

Thomas Hapke

Kombinatorik als Element wissenschaftlichen Arbeitens bei Wilhelm Ostwald

Preprint eines Aufsatzes publiziert in:

An den Grenzen der Wissenschaft. Die "Annalen der Naturphilosophie" und das natur- und kulturphilosophische Programm ihrer Herausgeber Wilhelm Ostwald und Rudolf Goldscheid : Die Vorträge der Konferenz, veranstaltet von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig und dem Institut für Philosophie der Universität Leipzig im November 2008 / hrsg. von Pirmin Stekeler-Weithofer, ... Leipzig: Hirzel, 2011. (Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse, Band 82, Heft 1, 2011), S. 212-248.

Dieser Beitrag soll die Bedeutung der Kombinatorik in der wissenschaftlichen Arbeit Wilhelm Ostwalds hervorheben.¹ Ostwalds wissenschaftliche Vorgehensweise und viele seiner Aktivitäten können als eine Anwendung der Kombinatorik auf die verschiedensten Stufen seiner Pyramide der Wissenschaften angesehen werden. Dabei wird der Begriff der Kombinatorik allerdings oft nicht im mathematischen Sinn, sondern metaphorisch gebraucht. Ostwald wendete seine kombinatorische Methode auf die verschiedensten Themen in unterschiedlichsten Fachgebieten an, in der Chemie, in der Wissenschaftsphilosophie, im Erziehungswesen, bei der Organisation des wissenschaftlichen Arbeitens sowie in seiner Theorie der Farben und Formen. Kombinatorik ist einerseits eine Form der Darstellung und damit Vermittlung von Wissen, andererseits eine Methode, um neue Zusammenhänge zu erkunden. Kreativität umfasste für Ostwald nicht nur „schaffende Phantasie“ sondern auch „Kombinatorik“, d. h. dass für ihn Einfälle und neue Entdeckungen oft nur „eine neuartige Zusammenstellung vorhandener Bestandteile“ darstellen. Die Kombinatorik ermöglichte es ihm so, wissenschaftliche Fachgrenzen zu überschreiten.

¹ Der Verfasser hat sich als Amateurhistoriker bisher vor allem aus Sicht des Bibliotheks- und Informationswesens mit Ostwald beschäftigt und diese Beschäftigung in letzter Zeit durch Aspekte der Pädagogik und der Methodik wissenschaftlichen Arbeiten bei Ostwald erweitert. Zum letzten vgl. Thomas Hapke, „Wilhelm Ostwalds pädagogische Aktivitäten und die Ökonomisierung der Technik ‚geistiger Arbeit‘“, in: Pirmin Stekeler-Weithofer, Heiner Kaden und Nikolaos Psarros (Hrsg.), Ein Netz der Wissenschaften? Wilhelm Ostwalds ‚Annalen der Naturphilosophie‘ und die Durchsetzung wissenschaftlicher Paradigmen. Vorträge des Kolloquiums, veranstaltet von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig und dem Institut für Philosophie der Universität Leipzig im Oktober 2007, in: Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse 81 (2008) 4, S. 67–97. Eine Anmerkung und Frage von Helmut Papp bei der Diskussion des Vortrages beim Leipziger Kolloquium 2007 war Ausgangspunkt zu weiteren Überlegungen zu Ostwalds Kombinatorik, die schon teilweise in den oben erwähnten Beitrag eingeflossen sind, siehe besonders Abschnitt 3.3 „Zu Kreativität und zum Erfinden“. Erweitert wurde das Thema später vorgestellt im Rahmen eines Postervortrags, vgl. Thomas Hapke, „Combinatorics and order as a foundation of creativity, information organisation and art in the work of Wilhelm Ostwald“, Konferenz „Analogous Spaces. Architecture and the space of information, intellect and action“ in Ghent (Belgien) im Mai 2008, vgl. <http://www.analogousspaces.com> sowie <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2008/404/> und das begleitende Weblog des Autors zur Poster-Präsentation unter <http://notes.hapke.de> (letzte Zugriffe 10.7.2010).

1. Einleitung

„Die Kombinatorik ersetzt nicht nur die schaffende Phantasie, sondern ist ihr überlegen“², heißt es im inneren Einbanddeckel einer 1978 erstmals herausgegebenen Sammlung von Beiträgen Wilhelm Ostwalds³ zur wissenschaftlichen Arbeit. Auf das Thema Kombinatorik war Ostwald schon in Dorpat, dem heutigen Tartu, durch seinen akademischen Lehrer Karl Schmidt aufmerksam geworden.⁴ Auf den Einfluß eines weiteren seiner Lehrer, Arthur von Oettingen, in diesem Zusammenhang hat Robert Luther in seinem Nachruf auf Ostwald hingewiesen. Aus der Charakterisierung von Oettingens durch Luther ist deutlich der Einfluss auf Ostwalds Denken abzulesen:

„Kennzeichnend für [von Oettingen] war das starke Bedürfnis nach systematischer, ja schematischer Ordnung jedes Wissensgebietes. So hatte er, vom Gedanken ausgehend, daß musikalische Harmonie durch Gesetzmäßigkeit bedingt ist und daß jede Gesetzmäßigkeit durch gesetzmäßige Abwandlung wieder zu gesetzmäßigen Beziehungen, also Harmonie führen müsse, schon 1866 ein allerdings sehr schwer lesbares ‚Harmoniesystem in dualer Entwicklung‘ veröffentlicht, [...] In ähnlicher Weise, d. h. unter Verwendung des Symmetrie- bzw. Analogieprinzips und der konsequenten Kombinatorik, hat Oettingen seine ‚Thermodynamischen Beziehungen antithetisch entwickelt‘ in einer Monographie ausgearbeitet.“ Und weiter: „[I]n der konsequenten Kombinatorik lernte [Ostwald] hier ein Hilfsmittel der Heuristik und Systematik kennen.“⁵

Kombinatorik als ein Teilgebiet der Mathematik befasst sich mit dem Zählen von Dingen und mit der Bestimmung möglicher Anordnungen unterscheidbarer oder nicht unterscheidbarer Objekte, wobei die Reihenfolge eine Rolle spielen kann oder auch nicht. Sie ist Teil der diskreten Mathematik.⁶ Bekannte Namen aus der Frühgeschichte der Kombinatorik, die auch Ostwald in einem seiner letzten Aufsätze erwähnte,⁷ sind „Raymundus Lullus vom 13. Jahrhundert“ mit seiner „Ars magna“ sowie auch Gottfried Wilhelm Leibniz. Schon im Rahmen der Kombinatorik-Konzeption von Lullus wird diese auch als Teil der Logik verstanden, als eine Kunst der Erfindung, die neue Begriffe und Theoreme hervorbrachte. Leibniz bezeichnete die Logik auch als „ars inveniendi“. Zudem schwingt neben dieser Funktionskomponente hier die Idee mit, dass Wissen mechanisch durch eine Maschine hergestellt werden kann.⁸ Diese Verfahrenskomponente der Logik umfasst das Verknüpfen der begrifflichen Elemente unabhängig von ihrer Bedeutung.⁹

² Vgl. Wilhelm Ostwald, „Kombinatorik und schaffende Phantasie“ (1929), in: Günther Lotz (Hrsg.), *Forschen und Nutzen. Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Arbeit*, Berlin ²1982 (EA 1978), S. 28–30.

³ Für einen aktuellen biografischen Überblick vgl. Regine Zott, „Friedrich Wilhelm Ostwald (1853–1932), nunmehr 150 Jahre jung“, in: *Angewandte Chemie* 115 (2003), S. 4120–4127 sowie Robert Deltete, „Ostwald, Friedrich Wilhelm“, in: Noretta Koertge (Hrsg.), *New dictionary of scientific biography*. Vol. 5, Detroit 2008, S. 356–359 (ein Update von Erwin N. Hiebert und Hans-Günther Körber, „Ostwald, Friedrich Wilhelm“, in: Charles C. Gillispie (Hrsg.), *Dictionary of scientific biography*. Vol. 15 (Suppl. 1), New York 1981, S. 455–469).

⁴ Vgl. Wilhelm Ostwald, *Große Männer*, Leipzig ³1910, S. 6.

⁵ Robert Luther, „Nachruf auf Wilhelm Ostwald“, in: *Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig* 85 (1933), S. 57–71, hier S. 61. Zu Oettingen vgl. auch den Beitrag von Karl T. Goldbach in diesem Band.

⁶ Vgl. Timothy Gowers (Hrsg.), *The Princeton companion to mathematics*, Princeton 2008, S. 6–7 sowie besonders zur Geschichte der Kombinatorik Robin J. Wilson und E. Keith Lloyd, „Combinatorics“, in: Ivor Grattan-Guinness (Hrsg.), *Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences*, London 1994, S. 952–965.

⁷ Wilhelm Ostwald, „Die Lehre vom Erfinden, Feinmechanik und Präzision“, in: *Zeitschrift für Feinwerktechnik* 40 (1932), S. 165–169, hier S. 167.

⁸ Vgl. Eberhard Knobloch, „Mathesis. The idea of a universal science“, in: Rudolf Seising, Menso Folkerts und Ulf Hashagen (Hrsg.), *Form, Zahl, Ordnung. Studien zur Wissenschafts- und Technikgeschichte*, Stuttgart 2004, S. 76–90, hier S. 80. Vergleiche auch die wie bei Knobloch neben Lullus und Leibniz auch noch Athanasius

Die Logik ist in Ostwalds Konzeption einer „Pyramide der Wissenschaften“ grundlegender als die Mathematik.¹⁰ Seine wissenschaftliche Vorgehensweise und viele seiner Aktivitäten waren Anwendungen einer nicht streng mathematisch, sondern weit verstandenen Kombinatorik auf die verschiedenen Stufen dieser Pyramide. Durch die kombinatorische Komponente in Verbindung mit einer vorgegebenen Systematik, die in der Regel auf die Energetik und den Monismus zurückging, erarbeitete sich Ostwald neue Arbeitsfelder und Ideen.

Bevor in den nächsten Abschnitten die Einbettung der Kombinatorik in Ostwalds Naturphilosophie und die Methodik seines wissenschaftlichen Arbeitens beschrieben wird, soll hier der Ursprung seines kombinatorischen Denkens in der Chemie dargestellt werden. Dann folgen Erklärungen zur Anwendungen der Kombinatorik, zunächst bei der Organisation wissenschaftlicher Arbeit unter besonderer Berücksichtigung der Formen der Kreativität und dann bei der Farben- und Formentheorie, bevor im zusammenfassenden Schluss eine Einordnung und Relevanzbetrachtung versucht wird.

