatte diese Konstruktion doch gleichzeitig den Effekt, der Chemie ein eigenständiges Untersuchungsfeld zuzuweisen, in das die Physik (noch) nicht hineinreden konnte. Das Phlogiston Stahls ebenso wie das Caloricum Lavoisiers waren fester Bestandteil der Chemie. Da die Hypothesen zum Verhältnis von Licht und Wärme, insbesondere im 18. Jahrhundert, allesamt als unsicher empfunden wurden, gehörten sie epistemisch von vornherein eher dem Bereich der Chemie als dem der Physik an, dies umso mehr, als sowohl Licht als auch Wärmestrahlen eben auch chemische Wirkungen auslösten (siehe z.B. Abschn. 3.8 und 5.1.3 zur Schwärzung von Silbersalzen u.a. photochemischen Wirkungen, bzw. Abschn. 5.5.2 zur beschleunigenden und hemmenden Wirkung thermischer Strahlen auf photochemische Prozesse). In Abschnitt 3.6 werden wir sehen,

⁴²Dufay [1726] S. 171.

⁴³Homberg [1702]a S. 33, Orthogr. orig.

⁴⁴Siehe dazu Leicester (Hg.) [1970] S. 18f. sowie die Auszüge aus Lomonossows Vorlesungen, idem S. 51, 94 und 59 für das Zitat in Leicesters engl. Übersetzung

daß es Ende des 18. Jahrhunderts eine ausgeprägte Chemie des Lichts gab, die heute aus dem kollektiven Gedächtnis verschwunden ist.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts verlagerte sich die Diskussion dann stark weg von der Chemie hinein in die Physik. Die Gründe dafür sind vielfältig: einerseits der große disziplinäre Umbruch der Jahre 1770–1830, andererseits die optische Revolution, die ein Modell des Lichts als transversaler Schwingung im Äther etablierte, was ohne große Schwierigkeiten auch auf andere Strahlungsformen erweiterbar war. Während einige wenige wie z.B. Ampère rein aufgrund wissenschaftstheoretischer Argumente wie insb. der Vereinheitlichung der Beschreibung schon in den 1830er Jahren für eine undulatorische Theorie der Wärmestrahlung plädierten, warteten andere, bis auch die Experimentatoren im Laufe der 1840er Jahre immer weitere Indizien für die Strukturähnlichkeit von Licht und Wärmestrahlung aufgewiesen hatten. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die Wärme Gegenstand einer physikalischen Subdisziplin, der Thermodynamik; in der Chemie hingegen war Wärme seither nur noch eine Hilfsgröße (zur Inangansetzung chemischer Reaktionen bzw. auf der Theorieebene: zur Beschreibung endogener bzw. exogener Reaktionstypen).

Die Verzahnung des disziplinären Umbruchs mit dem Meinungsumschwung in Bezug auf das Verhältnis von Licht und Wärme wird deutlich in folgendem Zitat aus einer damaligen wissenschaftlichen Würdigung eines der zentralen Akteure:

Before the researches of Melloni and Forbes, when the science of heat was chiefly in the hands of chemists, in whose favorite science it played the part of an atom, and when the contrasts between light and heat were better known than the resemblances, it is not surprising that the corpuscular view of heat was generally received. Within twenty years, the position of thermotics has essentially changed. The analogies between light and heat are now the rule, and the contrasts are the exceptions. It is hardly possible, at this day, to receive the undulatory theory of light, and reject the undulatory theory of heat.⁴⁵

Mit *thermotics* ist hier die Wärmelehre unter Einschluß der Theorie strahlender Wärme gemeint, also nicht ganz ko-extensiv mit der heutigen Thermodynamik. Es war nicht nur die Verdrängung der im ausgehenden 18. Jahrhundert noch so beliebten chemischen Theorien des Lichts, sondern auch die Verlagerung der Wärme (alias Feuer) aus der Chemie in die Physik, die den Hintergrund für den Meinungsumschwung bildete. War das Feuer oder die Hitze für den Chemiker des 18. Jahrhunderts oft noch etwas substanzhaftes, vielleicht sogar eine Art Element wie noch Lavoisiers unwägbares Caloricum, so wurde es mit der Akzeptanz kinetischer Theorien der Wärme im 19. Jahrhundert zu einer reinen Bewegungsform. Statt des Prinzips der Substanzerhaltung regierte ab Mitte der 1840er Jahre die Energieerhaltung als neuer Hauptsatz der Thermodynamik eine grundlegend veränderte Theorie der Wärme. Auch strahlende Wärme war nun eine Bewegungsform, allerdings im Kontext der Thermodynamik nur äußerst unbequem unterzubringen, da deren Träger, der Lichtäther, im Unterschied zu den materiellen Atomen als Trägern der kinetischen Wärme, nicht faßbar war. Einen neuen Platz fand die strahlende Wärme dann in der von Ampère 1832 bereits vorgedachten und von Maxwell (zwischen 1864 und 1873) und Hertz Ende der 1880er Jahre grandios abgeschlossenen vereinheitlichten Auffassung des elektromagnetischen Spektrums als einer kontinuierlichen Abfolge verschiedener Strahlungsformen, die sich voneinander nur in ihrer Wellenlänge bzw. Frequenz unterscheiden (vgl. dazu Abschn. 7.1). Trotzdem ordnet noch Mitte des 20. Jahrhundert eine *Kernchemikerin* wie Ida Noddack Wärme und Licht ohne zu zögern den chemischen Subdisziplinen der Thermochemie und Photochemie zu, insoweit deren Wirkung auf Stoffe in Betracht kommt.⁴⁶

⁴⁵Lovering [1850] S. 78 in seiner Würdigung des Gesamtwerkes von Melloni (vgl. dazu hier Abschn. 6.1).

⁴⁶Noddack [1942]; siehe dazu van Tiggelen in C. Reinhardt (Hg.) [2001] S. 141.

Das ‘Feuer’ war im 18. und frühen 19. Jahrhundert keineswegs nur Gegenstand subtiler naturphilosophischer Betrachtungen, sondern auch handfester technischer Innovationen, allen voran die Dampfmaschine, deren von England ausgehende Verbreitung zur industriellen Revolution geführt hat. Auch wenn bekanntlich gilt: ‘Science owes more to the steam engine than the steam engine to science’, so gibt es doch auch in dieser Periode Beispiele für ein enges Wechselspiel von Theorie und Praxis. Musterbeispiel dafür ist James Watt, Konstrukteur von Dampfmaschinen, aber zeitweise auch Vorlesungsassistent von Joseph Black an der University of Edinburgh. Es waren die nachträglichen und anfangs noch sehr unbeholfenen Theoretisierungsversuche jener Dampfmaschinen durch Sadi Carnot (vgl. Abschn. 426), die um 1840 in den Händen anderer zu einer Thermodynamik ausgestaltet wurden, deren historische Anfänge vom Wissenschaftshistoriker Truesdell mit einigem Recht als ‘tragicomical’ bezeichnet wurden.⁴⁷

Für weit mehr als 100 historische Akteure werden in dieser Monographie die jeweiligen Arbeitskontexte und die darin zur Klassifikation von Strahlen verwendeten Argumente *en détail* untersucht – eine rasche Übersicht gestattet der Blick auf das Inhaltsverzeichnis, in dem diese Namen jeweils zusammen mit den ungefähren *Arbeitszeiträumen* der betreffenden Person am Problem der Strahlenklassifikation genannt sind.⁴⁸ Schon ein flüchtiger Blick zeigt, daß neben einigen bekannten Figuren auch viele Personen erfaßt werden, deren wissenschaftliches Werk bislang nur unzureichend oder überhaupt nicht historisch untersucht wurde. Aus dieser Perspektive handelt es sich hier also um eine Untersuchung wissenschaftlicher Debatten um neue Entitäten in ihrer ganzen Breite. Es ist mir wichtig, nicht nur die berühmten, vermeintlich ‘großen’ Männer (es gibt nur sechs Frauen unter den Beteiligten der Zeit) zu erfassen, sondern auch unbekannte(re) Wissenschaftler der zweiten und dritten Garde. Einerseits wird es interessant sein zu sehen, ob auf dieser Ebene andere, neue Argumente für oder gegen diese Entitäten vorgebracht werden, andererseits kann so auch der Ideen und Argumenten-Fluß in der gesamten scientific community jener Zeit und aus dieser heraus in die Hand- und Lehrbücher verfolgt werden.