Dass der Ursprung der Ostwaldschen Kombinatorik in seiner chemischen Tätigkeit zu suchen ist, wird bei seiner Beschreibung einer Vorlesung zur organischen Chemie seines Dorpater Lehrers Schmidt deutlich:

„Mich beeindruckte immerhin der neue methodische Gedanke, dass die Anzahl möglicher isomerer Stoffe sich nach den Gesetzen der Kombinatorik vorausberechnen lassen, sehr stark. Viel später habe ich der Anwendung des Gedankens auf verschiedene Gebiete der allgemeinen Chemie mancherlei gute Erfolge zu danken gehabt.“¹¹

In seinem Buch zur chemischen Literatur, das 1919 veröffentlicht wurde, unterschied Ostwald „Neben- und übergeordnete Begriffe“, die es gestatten, ein „Erfahrungsgebiet“ möglichst vollständig zu ordnen:

„Sind nun die so erhaltenen verschiedenen Gebiete durch irgendeine systematische Bezeichnungsweise gleichzeitig unterschieden und geordnet, so genügt die Angabe eines solchen Zeichens, um jedes einzelne Stück in dem Gesamtgebiet an seinen Ort bringen zu können. Um anzudeuten, wie eine derartige Bezeichnung durchführbar ist, sei das gesamte Gebiet a genannt. Dieses ist der Umfang erster Ordnung. Dieses Gebiet zerfalle in die fünf gleichwertigen Unterabteilungen, die wir mit den Namen aa, ab, ac, ad, und ae kennzeichnen. Hierbei deuten die Doppelbuchstaben an, daß es sich um Gebiete zweiter Ordnung handelt, und das allen vorgesetzte a soll angeben, daß es Untergruppen des Allgemeinbegriffes a sind [...] Die Teilgebiet dritter Ordnung würden demgemäß zu bezeichnen sein mit aaa, aab, aac ...; aba, abb, abc ...; aca, acb, acc ...; ada, adb, adc ...; aea, aeb, aec ... Die Gebiete vierter Ordnung würden nach diesem System eine aus vier Buchstaben bestehende Bezeichnung erhalten, wie aaaa, aaab, aaac, usw.“¹²

Die Bezeichnungen für Begriffsgruppen bzw. Teilgebiete erinnern an kombinatorische Methodik, wobei Ostwald auch den Zusammenhang mit chemischer Arbeitsweise deutlich aufzeigte:

Kircher einbeziehende Darstellung von Werner Künzel und Peter Bexte, Allwissen und Absturz. Der Ursprung des Computers, Frankfurt 1993.

⁹ Vgl. Sybille Krämer, Symbolische Maschinen. Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß, Darmstadt 1988, besonders S. 87–114.

¹⁰ Vgl. Paul Ziche, „Mathematik als Wissenschaftlichkeitsmodell. Wissenschaftssystematische Konsequenzen variierender Deutungen der Mathematik (1800/1900)“, in: Seising, Folkerts, und Hashagen (Hrsg.), Form, Zahl, Ordnung, S. 91–106, sowie ders., Wissenschaftslandschaften um 1900. Philosophie, die Wissenschaften und der nichtreduktive Szientismus, Zürich 2008, S. 253 ff. im Kapitel „Multiple Entdeckungen der Logik um 1900“.

¹¹ Wilhelm Ostwald, Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Nach der Ausgabe von 1926/27 überarbeitet und kommentiert von Karl Hansel, Stuttgart und Leipzig 2003, S. 52.

¹² Wilhelm Ostwald, Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft, Leipzig 1919, S. 17 f.

„Dem Chemiker ist eine derartige Systematik nicht fremd, denn er hat in der Einteilung aller Stoffe nach ihren chemischen Zusammensetzung und der entsprechenden Formelbezeichnung ein vollkommen analog durchgeführtes System vor sich. Die Elemente sind mit großen Buchstaben, nötigenfalls unter Zuziehung eines kleinen gekennzeichnet. Die Verbindungen zweiter Ordnung, d. h. solche, die aus zwei Elementen bestehen, werden durch Nebeneinanderstellung der Elementbuchstaben mit Angabe der stöchiometrischen Koeffizienten gekennzeichnet. Die Verbindungen dritter Ordnung enthalten drei Elementenbuchstaben usf.“¹³

Für den physikalischen Chemiker war ein kombinatorisches Vorgehen Teil des täglichen Arbeitens.¹⁴ Nur durch ständiges Ausprobieren waren die richtigen Katalysatoren für die jeweilige chemische Reaktion zu finden. Seit Anfang der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts gibt es sogar ein aktuelles Forschungsgebiet, das „Kombinatorische Chemie“ genannt wird. Bei dieser Labortechnik erfolgt – oft auf einem festen Substrat – die Synthese von manchmal bis zu einer Million Verbindungen.¹⁵ „Im Mittelpunkt steht bei der modernen kombinatorischen Praxis immer irgendwann im Verlauf der Synthese die Erzeugung eines großen Satzes von Molekülen“¹⁶ mit bestimmten ähnlichen Eigenschaften. Dieser wird interessanterweise auch „Bibliothek“ genannt. Man versucht dann aus dieser „Bibliothek“ geeignete Kandidaten z. B. für neue pharmazeutische Produkte zu finden. Nach Roald Hoffmann erfolgt die klassische organische Synthese „by design“. Dort werde also versucht, ein bestimmtes Molekül zu konstruieren. Im Unterschied dazu komme es bei der kombinatorischen Synthese zu einer Form von Selektion, um ein bestimmtes Molekül zu entdecken. Man imitiere quasi die Evolution der Natur.

2. Kombinatorik in Ostwalds Naturphilosophie

2.1. Naturphilosophie

Wichtige Komponenten von Ostwalds Naturphilosophie sind die Anwendung des „Energetischen Imperativs“: „Vergeude keine Energie, verwerte sie“, also eines Ökonomie-Prinzips, sowie die Suche nach ordnenden Grundprinzipien der Wissenschaften. Grundlage seiner (Natur-)Philosophie war eine Theorie der Ordnung, die von der auf Erfahrung beruhenden Bildung von Begriffen ausging: Begriffe können einerseits aus elementareren zusammengesetzt sein, andererseits können aus ihnen durch systematische Kombination neue entstehen.¹⁷

Die Kombinatorik war für Ostwald anscheinend auch der wichtigste Teil seiner allgemeinen Ordnungslehre. Diese gehörte für ihn wie die allgemeinere Mengenlehre sowie die folgenden Zahlen-, Zeit- und Raumlehre zu den allgemeinsten Wissenschaften. Ostwald schrieb in einem Band des für die Kaiserzeit wichtigen Sammelwerkes „Die Kultur der Gegenwart“:

„Vergleichen wir mit dieser Systematik den tatsächlichen Bestand der Wissenschaft, so finden wir als anerkannte Gebiete scheinbar nur zwei von ihnen, die Zahlenlehre oder Mathematik und die Raumlehre oder Geometrie. Indessen ergibt sich bei genauerer Betrachtung, daß das Gesamtgebiet der Mathematik auch

¹³ A. a. O., S. 18.

¹⁴ Anmerkung von Helmut Papp bei der Leipziger Konferenz 2008.

¹⁵ Vgl. auch Richard Pommier Swanson, „The entrance of informatics into combinatorial chemistry“, in: W. Boyd Rayward und Mary Ellen Bowden (Hrsg.), *The History and Heritage of Scientific and Technological Information Systems. Proceedings of the 2002 Conference*, Medford (New Jersey) 2004, S. 203–211.

¹⁶ Vgl. Roald Hoffmann, „Keine Bibliothek“, in: *Angewandte Chemie* 113 (2001), S. 3439–3443 (hier S. 3439), dem der Begriff „Bibliothek“ in der kombinatorischen Chemie nicht gefiel und der stattdessen Portfolio oder Sortiment vorschlug.

¹⁷ Vgl. Wilhelm Ostwald, *Die Pyramide der Wissenschaften. Eine Einführung in wissenschaftliches Denken und Arbeiten*, Stuttgart 1929, S. 88–92. Vgl. auch Paul Ziche, „The ‚New Philosophy of Nature‘ around 1900. Metaphysical tradition and scientific innovation“, in: Britta Görs, Nikos Psarros und Paul Ziche (Hrsg.), *Wilhelm Ostwald at the crossroads between chemistry, philosophy and media culture*, Leipzig 2005, S. 29–45, hier S. 42.

erhebliche Teile der Mengenlehre und der Ordnungslehre umfasst. Erstere bildet einen Teil der Algebra, letztere hat sich als Kombinatorik in der niederen Analysis angesiedelt. [...] Der allgemeinste Teil der Mengen- und Ordnungslehre wird andererseits in der formalen Logik behandelt.“¹⁸

Und später heißt es dann: „Um die Ordnungslehre oder Kombinatorik hat sich übrigens in voller Erkenntnis ihrer über die Mathematik hinausgehenden Bedeutung bereits Leibniz auf das lebhafteste bemüht.“¹⁹ Hier wurden also Ordnungslehre und Kombinatorik sogar gleichgesetzt.

Ostwald hat an einigen Stellen in seinen Schriften anerkennend auf Leibniz Bezug genommen.²⁰ In Rezensionen Ostwalds für die „Annalen der Naturphilosophie“ hieß es etwa zu Leibniz: „Der Gegenstand des vorliegenden Buches gehört zu den interessantesten, die es in der Geschichte der Philosophie gerade in Beziehung auf ihren gegenwärtigen Zustand giebt.“²¹ Sowie:

„Denn es erscheint bei Leibniz alsbald als zentrales Problem die Aufstellung einer *Tabelle der Begriffselemente*, die freilich immer nur als Postulat, nie in konkreter, wenn auch noch so unvollkommener Gestalt vorkommt. In dieser Gestalt ist dieses Fundamentalproblem aller Logik und Wissenschaftslehre bis auf den heutigen Tag geblieben.“²²

Ostwald selbst versuchte diese Aufgabe zu bearbeiten. Entsprechend finden sich in allen drei seiner Bücher zur Naturphilosophie Bemerkungen zur Kombinatorik, implizit in seinen „Vorlesungen über Naturphilosophie“ (1902) und dann explizit und stärker hervorgehoben in seinem „Grundriß der Naturphilosophie“ (1908) sowie in seiner „Modernen Naturphilosophie“ (1914).

So wurden in den „Vorlesungen“ u. a. die Verbindungen von drei Begriffen beschrieben, die sechs verschiedene Permutation erlauben. Ordnen ist für Ostwald also, Dinge bzw. Begriffe in irgendeine Beziehung zu setzen.²³ In den „Vorlesungen“ führt er auch den damals sehr populären Begriff „Mannigfaltigkeit“ ein, den er von Hermann Grassmann und anderen übernommen hatte.²⁴ Hier gibt er auch ein Beispiel für eine zweifache Mannigfaltigkeit, die einem verallgemeinerten Schachbrett entspricht.

Im Teil „Logik, Mannigfaltigkeitslehre und Mathematik“ des „Grundriß“ schrieb er bezogen auf vorher definierte Gruppen, die er als „die Gesamtheit aller einzelnen Dinge, welche unter einen bestimmten Begriff fallen, oder deren gemeinsamen Beschaffenheiten diesen Begriff ausmachen“²⁵ bestimmte:

„Es gibt eine Wissenschaft, die Kombinatorik, welche uns die Regeln angibt, nach welchen bei gegebenen Elementen oder Kennzeichen die Art und Anzahl der möglichen Gruppen gefunden wird. Sie gestattet, eine vollständige Zusammenstellung und Übersicht aller möglichen mannigfachen Begriffe zu gewinnen, welche sich aus gegebenen einfachen (seien diese nun wirklich elementare Begriffe oder nur relativ solche) bilden lassen.

¹⁸ Wilhelm Ostwald, „Naturphilosophie“, in: Wilhelm Dilthey u. a., Systematische Philosophie, Berlin 1907 (Die Kultur der Gegenwart, Tl. 1 Abt. VI, S. 138–172, hier S. 159).

¹⁹ A. a. O., S. 160.

²⁰ Vgl. z. B. das 11. Kapitel „Die geistigen Erscheinungen“ in Wilhelm Ostwald, Die Energie, Leipzig 1908, S. 141 f.

²¹ Wilhelm Ostwald, „Leibniz’ System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen von Dr. Ernst Cassirer“, in: Ann. Nphil. 1 (1902), S. 500 f.

²² Wilhelm Ostwald, „Die Philosophie des jungen Leibniz. Untersuchung zur Entwicklung eines Systems von W. Kabitz“, in: Ann. Nphil. 10 (1911), S. 239 f.