Auch die disziplinäre Verortung jener Akteure ist von Fall zu Fall eine andere: so ist etwa Buffon ein typischer Vertreter der Naturgeschichte des 18. Jahrhunderts, Bonnet und Senebier sind im Umfeld der Botanik und Pflanzenphysiologie zu verorten, William Herschel ist am bekanntesten für seine Beiträge zur Astronomie, Wilhelm Scheele, Humphry Davy oder Roscoe würde man heute ohne zu zögern der Chemie zuordnen, Ritter, Ørsted und der historisch verspätete Freiherr von Reichenbach kommen aus der disziplinär gar nicht verortbaren romantischen Naturphilosophie. Mary Somerville, Miss Marcet oder der Reverend Brewer sind vielleicht am ehesten als Popularisatoren der Naturwissenschaft zu bezeichnen, und wieder andere wie John Fredrick William Herschel als auf vielen Gebieten von der wissenschaftlichen Photographie bis zur Chemie und Physik arbeitenden Universalgelehrte. Durch die große Vielzahl der AutorInnen wird sich gut prüfen lassen, inwiefern bestimmte Argumenttypen disziplin- oder kontextspezifisch sind oder inwiefern diese Argumente quer zu diesen im Fluß befindlichen Disziplinengrenzen von allen benutzt wurden.

Auf einer anderen Ebene handelt es sich bei dieser Studie um eine neu gewendete Ideengeschichte, die weggommt vom vielfach kritisierten ‘talking heads’ Syndrom, so als ob die großen Geister aller Zeiten sich in einem olympischen Diskurs miteinander befänden. Ich betrachte historisch konkrete Debatten in ihren jeweiligen Kontexten und versuche daraus wiederkehrende Argumente herauszufiltern, ohne sie dabei zu deformieren oder in irgendwelche Schema zu pressen. Die Engpässe

⁴⁷Zum vorstehenden Themenkomplex siehe etwa Elkana [1974] (dort der einem Anon. zugeschriebene im Haupttext zitierte englische Ausspruch), Kuhn [1977] S. 125-168, Truesdell [1980], Breger [1982], Caneva [1993].

⁴⁸Für Literaturangaben siehe den ersten Teil der dieser Studie beigelegten Bibliographie, in der alle mir bekannt gewordenen einschlägigen Texte über das Verhältnis von Licht und Wärme aufgeführt wurden.

klassischer Ideengeschichte werden aber auch noch in einer anderen Richtung aufgebrochen: denn viele, wenn auch nicht alle der vorgebrachten Argumente für oder gegen neue Strahlen entstammen *Experimental*-Kulturen. Dies legt sofort die Frage nach etwaiger Interdependenz von Präferenzen für bestimmte argumentative Strategien einerseits und Experimentalstrategien andererseits nahe, die bislang, soweit ich sehe, noch überhaupt nicht gestellt wurde.

Zum Aufbau des Buches

Im **ersten Kapitel** erfolgt zunächst ein Einstieg in die systematischen Kernfragen dieser Studie: Was sind Klassifikationen und Taxonomie? Welche Ziele verfolgen sie und nach welchen Prinzipien gehen sie vor? Welche Bedeutung haben sie in der Geschichte und was sind die Thesen der älteren wissenschaftstheoretischen Literatur zu diesen und verwandten Konzepten wie etwa auch dem der natürlichen Art (*natural kind*).

Die dem Leser zuliebe schon im **zweiten Kapitel** vorgestellte Typologie der in diesen Debatten eingebrachten Argumente wird in den nachfolgenden Kapiteln dann an zahlreichen Beispielen exemplifiziert. Es ist mir wichtig, nochmals darauf hinzuweisen, daß mein Verfahren genau umgekehrt darin bestand, zuerst die zahlreichen historischen Beispiele zu analysieren und daraus durch systematisches Vergleichen nach und nach jene Argumente herauszudestillieren, die der besseren Übersicht halber in Kapitel 2 zusammengestellt sind. Es handelt sich hier um eine bottom-up und nicht um eine top-down-Analyse und die Voranstellung der systematischen Struktur der historisch ermittelten Argumente geschieht nur der größeren Klarheit wegen.

Im **dritten Kapitel** folgen dann Bemerkungen zur älteren Verortung von Licht und Wärme im Wissenskanon von Texten bis ca. 1775. Der Zeitpunkt wurde so gewählt, da sich zuvor kein expliziter Rekurs auf ein Konzept wie Wärmestrahlung (*radiant heat* bzw. *chaleur rayonnante*) findet, die erst in diesen Jahren von Scheele (1777), Pictet (1790) und William Herschel (1800) Schritt für Schritt von der Wärmeleitung abgegrenzt und als eigenständiges Phänomen erkannt wurde. Die Gruppierung in Unterabschnitten ergab sich ungezwungen aus dem jeweils von den Autoren zugrundegelegten mentalen Modell von Licht und Wärme. Schon Casper Hakfoort hat 1986 in seiner Studie zu Eulers Theorie des Lichts und deren Rezeption darauf hingewiesen, daß das 18. Jahrhundert eine weit komplexere Vielfalt zu bieten hat, als uns die historiographische Tradition mit ihrer simplistischen Gegenüberstellung von Newtonischen Emissions- vs. Cartesianischen Medientheorien Glauben macht. Allerdings ergaben sich gegenüber Hakfoort durch stärkere Berücksichtigung der chemischen Tradition hier doch einige grundlegend andere Cluster und Zuordnungen: etwa die von Musschenbroek in den Kontext von Boerhaaves Fluidumstheorie der Wärme (Abschn. 3.4) statt wie bei Hakfoort zum Newtonianismus. Das Ende dieser Periode war auch die Hochphase der Lehre von den sogenannten *Imponderabilien*. Dies war eine Klasse von (wörtlich übersetzt) unwägbar-substanzen, die in der Physik und Chemie des 18. Jahrhunderts zur Erklärung von Phänomenen wie Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus postuliert wurden. Im Unterschied zu 'ponderabler Materie' waren diese Imponderabilien zwar nicht durch Wägung nachweisbar, durchsetzten jedoch aufgrund ihrer postulierten außerordentlichen Feinheit gewöhnliche Materie und riefen in dieser alle jene Eigenschaften hervor, die mit optischen, thermischen, elektrischen oder magnetischen Phänomenen verbunden waren.⁴⁹

⁴⁹Siehe z.B. Heilbron [1993] Abschn. 1 zum 'Standardmodell' der Imponderabilien um 1800; vgl. auch den Eintrag 'imponderables' in Bynum et al. [1991], sowie im *Oxford English Dictionary* und ferner Fox [1990].

Im **vierten und fünften Kapitel** werden Texte der Umbruchsphase des Wissenschaftssystems betrachtet. Während letztere in Sekundärtexten über jene Sattelzeit gemeinhin auf die Jahre ca. 1775 bis ca. 1830 festgelegt wird, muß hier das Zeitintervall nach hinten etwas verlängert werden, da sich die Reorganisation naturwissenschaftlicher Taxonomie von Licht und Wärme noch bis ca. 1850 ausdehnte. Wir werden sehen, daß in jenen Jahren nicht nur beim chemischen Elementbegriff eine 'Neuordnung des Wissens' stattfand, die zur chemischen Revolution führte, sondern auch in Bezug auf die hier zentralen Kategorien von Licht und Wärme. Es sollen gezielt die Argumente zur Unterscheidung von Licht und Wärmestrahlung untersucht werden, wie sie spätestens seit den Arbeiten Scheeles (1777) und William Herschels (1800) unter Naturforschern heftigst umstritten war. So schwankt Herschel z.B. bei der Interpretation seiner Befunde zur wärmenden Wirkung jenseits des roten Endes des Sonnenspektrums hin und her, ob er diesen 'unsichtbaren Strahlen' eigenständige Existenz zusprechen soll oder nicht;⁵⁰ die Zuschreibung der Entdeckung infraroter Strahlung durch Herschel, wie wir sie der Sekundärliteratur fast durchgängig entnehmen, ist insofern ein krasser Anachronismus.

Danach komme ich im **sechsten Kapitel** gezielt auf zwei zentrale Figuren jener Umbruchsphase zurück, die wie bereits angedeutet, besonders aufsehenerregende Konversionen vollzogen. Denn sowohl John William Draper als auch Macedonio Melloni änderten ihre Meinung bezüglich der ontologischen Eigenständigkeit von Wärmestrahlung im Laufe ihrer viele Jahrzehnte andauernden Experimentreihen: Welche Argumente brachten z.B. Melloni um 1843 zu diesem radikalen Sinneswandel? Warum konvertierten andere erst nach dem Nachweis der Polarisierbarkeit von Wärmestrahlung durch Forbes oder ihrer Interferenzfähigkeit durch Fizeau und Foucault? Warum waren einige wie insb. der amerikanische Chemiker Draper noch immer nicht überzeugt und konvertierten erst in den frühen 1870er Jahren? Bei diesem Beispiel wird sich zeigen lassen, daß nicht nur seine Taxonomie der Wärmestrahlung, sondern auch die der sogenannten 'chemischen Strahlen' (von John William Draper auch als *Titbonic rays* und heute als UV-Strahlung bezeichnet) mit gleichen Methoden analysiert werden können.