²³ Wilhelm Ostwald, Vorlesungen über Naturphilosophie, Leipzig 1902, S. 79.

²⁴ Ziche, Wissenschaftslandschaften, hier S. 211 ff. Nach Ziche versuchte Ostwald wie andere Autoren, z. B. Ernst Cassirer, mit der Verwendung mathematischer Theorien und ihrer Begriffe „eine neue Verständnisebene [in der Philosophie] zu erreichen“ (a. a. O., S. 243–246).

²⁵ Wilhelm Ostwald, Grundriß der Naturphilosophie. Leipzig 1908, S. 74.

Hat man derart die fundamentalen Begriffe irgendeines Wissensgebietes zusammengestellt, so gewinnt man mittels der Kombinatorik eine vollkommene Übersicht der möglichen Teile dieser Wissenschaft.²⁶

Nach diesem Abschnitt folgt im „Grundriß“ eine Veranschaulichung dieser Methode anhand der „Lehre von der chemischen Zusammensetzung der Stoffe“ und der Physik. Die elementaren Elemente für die Methode sind in der Chemie die chemischen Elemente selbst. Dass es bei der Kombinatorik auch um die „Darstellung“ von wissenschaftlichen Zusammenhängen ging, zeigt Ostwalds Hinweis, „daß man die Physik als die Lehre von den verschiedenen Arten der Energie darstellen kann“.²⁷

Auch in der „Modernen Naturphilosophie“ wurde die Bedeutung der Kombinatorik betont, diesmal für die Analyse von Begriffsverhältnissen. Zwei Begriffe können miteinander kombiniert werden, indem sie sich entweder nirgendwo überdecken, der eine kann den anderen umfassen oder beide Begriffe können teilweise Gemeinsamkeiten haben, sich also in ihren Begriffsumfängen unterscheiden.²⁸ Die Verknüpfung von Begriffen erfolgte also nicht als kombinatorische Permutation, was bei drei Begriffen nur sechs nicht wie bei Ostwald zwölf unterschiedliche Möglichkeiten der Kombination ergeben hätte.²⁹

Für Ostwald war die Kombinatorik „ein fundamentales Kapitel der Ordnungswissenschaften oder Logik im allgemeinsten Sinne“:

„Die Gesetze der Kombinatorik gestatten nämlich, ein der Erforschung zu erschließendes Gebiet zunächst rein formal erschöpfend in seine Abteilungen und Forschungsrichtungen zu zerlegen, indem man zunächst ganz empirisch die Elemente des Gebietes aufsucht und sie erschöpfend durchkombiniert. [...] Diese Anwendung der Kombinatorik in der Wissenschaft ist bei weitem nicht so verbreitet, wie es sein sollte.“³⁰

2.2. Die wissenschaftlichen Behandlung eines Themas

Ostwald nutzte seine kombinatorische Methode zur Systematisierung seiner Vorgehensweise und Darstellung bei der wissenschaftlichen Arbeit. Die Methode wandte er auf verschiedene Themen in unterschiedlichen Fachgebieten an, z. B. in der Chemie, in der Wissenschaftsphilosophie, im Erziehungswesen und bei der Organisation des wissenschaftlichen Arbeitens. Er versuchte zuerst, die Stellung des behandelten Problems oder Fachgebiets innerhalb seiner „Pyramide der Wissenschaften“ festzulegen. Das Erziehungswesen sah er beispielsweise in seinem Aufsatz „Schule und Idealismus“³¹ als Teil der oberen Spitze der Pyramide an, nämlich als Teil der angewandten Soziologie (Ostwald sprach von Kulturwissenschaft statt von Soziologie). Ausgehend von der Definition eines komplexen Problems, versuchte er zunächst, die grundlegenden Begriffe und Konzepte des Problems zu analysieren und dieses so in kleinere Fragmente zu zerlegen. Dann fragte er sich, was die darunter liegenden Wissenschaften, die Ordnungswissenschaften, die physischen (energetischen), also die Physik und die Chemie und die biologischen Wissenschaften zum Thema beizutragen haben.

²⁶ A. a. O., S. 80.

²⁷ A. a. O., S. 81. Hans-Jörg Rheinberger hat darauf hingewiesen, dass seit Ian Hacking Repräsentation als wesentlichen Teil wissenschaftlicher Arbeit im Rahmen von Wissenschaftstheorie und -geschichte verstärkt beachtet wurde. Vgl. Hans-Jörg Rheinberger, *Historische Epistemologie. Eine Einführung*, Hamburg 2007, S. 122 ff.

²⁸ Ostwald, *Moderne Naturphilosophie*, S. 220.

²⁹ Vgl. die Abbildung bei Ostwald, *Moderne Naturphilosophie*, S. 259, die auch in Hapke, *Ostwalds pädagogische Aktivitäten*, wiedergegeben ist.

³⁰ Ostwald, *Moderne Naturphilosophie*, S. 260–263.

³¹ Wilhelm Ostwald, „Schule und Idealismus“, in: *Die Schule der Zukunft. Acht Vorträge gehalten auf der Versammlung des Goethebundes in Berlin am 3. Dezember 1911*, Berlin 1912, S. 16–26.

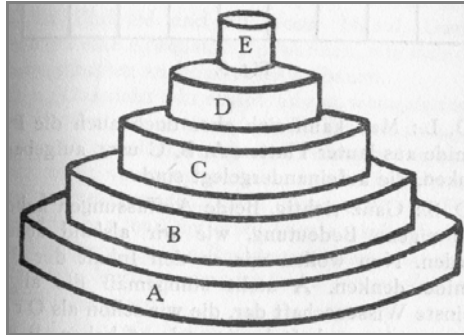


Abb. 1: Pyramide der Wissenschaften³²

Uwe Niedersen zitierte aus dem Nachlass Ostwalds eine genauere Beschreibung des Schemas der Wissenschaftspyramide anhand des Beispiels der Geniologie, Ostwalds Bezeichnung für seine Theorie „Großer Männer“ (hier mit F bezeichnet). Diese sei in gekürzter und leicht veränderter Form wiedergegeben:³³

A	Ordnungswissenschaften
BA	Ordnung der Energetik
CA	Ordnung der Biologie
DA	Einteilung der Psychologie
EA	Soziologie-Einteilung
FA	Große Männer, Definition, Einteilung, ...
B	Arten der Energie, Physik, Chemie
CB	Energetische (chemische, physikalische) Physiologie
DB	Energetische Psychologie
EB	Energetik der Soziologie, Wirtschaft, Verkehr
FB	Energetik der Großen Menschen
C	Physiologie
DC	Physiologische Psychologie
EC	Physiologie der Gesellschaft, z. B. Volksgesundheit
FC	Biologie des Großen Menschen
D	Psychologie
ED	Psychologie der Gesellschaft, z. B. Massenpsychologie, Ethik, Kunst
FD	Psychologie der Großen Menschen
E	Soziologie
FE	Soziologie der Großen Menschen
F	Geniologie, Einzeldarstellungen von Persönlichkeiten

³² Aus Ostwald, Die Pyramide, S. 93.

³³ Uwe Niedersen, „Leben, Wissenschaft, Klassifikation. Aus dem Nachlaß Wilhelm Ostwalds“, in: Wolfgang Krohn, Hans-Jürgen Krug und Günter Küppers (Hrsg.), Konzepte von Chaos und Selbstorganisation in der Geschichte der Wissenschaften (= Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften, Bd. 3), Berlin 1992, S. 279–285, hier S. 281 f.

Die allgemeinsten Begriffe der Ebene A haben den größten Umfang, aber den geringsten Inhalt. Die „Geniologie“ als Begriff hat geringen Umfang (wie etwa die „Röhre“ E in Abb. 1), reicht aber von oben nach unten durch alle Stufen der Pyramide durch und hat damit als Begriff den reichsten Inhalt. „Jede Stufe muß man sich bis unten durchgeführt denken, so daß die ganze Pyramide aus lauter ineinandergesteckten hohlen Zylindern oder Röhren besteht, die in der Höhe der einzelnen Stufen unterteilt sind“³⁴. Dies sähe dann „im Querschnitt“ so aus:

F
 E FE E
 D ED FD ED D
 C DC EC FC EC DC C
 B CB DB EB FB EB DB CB B
 A BA CA DA EA FA EA DA CA BA A

Ostwald unterwarf, quasi kombinatorisch, seine Ausgangsfragestellung jeder der verschiedenen Stufen seiner Pyramide der Wissenschaften und erkundete diese Einzelteile, um daraus der Vielfalt der komplexen Welt näherzukommen. Er behandelte damit das gewählte Thema auf jeder Ebene seiner „Pyramide der Wissenschaften“ und arbeitete sich dabei von unten senkrecht nach oben. Hier wird außerdem deutlich, dass Ostwald sein Vorgehen durchaus als einen Mechanismus, wir würden heute sagen: Algorithmus, verstand. Dabei wurden die unterschiedlichen, kombinierten Teile durch die ganzheitliche Weltansicht seiner Naturphilosophie zusammengehalten.

Bei der Beschreibung des „Verfahrens der Wissenschaft“ in seiner „Modernen Naturphilosophie“ benutzte Ostwald wie auch in seiner Einleitung zum „Grundriß“³⁵ das Bild des „Netzes“ für die Wissenschaften:

„Je weiter die verschiedenen Kenntnisgebiete sich entwickeln, um so mannigfaltiger werden auch die gegenseitigen Beziehungen zwischen ihnen, so daß wir uns die vollendete Wissenschaft wie ein äußerst ausgedehntes und mannigfaltiges Netzwerk vorstellen können, in welchem schließlich jeder Knoten mit jedem anderen durch mehr oder weniger Maschen verbunden ist und kein Teil geändert werden kann, ohne daß dies einen Einfluß auf alle anderen Teile ausübt.“³⁶

Später hieß es dann:

„Die Durcharbeitung der durch die Kombinatorik gegebenen wissenschaftlichen Gebiete bleibt oft nicht nur deshalb rückständig, weil es den Beteiligten an Zeit und Lust fehlt, sondern auch noch sehr oft deshalb, weil die eben beschriebenen kombinatorische Methode den Forschern im allgemeinen nicht so geläufig ist, daß sie sie ‚selbstverständlich‘, d. h. ohne sich erst noch darauf besinnen zu müssen, anwenden. Vielmehr stehen wir gefühlsmäßig noch vielfach auf jenem primitiveren Standpunkte, von dem aus eine jede Entdeckung wie ein Ding für sich erscheint und keinesfalls alsbald die Frage anregt: in welche Ordnung gehört sie hinein, und welche kombinatorischen Möglichkeiten ergibt sie? [...] Daher ist es von großer Bedeutung, daß jedermann, der in der Wissenschaft zu arbeiten unternimmt, sich das eben beschriebene allgemeine Verfahren aneignet und bei jedem einzelnen Fortschritte, den er erzielt, sich alsbald die Frage vorlegt, mit welchen anderen Dingen diese seine Entdeckung aus allgemeinen Gründen im Zusammenhange steht, und welche Schlüsse oder Probleme sich aus dieser Einschaltung eines Neuen in das Netzwerk des Bekannten ergeben. [...] Doch wird mit der zunehmenden wissenschaftlichen Gesamtbildung der Menschheit auch die Handhabung ihrer verschiedenen Methoden mehr und mehr Allgemeingut, und wir können uns eine Zukunft vorstellen, wo diesen beiden Geschäften sich im ebenso vereinen, wie etwa gegenwärtig Lesen und Schreiben.“³⁷

³⁴ Ebd.