Im **siebten Kapitel** kommen dann noch die frühen Debatten um die Deutung von Röntgen- und Gammastrahlung um 1900 hinzu. Diese Fälle sind u.a. deshalb so interessant, da beide Strahlungstypen von etlichen Experimentatoren zunächst *nicht* als Teil des elektromagnetischen Spektrums erkannt wurden, sondern anders gedeutet wurden (als longitudinale Schwingungsmoden des Äthers im Falle von Röntgen bzw. als hochenergetische neutrale Teilchenpaare im Falle von William H. Bragg).⁵¹ Welche Argumente bewirkten (wann und warum) den Umschwung in der Deutung dieser Strahlen? Ferner zeigen sich am hochenergetischen Ende des Spektrums zunehmend auch die aus dem Welle-Teilchen-Dualismus folgende Klassifizierungsprobleme, die ebenfalls zu heftigen Kontroversen der Beteiligten z.B. über die Natur der Becquerel-Strahlen (bzw. in der Terminologie Rutherford's dann der α , β und γ -Strahlung) geführt haben.⁵²

Mit dem sogenannten 'schwarzen Licht' sowie den N-Strahlen, die die französischen Naturforscher Le Bon bzw. Blondlot um 1900 gefunden zu haben glaubten, analysieren wir schließlich auch noch zwei Beispiele, bei denen sich letztendlich herausstellte, daß diese vermeintlich neuen Sorten von Strahlung gar nicht existierten und die Experimentatoren einer Selbsttäuschung unterlegen waren. Wie wir sehen werden, sind die vorgebrachten Argumente dennoch strukturell dieselben.

⁵⁰Siehe W. Herschel [1800] sowie hier S. 362; vgl. ferner Lovell [1968] sowie Hilbert [1999], Hong in Nye (Hg.) [2003] für neuere historische Analysen, die allerdings wissenschaftstheoretisch unsensibel sind.

⁵¹Siehe dazu z.B. Stuewer [1971].

⁵²Für eine historisch verlässliche, aber philosophisch / methodologisch naive Sichtung der Geschichte dieser Debatten und des Welle-Teilchen-Dualismus unter besonderer Berücksichtigung experimenteller Beiträge siehe Wheaton [1983].

In der kurzen **Zusammenfassung** beschränke ich mich auf einige übergreifende Fragen etwa zur Zeitverteilung und zu der absoluten Häufigkeit der in Primärquellen verwendeten und von mir im Haupttext analysierten Argumente. Um dem Leser auch eine schnelle Übersicht dazu geben zu können, habe ich alle im Haupttext nachgewiesenen Argumente in der Tabelle 8.6 im **Anhang** nach Argumentationstypen gegliedert in chronologischer Reihenfolge aufgelistet. Auf ein Namensregister wurde verzichtet, da das feingliedrige Inhaltsverzeichnis bereits Auskunft über die jeweiligen Abschnitte gibt, in denen zentrale Äußerungen einzelner Personen wiedergegeben und analysiert werden.