³⁵ Vgl. Ostwald, Grundriß, S. 15 ff. Vgl. auch den Hinweis in Hapke, Ostwalds pädagogische Aktivitäten, S. 93.

³⁶ Ostwald, Moderne Naturphilosophie, S. 287

³⁷ A. a. O., S. 289 f.

Im Abschnitt „Beobachtung und Versuch“ der „Modernen Naturphilosophie“ hob Ostwald das Experiment als Mittel „zur willkürlichen Erzeugung der Dinge, deren Gesetze man studieren will“, hervor. Er bezog sich dabei nicht nur auf instrumentelle Tätigkeiten, sondern schloss auch Gedankenexperimente mit ein:

„Ebenso muß man die Arbeit, die wir eben gemeinsam treiben, um uns Klarheit über die Grundlagen der Denktätigkeit selbst zu verschaffen, als eine experimentelle oder synthetische bezeichnen. Jeder einzelne Schritt, der sich in Gestalt eines neuen Paragraphen dieser Kapitel hernach objektiviert, ist das Ergebnis eines zuweilen sehr lange Zeit erstreckten Experimentierens, das erst eine große Anzahl möglicher Kombinationen erschöpfen muß, ehe die richtige gefunden wird, d. h. die, welche den gewünschten übersichtlichen Zusammenhang in das ursprüngliche Chaos der Gedanken bringt.“³⁸

2.3. Beziehungen zwischen Kombinatorik und Buch bzw. Bibliothek

Einen weiteren Aspekt der Auseinandersetzung mit der Kombinatorik entlehnt Ostwald in der „Modernen Naturphilosophie“ von Leibniz:

„Leibniz stellte sich vor, daß, wenn es möglich sei, die elementaren Begriffe abzusondern und zu kennzeichnen, man durch ihre erschöpfende Kombination zu sämtlichen denkbaren abgeleiteten Begriffen kommen könnte. [...] Leibniz selbst hat gelegentlich den Vergleich gebraucht, daß in allen denkbaren Kombinationen der 25 Buchstaben die gesamte Weisheit aller Welt enthalten sei, indem jedes noch so gedankenreiche und bahnbrechende Buch schließlich nichts sei, als ein Spezialfall dieser Buchstabenkombinationen.“³⁹

Dieser Gedanke wurde – wohl angesichts der wachsenden Literaturflut – zu Ostwalds Zeit aktualisiert. Ostwald kannte wahrscheinlich die 1904 entstandene Erzählung „Die Universalbibliothek“ von Kurd Lasswitz, dem Begründer der deutschsprachigen *Science Fiction*.⁴⁰ In ihr sagt ein Professor:

„Denn unsere Bücher vermitteln doch tatsächlich das Wissen der Menschheit und bewahren den Schatz, den die Arbeit des Denkens gehäuft hat. Die Zahl der möglichen Kombinationen gegebener Buchstaben ist aber begrenzt. Also muß alle überhaupt mögliche Literatur sich in einer endlichen Anzahl von Bänden niederlegen lassen.“ Darauf antwortet ein Verleger: „Du, auf die Universalbibliothek abonniere ich. Dann habe ich ja sämtliche zukünftigen Bände der Zeitschrift schon fix und fertig in der Druckvorlage. Ich brauche mich um keine Beiträge zu kümmern. Das ist ja prachttvoll für den Verleger, das ist die Ausschaltung des Autors aus dem Geschäftsbetriebe! Ersatz des Schriftstellers durch die Kombinationsmaschine, Triumph der Technik!“

Erst 1941, also Jahre später, schrieb der argentinische Schriftsteller Jorge Luis Borges seine Erzählung „Die Bibliothek von Babel“ und entwarf das phantastische Bild einer Welt, die einer Bibliothek gleicht. Borges phantastische Erzählungen kreisen oft um das Buch und die Bibliothek und diese, seine berühmteste, beginnt mit den Worten: „Das Universum (das andere die Bibliothek nennen)“.⁴¹ Beschrieben wird hier eine Bibliothek, die alle Werke enthält, die aus der Kombination von allen möglichen Zeichen kombinatorisch konstruiert werden können.

³⁸ A. a. O., S. 271, davor S. 269 f.

³⁹ Ostwald, *Moderne Naturphilosophie*, S. 260 f.

⁴⁰ Vgl. Kurd Lasswitz, *Die Universalbibliothek*, 1904, online beim Projekt Gutenberg: <http://gutenberg.spiegel.de/lasswitz/univbib/univbib.xml> (letzter Zugriff 10.7.2010). Ostwald hatte Bücher von Lasswitz in den „Annalen der Naturphilosophie“ besprochen, vgl. *Ann. Nphil.* 3 (1904), S. 518 f. und *Ann. Nphil.* 8 (1909), S. 504.

⁴¹ Vgl. Jorge Luis Borges, *Die Bibliothek von Babel. Erzählungen*, Stuttgart 1974. Zum Zusammenhang zwischen Borges und Ostwald vgl. Lothar Beyer, „Jorge Luis Borges y Wilhelm Ostwald. Notas para una alianza entre ciencia y las humanidades“, in: *Letras* 76 (2005) 109 f., S. 181–190. Online unter: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones/letras/contenidos/2005_n109-110.htm (letzter Zugriff 10.7.2010).

Das Problem der Kombination von Wortbildungen aus den Buchstaben des Alphabets war schon viel früher auch von Paul Guldin (1577–1643) behandelt worden und ist damit ein Beispiel für die Popularität der Kombinatorik in der Zeit vor Leibniz.⁴² Über Pierre Gassendi ist auch ein Zusammenhang mit dem frühneuzeitlichen Atomismus nachweisbar, was wieder auf die Anwendung kombinatorischer Verfahren in der Chemie hinweist.⁴³ Christoph Meinel schrieb dazu mit Bezug auf Gassendi:

„So wie die Worte ROMA, AMOR, MARO, ORAM, MORA, ARMO und RAMO jeweils unterschiedliche Sensationen und damit unterschiedliche Vorstellungen auslösen, so könnten auch die gleichen Atome in unterschiedlicher Kombination jeweils ganz unterschiedliche Qualitäten und Körper hervorbringen.“⁴⁴

Zum Zusammenhang zwischen Buchdruck und Kombinatorik hieß es bei Ostwald selbst:

„Ebenso wie das Wesen dieser Erfindung [der Buchdruckerkunst] darauf beruht, daß die alte aus einem Stück bestehende, in Holz geschnittene Schriftplatte, welche nur eine ganze Seite auf einmal zu drucken ermöglichte, in die einzelnen Lettern zerlegt wurde, aus denen man jeden beliebigen Text zusammenstellen kann, so soll fernerhin der dicke Band, in welchem eine große Menge verschiedener Inhalte durch das Werk des Buchbinders untrennbar zusammengehalten werden, in die Einzelschriften zerlegt werden, aus denen jeder Band sachlich besteht, und diese Einzelschriften sollen nach Bedarf verteilt, gebraucht, nötigenfalls neu gedruckt, [eine Antizipation des heute gängigen *Print on demand!*] kurz selbständig gehandhabt werden.“⁴⁵

Um sich hierbei zurecht zu finden und die einzelnen Schriften wiederzuerlangen, war für Ostwald eine Ordnung notwendig, welche er das „Comte-Ostwaldsche Begriffssystem“ nannte.

„Nicht nur die allgemeine Unterkunft aller Wissenschaften wird durch das Schema gesichert, sondern auch deren Unterteilung. Dies beruht auf dem Umstande, daß die benutzten Begriffe von größter Allgemeinheit und ärmsten Inhalt zu geringster Allgemeinheit und reichstem Inhalt aufsteigen. Vermöge eines allgemeinen Gesetzes, daß der Mathetik angehört, finden sich die allgemeinen Begriffe in den engeren derart wieder, daß sie zu deren Unterteilung dienen. [...] Die Farbenlehre gehört zu den psychologischen Wissenschaften. Sie hat demgemäß folgende Teile

- I. Mathetische Farbenlehre
- II. Physikalische Farbenlehre
- III. Chemische Farbenlehre
- IV. Physiologische Farbenlehre
- V. Psychologische oder spezielle Farbenlehre
- VI. Unterricht und Erziehung in der Farbenlehre
- VII. Farbenlehre in der angewandten und reinen Kunst

Die Ordnung der eigentlichen Farbenlehre ist mit V abgeschlossen, wie aus dem Gesagten hervorgeht. Die beiden folgenden Abteilungen VI und VII gehören einer höheren Wissenschaft, der Soziologie, an und stellen Anwendungen der Farbenlehre auf soziale Probleme dar.“⁴⁶

⁴² Vgl. Menso Folkerts, Eberhard Knobloch und Karin Reich, „Geschichtsphilosophie. Die Berechnung der Anzahl möglicher Wortbildungen“, in: dies. (Hrsg.), Maß, Zahl und Gewicht. Mathematik als Schlüssel zu Weltverständnis und Weltbeherrschung, Wiesbaden ²2001, S. 384 f.

⁴³ Anmerkung in der Diskussion bei der Leipziger Konferenz 2008 von Ursula Klein. Vgl. auch den Schluss von Teil 1 dieses Beitrages.

⁴⁴ Christoph Meinel, „Das letzte Blatt im Buch der Natur“. Die Wirklichkeit der Atome und die Antinomie der Anschauung in den Korpuskulartheorien der frühen Neuzeit“, in: Studia Leibnitiana 20 (1988), S. 1–18, hier S. 3.

⁴⁵ Wilhelm Ostwald, „Die Sammelschrift als Zukunftsform des Schrifttum und die Sammelschrift ‚Die Farbe‘“, in: Die Farbe 1 (1921), S. 1–8, hier: S. 1. Vgl. auch Abschnitt 3.1.

⁴⁶ A. a. O., S. 5 f. Vgl. auch Abschnitt 3.3.

Den Zusammenhang zwischen Kombinatorik, Buchdruck und modernem Computer hat auch der Medienarchäologe Wolfgang Ernst im Blick, wenn er schreibt:

„Auf der medienarchäologisch relevanten Ebene der beweglichen Lettern hatte der Buchdruck vor allem eine epistemologische, also erkenntnistheoretische Konsequenz; er forcierte Formen der kulturtechnischen Erkenntnis wie etwa die Kombinatorik, die zwar schon im diskreten antiken griechischen Vokalalphabet privilegiert und kulturtechnisch angeregt wurde, doch erst in Kopplung an eine Mechanik zu dem eskalierte, was uns als Computer vertraut ist.“⁴⁷

3. Anwendungen der Kombinatorik durch Ostwald

3.1. Die Organisation der wissenschaftlichen Arbeit

Der Chemiker und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald war einer der ersten Pioniere des deutschen Informationswesens.⁴⁸ Der Zusammenhang zwischen Kombinatorik und Ordnung wurde auch bei der Organisation wissenschaftlicher Arbeit deutlich. Ostwalds Ziel war es, die Effektivität der wissenschaftlichen Kommunikation zu verbessern. Seine Konzepte zur „Organisation geistiger Arbeit“, also zur Organisation der wissenschaftlichen Kommunikation und Information, basierten auf seiner Naturphilosophie und Energetik sowie auf der Notwendigkeit, aufgrund der wachsenden Informationsflut die wissenschaftliche Kommunikation zu rationalisieren und zu vereinheitlichen.

Ostwalds Lösung für das Informationsproblem waren Organisation und Zentralisierung. Beides führte ihn 1911, angeregt durch den Schweizer Karl Wilhelm Bühler und den Münchener Adolf Saager, zur Gründung der „Brücke“, dem „Institut für die Organisation geistiger Arbeit“.⁴⁹ Die Organisation geistiger Arbeit sollte quasi automatisch erfolgen, durch die allgemeine Einführung standardisierter Kommunikationsmittel – das monographische Prinzip, standardisierte Papierformate sowie Klassifikationsvermerke („Registraturvermerke“) mit der Dezimalklassifikation für alle Publikationen. Ergebnis wäre dann als „Brückenarchiv“ so etwas wie eine „umfassende, illustrierte Welt-Enzyklopädie auf Karten mit standardisiertem Format.“

Hier sollen die beiden folgenden Aspekte von besonderem Interesse sein:

- a) das Monographieprinzip
- b) die Nutzung der Dezimalklassifikation durch die Brücke

⁴⁷ Wolfgang Ernst, Mediengeschichte als Medienarchäologie. Mo(nu)mente von Materie, Technik und Logik in der Zeit, Seminar für Medienwissenschaft, Humboldt-Universität Berlin, <http://www.medientheorien.hu-berlin.de/theorien/skripte/pader4.200406.pdf>, Teil 4, S. 45 (letzter Zugriff 10.7.2010).

⁴⁸ Als frühere Arbeiten des Autors zu Ostwalds bibliografischen Unternehmungen vgl. Thomas Hapke, „Roots of mediating information. Aspects of the German information movement“, in: W. Boyd Rayward (Hrsg.), *European Modernism and the Information Society. Informing the Present. Understanding the Past*, Aldershot 2008, S. 307–327; ders., „Ostwald and the bibliographic movement“, in: Britta Görs u. a. (Hrsg.), *Ostwald at the crossroads*, S. 115–134; ders., „Ordnung, Fragmentierung und Popularisierung. Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Information und Kommunikation“, in: Klaus Krug (Hrsg.), *Wissenschaftstheorie und –organisation. Vorträge zu dem Symposium anlässlich des 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald am 18. September 2003 in Großbothen, Großbothen 2004*, S. 63–78; ders., „Wilhelm Ostwald, the ‚Brücke‘ (Bridge), and connections to other bibliographic activities at the beginning of the twentieth century“, in: Mary E. Bowden, Trudy B. Hahn und Robert V. Williams (Hrsg.), *Proceedings of the 1998 Conference on the History and Heritage of Science Information Systems*, Medford (New Jersey) 1999, S. 139–147 sowie ders., „Wilhelm Ostwald und seine Initiativen zur Organisation und Standardisierung naturwissenschaftlicher Publizistik. Enzyklopädismus, Internationalismus und Taylorismus am Beginn des 20. Jahrhunderts“, in: Christoph Meinel (Hrsg.), *Fachschrifttum, Bibliothek und Naturwissenschaft im 19. und 20. Jahrhundert*, Wiesbaden 1997, S. 157–174.

⁴⁹ Karl Wilhelm Bühler und Adolf Saager, *Die Organisation der geistigen Arbeit durch „Die Brücke“*, Ansbach 1911.

zu a): Die wachsende Fragmentierung von Wissen erkennend schlug Ostwald u. a. vor, die wissenschaftliche Zeitschrift aufzulösen und stattdessen nur die einzelnen Artikel zu verschicken, da kein Wissenschaftler alle Aufsätze eines Zeitschriftenbandes lese. „Die endgültige Lösung“ war für Ostwald sein Monographieprinzip und die von ihm vorhergesagte „Umwandlung des Buches in die Kartothek“:

„Wird dann darauf geachtet, daß jedes Blatt nur ein Thema enthält, so erkennt man alsbald, daß eine unbegrenzte Kombinierbarkeit der so erhaltenen Elemente erreicht wird, und daß man, je nach dem Zweck, den man verfolgt, gegebenenfalls jede beliebige Beziehung der dargestellten Tatsachen durch die räumliche Ordnung dieser Karten zum Ausdruck bringen kann.“⁵⁰

Bei der Beschreibung der Systematik von Gmelins „Handbuch der anorganischen Chemie“, das Ostwald als „das Urbild des chemischen Handbuches“ bezeichnete, wird noch einmal die Nähe der Kombinatorik zur Chemie deutlich:

„Im übrigen aber ist, wenn a, b, c, ... die Elemente nach solcher Reihenfolge sind, in völliger Strenge das folgende Schema eingehalten: a; b, ab; c, ac, bc, abc, ... Das heißt, es werden bei jedem Element in regelmäßiger Reihenfolge sämtliche Verbindungen abgehandelt, die das Element mit sämtlichen vorher behandelten bildet, und zwar nach der Reihenfolge der Zusammengesetztheit.“⁵¹

Sein „Prinzip der unabhängigen Handhabung des einzelnen Stückes“⁵² oder „Monographieprinzip“ hatte Ostwald schon implizit seit 1889 bei der Herausgabe seiner „Klassiker der exakten Wissenschaften“ angewandt. Ostwalds utopisches Handbuch der Zukunft sollte als eine Form von Loseblatt-Sammlung „automatisch dauernd völlig modern“ bleiben.⁵³

Das Monographieprinzip selbst wurde auch in der Vorgeschichte der Brücke praktiziert, hatte doch der Schweizer Karl Bühler 1905 die „Internationale Monogesellschaft“ gegründet. Das Unternehmen veröffentlichte kleine Karten und Broschüren in standardisiertem Format. Diese „Monos“ waren den vielen „Reklamebildern“ (z. B. von den Firmen „Stollwerk“ oder „Liebig“) nachempfunden, die damals in Deutschland populär waren. Das „Mono-System“ war so geplant, dass die einzelnen Monos sich gegenseitig ergänzen und kombiniert eine schön gestaltete, umfassende Enzyklopädie ergeben sollten. Auch das Sammeln von Reklamemarken, von denen die Brücke sogar selbst welche herausgab (vgl. Abb. 2) und die auch im Rahmen einer Ausstellung präsentiert wurden, ermöglichte eine kombinatorische Darstellung und Erkundung der Welt, um den Sammler „spielend in das Leben der Gegenwart“ hineinzuführen.⁵⁴

⁵⁰ Alle Zitate Ostwald, Die chemische Literatur, S. 96.

⁵¹ A. a. O., S. 51.

⁵² A. a. O., S. 96.

⁵³ A. a. O., S. 93.

⁵⁴ Vgl. Adolf Saager, „Das Sammeln von Propagandamarken“, in: Das Plakat 1 (1913). S. 21–28, hier S. 28. Vgl. auch Charlotte Maier, „Werbung im Weltformat“, in: Charivari 18 (1992) 1/2, S. 71–74.



Abb. 2: Reklamemarke der Brücke

Zu b):

Die von Ostwald beobachtete und als förderungswürdig angesehene „technische“ Fragmentierung des Wissens verlangte als ihr Gegenstück vermehrt kombinatorisches Denken und ein einheitliches System der Ordnung des Wissens in Form einer Klassifikation. Die Brücke verwendete für letzteres die schon erwähnte Dezimalklassifikation, die Ostwald sowohl in seinem Buch „Pyramide der Wissenschaften“⁵⁵ als auch schon in seiner „Modernen Naturphilosophie“⁵⁶ behandelt hatte:

„Es ist hier der Ort, auf eine besondere Art der Ordnung der Begriffe hinzuweisen, welche in den letzten Jahren eine erhöhte Bedeutung erlangt hat und durch die allgemeine Beschaffenheit der dabei benutzten Hilfsmittel auch ein philosophisches Interesse beanspruchen darf. Es handelt sich um die praktische Frage, wie man eine unbegrenzt groß gedachte Bibliothek, eine Sammlung *sämtlicher Werke der Weltliteratur systematisch ordnen könne*.“⁵⁷

Die Belgier Paul Otlet und Henri La Fontaine versuchten seit 1895 mit der Gründung des „Institut Internationale de Bibliographie“ (IIB) sowie mithilfe der von ihnen entwickelten „Universellen Dezimalklassifikation“ (UDC), die gesamte Weltliteratur auf Karteikarten zu verzeichnen. Sie reagierten damit auf das immense Anwachsen der immer spezialisierter werdenden wissenschaftlichen Literatur in Form von Zeitschriftenaufsätzen. Die UDC war eine europäische Variante der Dezimalklassifikation, die 1876 von Melvil Dewey primär als Aufstellungssystematik in Bibliotheken entwickelt wurde. Sie beruht auf einer Einteilung aller Gebiete des menschlichen Wissens unter Verwendung der Ziffern des Dezimalsystems und von Sonderzeichen. Dieses System soll bis auf Leibniz zurückgehen⁵⁸ und wird noch heute weltweit verwendet. Die weitere Unterteilung der Wissensgebiete erfolgt wiederum durch zehn Ziffern. Durch den Doppelpunkt können mit der UDC mehrere Fachthemen miteinander kombiniert werden, z. B. bedeutet die Notation 622.33:338.974 „Wirtschaftskrisen im Kohlenbergbau“.

Auch wenn kein unmittelbarer Bezug zwischen der kombinatorischen Funktionalität der Dezimalklassifikation und Ostwald besteht, sind seine Gedanken zur Organisation der

⁵⁵ Ostwald, Die Pyramide, S. 76–82.

⁵⁶ Ostwald, Moderne Naturphilosophie, S. 293–297.

⁵⁷ A. a. O., S. 293.

⁵⁸ Dies wurde erst vor Kurzem dargestellt. Vgl. Stephan Waldhoff, „Von der rechten Administration des Wissenschatzes. Zu Leibniz' Entwürfen einer bibliographisch-bibliothekarischen Sachsystematik“, in: Karin Hartbecke (Hrsg.), Zwischen Fürstenwillkür und Menschheitswohl. Gottfried Wilhelm Leibniz als Bibliothekar, Frankfurt a. M. 2008, S. 159–241, hier S. 163 und S. 219.

wissenschaftlichen Arbeit und Berichterstattung doch durch ähnliche Ansätze charakterisiert. In einer Rezension zu einem Buch von Erich Müller mit dem Titel „Elektrochemisches Praktikum“ (Dresden 1913) wies Ostwald explizit auf derartige Zusammenhänge hin. Der konkreter Anlass dafür war die Tatsache, dass dieses Buch einer der wenigen Titel war, die selbst keine „Brücke“-Schriften waren, aber gemäß den Vorschlägen der „Brücke“ veröffentlicht wurden. Neben dem Weltformat war es ihm wichtig, besonders die „auf der dritten Deckelseite abgedruckte Weltregistratur“ zu erwähnen (vgl. Abb. 3).

a Gegenstand	b Gegenstand	ö Beziehung zu:	d Beziehung zu:	e Beziehung zu:
(Ort	< Zeit	(O Form d. Druckw.	= Sprache d. Druckw.	j alphab. Stichwort
k Name d. Künstlers. Datum d. Kunstw.	l Größe des Druckw.	Nr. des Druckw.	m Name des Verfassers	
n Herausgeber oder Quelle	o Name des Druckers	p Preis des Druckwerkes		
q Ort des Herausgebers	r Ort des Druckers	s Dat. d. Veröffentl. od. Jahrg. (Bd.), Heft (No.)		