Die Abfolge zu besprechender Arbeiten in den Kapiteln 3 bis 7 ergibt sich aus einer angenähert chronologischen Abfolge, wobei in Zweifelsfällen zur Festlegung der genauen Abfolge jeweils die Hauptarbeiten der entsprechenden Autoren zugrundegelegt wurden. Ein gewisser Überlapp um wenige Jahre ließ jedoch bei Autoren, die sich lange, z.T. mehrere Jahrzehnte mit dem Thema Licht und Wärme befaßt haben, nicht vermeiden. Im Haupttext strikt unterlassen wurden jedoch auf sehr viel spätere Ereignisse vorgegreifende Hinweise meinerseits, die ich stets in die Fußnoten verbannt habe, so etwa bei meinem Hinweis auf Einsteins Erklärung des Stokes'schen Gesetzes (in Anm. 239 auf S. 418) im Kontext von Davys Erörterung der Phosphoreszenz knapp 100 Jahre zuvor. Der Leser soll (soweit dies überhaupt möglich ist) im Haupttext der historischen Kapitel 3–7 wirklich dem historischen Pfad folgen, entlang dem auch die Akteure sich mit ihrem jeweils beschränkten Wissen auch bewegten. Ich hoffe, daß dadurch dann auch deutlich wird, wie sehr viele Naturforscher mit ihren Befunden gekämpft haben und wie schwer es sich viele gemacht haben, zu einer stimmigen Interpretation im Sinne einer Taxonomie der Strahlentypen zu kommen. Dazu gehört selbstverständlich weiterhin, daß wir auch diejenigen, deren Rasonnement nicht dem heutigen entspricht, sondern die zu anderen Entscheidungen kamen, in ihren (z.T. guten) Gründen für ihre andere Entscheidung verstehen lernen und nicht nur vom heutigen Wissensstand her nach Vorläufern des heute Anerkannten suchen und alle andere als Irrläufer deklassieren.

In den Zitaten wird, wenn nicht anders angemerkt, die originale Orthographie angegeben (z.B. inklusive der in altem französisch häufigen Vertauschung von *accents graves* und *éguis*). Eckige Klammern signalisieren ev. Abweichungen davon bzw. meine Hinzufügungen. Sonst kennzeichnen sie die Erscheinungsjahre bibliographischer Kurzreferenzen, die hinten in der Bibliographie vollständig aufgeführt sind, und zwar getrennt in zwei Gruppen (i) inhaltlich relevante Texte und (ii) methodisch oder kontextuell interessante Studien, auch zum philosophisch-wissenschaftstheoretischen Hintergrund meiner Argumentationsanalyse.

Danksagungen

Für Kommentare zu früheren Fassungen dieser Studie danke ich den Teilnehmern der von Jed Buchwald organisierten Tagung am Wellesley College im März 1997. Derjenige Teil dieser Studie, der J.W. Draper betrifft, wurde im wesentlichen während eines Forschungsaufenthaltes als Fellow am Dibner Institute for the History of Science and Technology im akademischen Jahr 1996/97 geschrieben, die anderen Teile während meines zweijährigen DFG-Forschungstipendiums am Institut für Philosophie der Universität Bern 2003-2005. Ich danke dem dortigen Lehrstuhlinhaber für Wissenschaftstheorie und -geschichte, Herrn Prof.Dr. Gerd Graßhoff, und den anderen Mitgliedern dieser Arbeitsgruppe für die Gastfreundschaft sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft für das großzügige zweijährige Auslands-Forschungstipendium für erfahrene Wissenschaftler (He-3574/2-1). Die beiden Teile des Kapitels 6 wurden bereits 2002 bzw. 2005 in Form von Zeitschriftenaufsätzen publiziert; ich danke den Zeitschriften *Foundations of Chemistry* sowie *NTM* für die Einwilligung in den Wiederabdruck von (um neue Einzelheiten ergänzten) Teilen daraus in diesem Buch. Für die Genehmigung zur Veröffentlichung von Ausschnitten aus H. & J.W. Drapers wissenschaftlicher Korrespondenz mit Barker, Gibbs, John Herschel, Roscoe, C.P. Smyth und Tyndall danke ich der Library of Congress, Manuscript Division. Die meisten der hier verwendeten, z.T. entlegenen Primärquellen konnte ich noch während meiner Zeit in Göttingen in der dortigen Forschungsbibliothek einsehen; andere Teilbestände waren mir in den ebenso reichhaltigen Beständen der Universitätsbibliothek Basel sowie in den Sondersammlungen der ETH Zürich, der Staatsbibliothek preußischer Kulturbesitz in Berlin, und während Kurzaufenthalten an der *Bibliothèque Nationale* sowie an der *Yale University* zugänglich; die im zweiten Teil der Studie aufgeführten philosophischen Aufsätze in neueren Zeitschriften auch in der Bibliothek des Instituts für Philosophie der Universität Bern und der Universität Stuttgart. Allen an diesen Bibliotheken arbeitenden Mitarbeitern danke ich für ihre freundliche Hilfe bei meinen ausgefallenen Wünschen. Für das Korrekturlesen dieser Studie und viele andere Hilfestellungen während der Arbeit an diesem Manuskript danke ich meiner Frau.