Seite :

Abb. 3: Metadaten mit Beschreibung eines Buches im Brücke-Format⁵⁹

In seiner Besprechung stellte Ostwald relativ ausführlich die Bestrebungen und Ziele der Brücke dar.⁶⁰ Schon hier verwies er bei der Beschreibung des Monographieprinzips auf die Geschichte der Buchdruckerkunst und den wesentlichen Sprung durch Gutenbergs Erfindung der kombinierbaren Lettern.⁶¹

Die Rezensionen Ostwalds, die er im Rahmen seiner umfangreichen Tätigkeit als Referent wissenschaftlicher Arbeiten in den von ihm herausgegebenen Zeitschriften, wie z. B. der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ oder den „Annalen der Naturphilosophie“, geschrieben hatte, können ebenfalls als eine Reaktion auf die Fragmentierung des Wissens angesehen werden. Sie sind selbst kleine Wissensbausteine und in gewisser Hinsicht ein Ersatz für die originalen Werke. Solche Besprechungen kann man als „Vorgänger“ heutiger Weblogs ansehen, die ähnlich wie Ostwalds Referate interessante Informationsbruchstücke herauspicken, diese kommentieren und durch eigene Gedanken des Autors ergänzen.

3.2. Kombinatorik und Kreativität

Bei der Darstellung der Kombinatorik im „Grundriß der Naturphilosophie“ wird deutlich, dass man Ostwalds Methode auch als eine Möglichkeit des Generierens von neuem Wissen interpretieren kann. Ostwald schreibt selbst:

„So dient die kombinatorische Schematisierung nicht allein dazu, den vorhandenen Bestand der Wissenschaft in solcher Ordnung unterzubringen, daß jedes einzelne Ding seinen angewiesenen Platz hat, sondern die hierbei gefundenen leeren Gruppen, denen noch kein Ding der Erfahrung entspricht, weisen auf die Stellen hin, an denen die Wissenschaft vervollständigt werden kann.“⁶²

⁵⁹ Aus Karl Wilhelm Bührer und Adolf Saager, Die Welt-Registratur. Das Melvil-Deweysche Dezimal-System, München 1912, S. 10.

⁶⁰ Wilhelm Ostwald, „Elektrochemisches Praktikum von Dr. Erich Müller“, in: Zeitschrift für physikalische Chemie 83 (1913), S. 374–377.

⁶¹ A. a. O., S. 376. Vgl. Anm. 45.

⁶² Ostwald, Grundriß, S. 82.

Auch Leibniz' Aktivitäten zur Erstellung einer Wissenschaftsklassifikation enthielten auch eine heuristische Komponente. Systematisierung vorhandenen Wissens führte immer auch zur Entdeckung neuen Wissens.⁶³

Für Ostwald war es ein wichtiger Teil jedes Studiums, das Forschen zu lernen. Die „Technik des Erfindens“ oder die Kunst der Entdeckung sollte, „wie Lesen und Schreiben“, Teil des „geistigen Hausinventars“ von jedem werden.⁶⁴ Bis zum Ende seines Lebens publizierte er daher Arbeiten zur systematischen Entwicklung und Förderung des Erfindens. Kreativität umfasste für ihn, wie schon im Eingangszitat dieses Beitrages deutlich wurde, nicht nur „schaffende Phantasie“, sondern auch „Kombinatorik“, d. h., dass für ihn Einfälle und neue Entdeckungen oft nur „eine neuartige Zusammenstellung vorhandener Bestandteile“ darstellten.⁶⁵ Um Neues zu schaffen, müssen aber auch neue Tatsachen mit den unterschiedlichsten vorhandenen Gegebenheiten kombiniert werden. „Was die Phantasie, die Schöpfung aus dem Inneren leistet, beschränkt sich auch bei dem genialsten Einfall auf eine neuartige Zusammenstellung vorhandener Bestandteile.“⁶⁶

In neuerer Zeit hat Christoph Hubig auf die Bedeutung kombinatorischer Heuristik im Rahmen der Kreativität hingewiesen und unterschied dabei fünf Schritte:

- 1) Erschließung eines Katalogs von Funktionen und Elementen ihrer Erfüllung,
- 2) Analyse der möglichen Relationen zwischen diesen,
- 3) Analyse des Problems im Horizont des Lösungskatalogs,
- 4) Auflistung möglicher Kombinationen zur Problemfindung,
- 5) Auswahl und Test der optimalen Kombination sowie Variantenbildung.⁶⁷

Forschungen im Bereich der modernen „Psychology of Science“ nehmen übrigens wie Ostwald eine kombinatorische Komponente kreativen Verhaltens an. So schrieb der amerikanische Psychologe Dean Keith Simonton: „Scientific creativity constitutes a form of constrained stochastic behavior. That is, it can be accurately modeled as a quasi-random combinatorial process.“⁶⁸ Simontons „stochastisches Modell“ ähnelt Hubigs Darstellung. Mit seinem Modell erklärt er das Auftreten von parallelen Entdeckungen in der Wissenschaft.⁶⁹ Die erste Stufe des Modells enthält die Menge der Ideen (Fakten, Begriffe, Techniken, Heuristiken, Thesen, Fragen usw.) in einem bestimmten Fachgebiet, von denen jedes Individuum, z. B. jeder Wissenschaftler oder Erfinder, sich eine ihm spezifische Teilmenge aneignet. In der zweiten Phase werden diese angeeigneten Ideen mit dem Ziel frei kombiniert, originelle und nützliche Permutationen zu finden, wobei viele dieser Versuche kein Ergebnis bringen und aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit nur wenige wirklich kreativ und sinnvoll sind. Diese wenigen Kombinationen werden dann von ihren Urhebern publiziert,

⁶³ Vgl. auch Andreas Rötzer, Die Einteilung der Wissenschaften. Analyse und Typologisierung von Wissenschaftsklassifikationen, Univ. Diss., Passau 2003, S. 126. Online: <http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=980197058> (letzter Zugriff 10.7.2010). Siehe auch Abschnitt 1 dieses Beitrages.

⁶⁴ Vgl. Wilhelm Ostwald, „Die Technik des Erfindens“, in: ders., Die Forderung des Tages, Leipzig 1910, S. 155–161, hier S. 160.

⁶⁵ Vgl. Anm. 2.

⁶⁶ Ostwald, Kombinatorik, S. 29.

⁶⁷ Christoph Hubig, „Das Neue schaffen. Zur Ideengeschichte der Kreativität“, in Klaus: Kornwachs (Hrsg.), Bedingungen und Triebkräfte technologischer Innovationen. Beiträge der gemeinsamen Workshops von acatech und der Stiftung Brandenburger Tor in den Jahren 2006 und 2007, Stuttgart 2007, S. 293–306, hier S. 297. Online: <http://www.acatech.de/de/publikationen.html> (letzter Zugriff 10.7.2010).

⁶⁸ Dean Keith Simonton, „Scientific creativity as constrained stochastic behavior. The integration of product, person, and process perspectives“, in: Psychological Bulletin 129 (2003), S. 475–494, hier S. 475.

⁶⁹ Vgl. ders., „Exceptional creativity and chance. Creative thought as a stochastic combinatorial process“, in: Larisa V. Shavinina, und Michael Ferravi (Hrsg.), Beyond knowledge. Extracognitive concepts of developing high ability, Mahwah (New Jersey) 2004, S. 41–72, hier S. 42 f.

wobei zufällig auch zwei oder mehr Individuen die gleiche oder ähnliche Kombination der Ideen finden können.

Auch in der Forschung zur künstlichen Intelligenz sind solche Kreativitätsmodelle entwickelt worden. So beschrieb Margaret A. Boden eine Variante der Kreativität: „Here, the novel idea consists of an unusual combination of, or association between, familiar ideas [...] Association and analogy are examples of combinatorial creativity.“⁷⁰ Und schließlich findet man Ostwalds Auffassung von Kombinatorik als Komponente der Kreativität auch in modernen Ideen eines alternativen Umgangs mit dem Urheberrecht im Rahmen des weltweiten Datennetzes wieder.⁷¹

3.3. Kombinatorik in der Theorie der Farben und Formen

Ein letztes anschauliches Beispiel für Ostwalds kombinatorische Methodik bieten seine Aktivitäten zur Farben- und Formenlehre. 1914 wurde Ostwald vom „Deutschen Werkbund“, dessen Ziel auch eine Normierung technischen Designs war, beauftragt, einen rationalen Farbenatlas zu erarbeiten. Ostwald war 1912 in den Werkbund eingetreten. Er publizierte 1914 im Jahrbuch des Werkbundes einen Beitrag über „Normen“, in dem er auf die Notwendigkeit hinwies, Kunst als „soziales Produkt“ zu standardisieren.⁷²

Nach der Ostwaldschen Methodik musste zur Darstellung der Farbenlehre diese zuerst in die „Pyramide der Wissenschaften“ eingeordnet werden:

„Um zu ermitteln, welcher von den eben beschriebenen großen Gruppen [der Pyramide der Wissenschaften, T.H.] die Farbenlehre angehört, haben wir stufenweise uns zu fragen, wieweit Begriffe der aufeinanderfolgenden Wissenschaften in der Farbenlehre zur Anwendung kommen. [...] Auch muß die Physiologie als eine Vorwissenschaft der Farbenlehre in Anspruch genommen werden, da die Tatsache des Farbenerlebnisses von der physiologischen Beschaffenheit der entsprechenden Sinnesorgane entscheidend bestimmt wird.“⁷³

Im nächsten Schritt wurde die Farbenlehre auf allen Ebenen der Pyramide behandelt, die unter ihrer eigenen liegen:

„Als erste ordnungsmäßige Anwendung der bisherigen Betrachtungen ist die Benutzung der Wissenschaftspyramide zur Unterteilung der Gesamtfarbenlehre in ihre Sonderkapitel anzusehen. [...] Dieses ergibt für die Farbenlehre die Einteilung in folgende fünf Kapitel: 1. die mathetische, 2. die physikalische, 3. die chemische, 4. die physiologische und 5. die psychologische Farbenlehre. [...] Es ergibt sich mit anderen Worten auf logischem Wege jene pädagogisch-methodische Anordnung, welche zum Verständnis und erfolgreichen Betrieb jeder Disziplin erforderlich ist.“⁷⁴

Im ersten Band seiner Farbenlehre, der „mathetischen Farbenlehre“, wies Ostwald explizit auf seine „Moderne Naturphilosophie“ von 1914 hin und schrieb: „Ich darf wohl sagen, daß ich ohne jene vorbereitende Arbeit die vorliegende nicht, oder doch nicht so bald hätte durchführen können.“⁷⁵ Damit stellte quasi die Farbenlehre eine praktische „Erprobung“ und Anwendung seiner wissenschaftstheoretischen Grundsätze dar.

⁷⁰ Margaret A. Boden, „Computer models of creativity“, in: Robert J. Sternberg, (Hrsg.), Handbook of creativity, Cambridge ¹¹2008 [EA 1999], S. 351–372, hier S. 352 und 354.

⁷¹ Vgl. den Slogan der Organisation „Creative Commons“: „Share, Remix, Reuse – Legally“, online: <http://creativecommons.org/> (letzter Zugriff 10.7.2010). Mehr dazu bei Hapke, Wilhelm Ostwalds pädagogische Aktivitäten, S. 82–83.

⁷² Vgl. Wilhelm Ostwald, „Normen“, in: Jahrbuch des Deutschen Werkbundes 3 (1914), S. 77–86.

⁷³ Ders., „Beiträge zur Farbenlehre. Erstes bis fünftes Stück“, in: Abhandlungen der Mathematisch-Physischen Klasse der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 34 (1917), S. 365–571, hier S. 373.

⁷⁴ A. a. O., S. 375

⁷⁵ Ders., Mathetische Farbenlehre. Der Farbenlehre Erstes Buch, Leipzig ²1924, hier S. VII.

Am Anfang der Farbenlehre stand die Suche nach den elementaren Elementen der Theorie, hier nach den grundlegenden Farben. Ostwald unterschied zunächst „unbunte“ (Weiß, Leichtgrau, Hellgrau, helles Mittelgrau, dunkles Mittelgrau, Schwarzgrau, Schwarz, Tiefschwarz, gekennzeichnet mit den Buchstaben a, c, e, g, i, l, n, p; vgl. Abb. 4) und bunte Farben mit acht Hauptfarben. Diese Farben ohne „unbunten“ Farbanteil werden von Ostwald auch „Vollfarben“ genannt: „Alle wirklich vorkommenden Farben enthalten neben der Vollfarbe noch einen unbunten Anteil, nämlich Weiß und Schwarz“.⁷⁶ Die acht Vollfarben wurden von Ostwald im sogenannten „Farbenkreis“ angeordnet, der noch zum 24-teiligen Farbtonkreis erweitert wurde. Nach Ostwald wurde die weitere Vielfalt der Farben durch Kombination der 24 Farbtöne mit unterschiedlichen Anteilen von Weiß und Schwarz erzeugt. Im sogenannten Farbkegel stehen sich Farbe und Gegenfarbe gegenüber. Mit jeweiligen Weiß- und Schwarzanteilen bilden diese die Ecken eines Dreieckes. Ostwald verwendete hier also eine Form von Kombinatorik, um die Vielfalt der Farben darzustellen und damit zu erklären, wie die folgenden Abbildungen 4 und 5 demonstrieren.⁷⁷

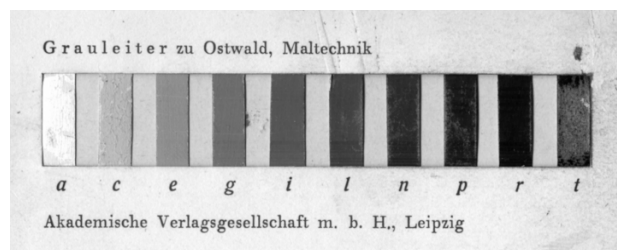


Abb. 4: Grauleiter⁷⁸

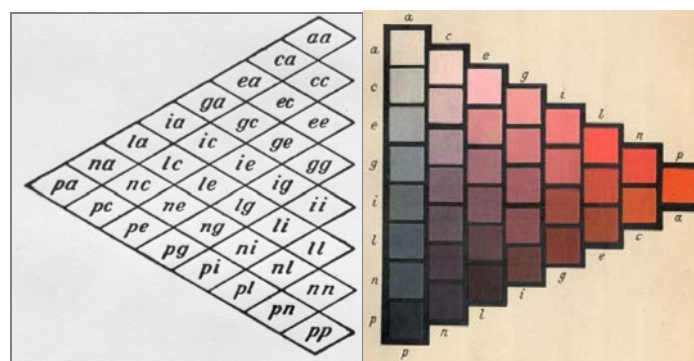


Abb. 5: Kombinatorik der Farben im farbtongleichen Dreieck⁷⁹

Wie Luther anmerkte, war Ostwalds Farbenlehre vor allem für die gewerbliche Praxis bestimmt:⁸⁰

⁷⁶ Ders., Die Farbenfibel, Leipzig ¹⁴1930, hier S. 12.

⁷⁷ Für mehr zu Ostwalds Farbenlehre vgl. ders., Einführung in die Farbenlehre, Leipzig ²1919; Albrecht Pohlmann, „Wilhelm Ostwald. Farbe im Konflikt zwischen Kunst und Wissenschaft“, in: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen 7 (2002) 2, S. 39–53; Sally Schöne, „Vergeude keine Energie“. Die Farbenlehre von Wilhelm Ostwald“, in: archithese 33 (2003) 5, S. 32–35 sowie die Beiträge des Themenheftes „Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds“, in: Phänomen Farbe 23 (2003).

⁷⁸ Wilhelm Ostwald, Die Maltechnik. Jetzt und künftig, Leipzig 1930. Beilage. „r“ und „t“ sind schwarze Farbtöne, die technisch nur sehr selten erreicht werden können, vgl. a. a. O., S. 101.

⁷⁹ Aus a. a. O., S. 107 und ders., Farbenfibel, S. 31. Angegeben sind die unterschiedlichen Kombinationen der Grauwerte, die dem eigentlichen Farbton beigefügt werden. Rechte Seite aus ders., Maltechnik, Tafel 2.

⁸⁰ Hinweis in der Diskussion von Jan-Peter Domschke bei der Leipziger Konferenz 2008.

„Man wird nicht vergessen, daß für Ostwald sein System der Farben nur ein Mittel zum Zweck war: es sollte zunächst nur – im Sinne seiner energetischen Sparsamkeitsforderung – den Weg zeigen, auf dem mit dem Mindestaufwand an Malmitteln der Höchstbetrag an erzielbarer Wirkung zu erreichen ist. Dann aber brauchte er ein System der Farben, um durch erschöpfende Kombinatorik – ähnlich wie Oettingen seinerzeit in der Musik – ein System der Harmonie der Farben aufzubauen.“⁸¹

Insbesondere auf die Messung von Farben kam es hier an. Für Ostwald war das Gelingen seiner Farbenlehre auch ein Beweis für die These, dass sich Kreativität planen lasse:

„Ich hatte mir selbst bewiesen, daß man wirklich das Entdecken organisieren kann. Das bedeutet einen großen Sieg meines führenden Grundgedankens: daß der Wissenschaft alles zugänglich ist, und daß man daher das Entdecken ebenso lehren und lernen kann wie das Radeln.“⁸²

Pohlmann sieht gar den Ursprung von Ostwalds Ordnung der Farbtöne in der Faszination, die die chemische Kombinatorik auf Ostwald ausgeübt hatte.⁸³

Im Zusammenhang mit seiner Theorie der Farben entwickelte Ostwald auch eine „Harmonie der Formen“.⁸⁴ „[N]ach den Gesetzen der Kombinatorik“ schuf er Ornamente und neue Formen: „Sie waren alle schön, ohne Ausnahme“!⁸⁵ Während seine Farbenlehre relativ weit rezipiert wurde, ist die Formenlehre relativ unbekannt. In einem auch in englischer und französischer Sprache publizierten Buch mit dem Titel „Die Formen der Farben“ hat jedoch Karl Gerstner Ostwalds Formentheorie sogar ein ganzes Kapitel gewidmet: „Die Harmonie der Formen: ein (fast vergessenes) Formsystem von Wilhelm Ostwald“. Gerstner schrieb über die Formenlehre:

„Sie entstand spät, 1922 in Ergänzung zur Farbenlehre; hat aber im Unterschied zu dieser die Zeit unbeschadet überstanden. [...] Wie ein paar Jahre später Kandinsky, geht auch Ostwald von den euklidischen Elementen aus: von Punkt, Linie, Fläche. Aber anders als Kandinsky entwickelt er seine Theorie nicht aufgrund metaphysischer Spekulationen, sondern rational, systematisch. Von den Elementen ausgehend, kommt er über stets komplexere Operationen Schritt für Schritt zu Resultaten von wertfreier, allgemeiner Gültigkeit; Programmierung vor dem Computer.“⁸⁶

Für Ostwald war die Lehre vom Ornament ein Beispiel für die Wirksamkeit des Verfahrens der Kombinatorik.

„Die Künstler aller Zeiten und Völker (ich habe eine ganze Anzahl Ornamentsammlungen darauf durchgearbeitet) hatten mittels ihrer schaffenden Fantasie nicht gestalten können, was eine einfache Anwendung des wissenschaftlichen Verfahrens, d. h. der Kombination, ohne jeden Aufwand künstlerischer Begabung ergab. Hier ist also das Erfinden organisiert und das primitive Hilfsmittel der künstlerischen Inspiration und Intuition weit übertroffen durch das wissenschaftliche der Kombinatorik.“⁸⁷

Auch bei den Formen wurden von Ostwald also zuerst die grundlegenden Elemente und Operationen bestimmt. So gilt z. B. für die Linien: „Schiebung, Drehung und Spiegelung sind

⁸¹ Luther, Nachruf, S. 70.

⁸² Ostwald, Lebenslinien, S. 560.

⁸³ Vgl. Albrecht Pohlmann, „Kunst als Ingenieurwissenschaft? Der technische Ansatz von Wilhelm Ostwalds Farbenlehre“, in: Phänomen Farbe 23 (2003), S. 36–40, hier S. 38

⁸⁴ Wilhelm Ostwald, Die Harmonie der Formen, Leipzig 1922 und ders., „Die Harmonie der Form“, in: Die Farbe 9 (1921) 200, Abt. VII, S. 85/25–108/48.

⁸⁵ Ders., „Warum sind Kristalle schön?“, in: Hamburger Fremdenblatt 94 (1922) 150.

⁸⁶ Karl Gerstner, Die Formen der Farben. Über die Wechselwirkung der visuellen Elemente, Frankfurt a. M. 1986, S. 76. Vgl. auch Erhard Quaisser, „Erzeugung von Mustern nach Wilhelm Ostwald“, in: Mathematik lehren (1991) 46, S. 12–16.

⁸⁷ Ostwald, Lehre vom Erfinden, S. 168.

die drei Maßnahmen, durch welche wir gesetzlich bewegte Linien erzeugen [...] Wir werden später sehen, daß Ähnliches für alle gesetzlichen Formen im Raume gilt.⁸⁸ Bei der Untersuchung der „Gesetzlichkeit der Formen oder Gestalten in der Ebene“ unterschied er unbegrenzte und begrenzte Flächen. Um z. B. eine Fläche netzartig, d. h. systematisch und „harmonisch“ auszufüllen, ging Ostwald von für ihn eindeutig bestimmten Elementen aus: „Bekanntlich sind das regelmäßige Dreieck, Viereck und Sechseck die einzigen regelmäßigen Vielecke, mit denen man die Ebene durch Nebeneinanderlegen restlos ausfüllen kann.“⁸⁹ Durch symmetrische Operationen an Knotenlinien im Dreiecksnetz wurden dann systematisch weitere Ornamente erzeugt. Dies lässt sich heutzutage mühelos mit dem Computer erstellen.⁹⁰

„Indem man unter Wahrung der zugehörigen Symmetriegesetze wohlgeordnete Linien zwischen den Netzpunkten zieht, erhält man eine gewaltige Fülle schönster Flächenmuster, von denen nur ein kleiner Teil durch die bisherige Schmuckkunst entdeckt worden war; die wissenschaftliche Bearbeitung öffnet uns den ganzen Schatz.“⁹¹

In seinem unvollendet gebliebenen Mappenwerk „Die Welt der Formen“ hat Ostwald dieses Vorhaben dann systematisch durchgeführt (vgl. Abb. 6 und 7).

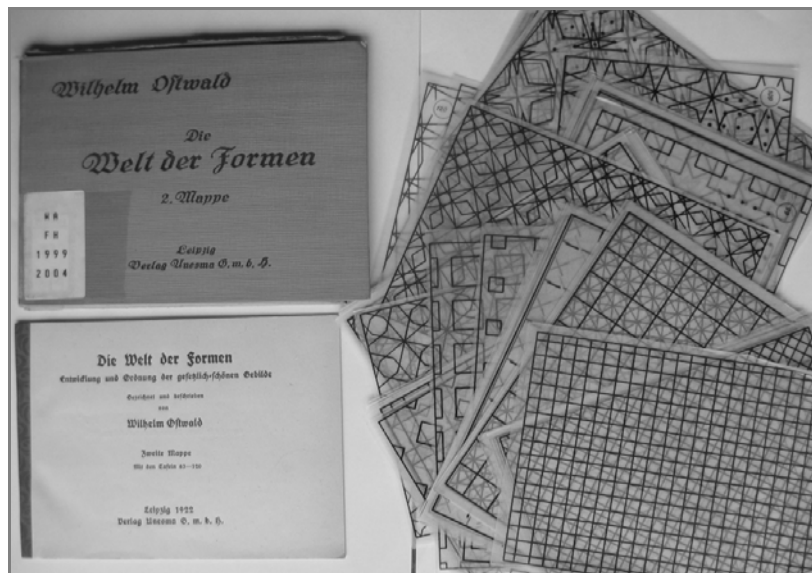


Abb. 6: Die Welt der Formen

⁸⁸ Ders., Harmonie der Formen, S. 22.

⁸⁹ Ders., Die Welt der Formen. Entwicklung und Ordnung der gesetzlich schönen Gebilde. Erste bis dritte Mappe, Leipzig 1922–1923. Hier erste Mappe, Begleitheft S. 4.

⁹⁰ Vgl. Jürgen Flachsmeyer, Uwe Feiste und Karl Manteuffel, Mathematik und ornamentale Kunstformen. Frankfurt a. M. 1990, S. 137.

⁹¹ Wilhelm Ostwald, „Schöne Formen“, in: Frohes Schaffen. Das Jahrbuch der deutschen Jugend der Ostmark 5 (1928), S. 431–440, hier S. 436.

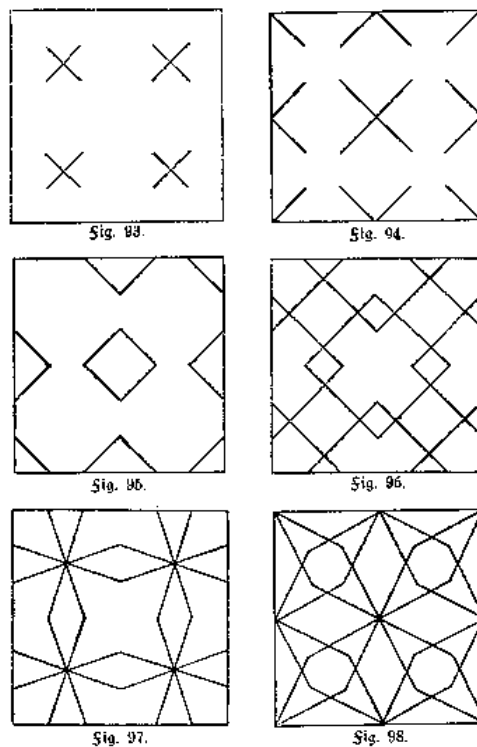


Abb. 7: Kombinatorik der Formen⁹²

In einer biographischen Selbstdarstellung stellte Ostwald die Frage: „Gilt auch für die Formenwelt die Gleichung: Gesetzlichkeit = Harmonie?“ Die Gleichung bezeichnete er auch als Goethesches Gesetz.⁹³ Er antwortete:

„Die Antwort ist wieder auf dem Wege der Erfahrung, des Versuches zu finden, nachdem die Mannigfaltigkeiten des Gebietes durch eine vorausgegangene ordnungswissenschaftliche Untersuchung aufgeklärt sind. Ich stellte mir also die Frage: welche Arten gesetzlicher Formen sind möglich? Gesetzlichkeit ist hier Wiederholung; die Frage kann also übersetzt werden in: welche Arten der Wiederholung eines gegebenen Formelementes sind möglich? Die Untersuchung ergab drei Grundoperationen: Schiebung, Drehung und Spiegelung. Durch erschöpfende Kombinationen dieser gewinnt man eine vollständige Übersicht, wie man aus einem beliebigen Formelement gesetzliche Gebilde ableiten kann. Man erhält eine ungeheure Anzahl von Einzelfällen. Aber nicht das Chaos. Die Ordnungswissenschaft arbeitet wie eine moderne Erntemaschine: jeder Halm wird säuberlich abschnitten, mit seinem Nachbar zu Bündeln, diese zu Garben vereinigt und die Garben werden regelmäßig aufgestellt, so daß die Unendlichkeit der denkbaren Fälle doch vollkommen übersichtlich und überall zugänglich ist.“⁹⁴

Am Schluss seines Buches zu den Formen erwähnte Ostwald auch Körperformen, die er als Aufgabe für die Zukunft bezeichnete.⁹⁵ Die Frage der Kristallformen im Raum war aber schon 1891 durch den russischen Kristallografen E. S. Fedorov geklärt worden, der 17 Symmetriegruppen ableitete. Zeitlich parallel zu Ostwald konnte Georg Pólya die Gültigkeit dieser sogenannten kristallografischen Gruppen auch für die Ebene beschreiben.⁹⁶ „Ostwalds

⁹² Ostwald, Harmonie der Formen, S. 93.

⁹³ Vgl. a. a. O., S. 8.

⁹⁴ Ders., „Wilhelm Ostwald“, in: Raymond Schmidt (Hrsg.), Die Philosophie der Gegenwart in Selbstdarstellungen, Bd. 4, Leipzig 1923, S. 127–161, hier S. 159.

⁹⁵ Vgl. ders., Harmonie der Formen, S. 116.

⁹⁶ Vgl. Georg Pólya, „Über die Analogie der Kristallsymmetrie in der Ebene“, in: Zeitschrift für Kristallographie 60 (1924), S. 278–282.

Erzeugungsverfahren kann demnach nur vier von den siebzehn möglichen Symmetriegruppen von raumschlüssigen ebenen Mustern hervorbringen.⁹⁷ Ostwald hat Polyas Arbeit anscheinend nicht wahrgenommen.

Ostwalds Aktivitäten im Rahmen der Farben- und Formenlehre versuchten die Grenzen von Wissenschaft und Kunst zu überschreiten, wobei Ostwalds Ausgangspunkt ganz klar die Wissenschaft war und er die Kunst im Sinne seiner szientistischen Philosophie wissenschaftlich fundieren wollte. Oft wies Ostwald auf die Analogie zu Tönen hin.⁹⁸ Ostwalds Diktum „Ordnung = Gesetzlichkeit = Harmonie“ und seine Farbentheorie beeinflussten neben dem „Werkbund“ auch das „Bauhaus“ und die niederländische Kunstbewegung „De Stijl“.

Im ersten Jahrgang der Zeitschrift der Bewegung „De Stijl“ erschien eine Besprechung von Ostwalds Farbenfibel, zwei Jahre später sein Aufsatz „Die Harmonie der Farben“.⁹⁹ Er fand mit seiner Farben- und Formenlehre sowohl Anerkennung (Piet Mondrian von „De Stijl“, Max Bill¹⁰⁰) als auch massiven Widerspruch, im ungünstigsten Fall wurden seine Ideen ignoriert und vergessen.

Ein Beispiel für den Einfluss von Ostwalds energetischen Theorien scheint der Maler Paul Klee gewesen zu sein. Ostwalds Konzept einer „psychischen Energie“ hat wohl Klees künstlerische Entwicklung beeinflusst. Seine Illustrationen zu Voltaires „Candide“ geben davon ein Beispiel:

„Klee would therefore have been attracted to Ostwald's theory of energetics because it seemed to offer experimentally grounded proof of the fundamental principle of a German nature philosophy – that a common creative energy is inherent in all forms of art and nature. In giving visual form to this intangible concept of energy, Klee developed a graphic language that effectively communicates the meaning of Voltaire's Candide.“¹⁰¹

In den Zwanziger Jahren bekam Ostwald Kontakt zu Mitgliedern des Bauhauses, u. a. zu Walter Gropius. 1927 hielt er Vorträge in Dessau und wurde eingeladen, dem „Kuratorium der Freunde des Bauhauses“ beizutreten.¹⁰² Trotzdem standen die Mitglieder des Bauhauses seinen Ideen teilweise auch sehr reserviert gegenüber.

Eine interessante Verbindung zwischen Kunst, Kombinatorik, Ordnung bzw. Normung und dem Buch mit Beziehung zu Wilhelm Ostwald stellten auch die Arbeiten des Typographen Jan Tschichold dar, der in seiner „Neuen Typographie“ ganz im Sinne des Bauhauses „reine Formen“ und Klarheit forderte und in dieser Schrift auch Wilhelm Ostwald und die Brücke

⁹⁷ Jürgen Flachsmeyer, „Geometrische Aspekte der Formenlehre Wilhelm Ostwalds“, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 38 (1989) 4, S. 25–30, hier S. 30. Flachsmeyer erwähnte, dass weitere nicht veröffentlichte Mappen der „Welt der Formen“ in der Ostwald-Gedenkstätte in Großbothen vorhanden seien. Vgl. zur Symmetrie der 17 ebenen Kristallgruppen auch Ehrhard Behrends, „Escher über die Schulter gesehen. Eine Einladung“, in: ders., Peter Gritzmann und Günter M. Ziegler (Hrsg.), π und Co. Kaleidoskop der Mathematik, Berlin 2008, S. 320–341.

⁹⁸ So z.B. in Wilhelm Ostwald, „Farbnormen und Farbharmonien“, in: Ann. Nphil. 14 (1919), S. 1–21, hier S. 3 und S. 19.

⁹⁹ Vgl. V. Huszar, „Iets over Die Farbenfibel van W. Ostwald“, in: De Stijl 1 (1918) 10, S. 113–118 sowie Wilhelm Ostwald, „Die Harmonie der Farben“, in: De Stijl 3 (1920) 7, S. 60–62.

¹⁰⁰ Max Bill erwähnte Ostwalds Formentheorie im Nachwort zu Wassily Kandinsky, Punkt und Linie zu Fläche. Beitrag zur Analyse der malerischen Elemente, Bern-Bümpliz 1973. Auf S. 210 heißt es dort: „Es mag deshalb empfohlen sein, ergänzend [...] noch andere Schriften zur Gestaltungstheorie zu studieren, vor allem eine Schrift von Wilhelm Ostwald, dem genialen Physiker: ‚Die Harmonie der Formen‘ (Leipzig 1922), die einen interessanten ersten Versuch einer elementaren Formlehre darstellt.“

¹⁰¹ K. Porter Aichele, „Paul Klee and the energetics-atomistics controversy“, in: Leonardo 26 (1993), S. 309–315, hier S. 314.

¹⁰² Vgl. Philip Ball, „Ostwald und das Bauhaus. Farbtheorien in Wissenschaft und Kunst“, in: Angewandte Chemie 116 (2004), S. 4948–4955, hier S. 4952.

erwähnte: „Die Schriften der ‚Brücke‘ zählen jedenfalls zu den interessantesten auf diesem Gebiet [der Organisation geistiger Arbeit]“.¹⁰³

Nach Root-Bernstein war Ostwald sogar durch die Kunst zur Chemie gekommen: Ostwald „was first attracted to chemistry through the fabrication of his own oil paints, pastels, and fireworks and later contributed fundamental insights into the ways in which ions contribute color to solutions ...“¹⁰⁴. Für Ostwald ist Kunst im weitesten Sinne „jedes Können [...] bis zur Kunst des Lesens und Schreibens.“ Sie ist die Kunst, „künstlich willkommene Gefühle hervorzurufen.“¹⁰⁵ Pohlmann wies anhand eines Zitates aus Ostwalds Buch „Die Maltechnik jetzt und künftig“ von 1930 auf einen interessanten Zusammenhang zu einer Beobachtung Walter Benjamins hin.¹⁰⁶ Nach Ostwald führe die „Vervielfältigungskunst“ dazu, dass das eigentliche Produkt des Künstlers im 20. Jahrhundert den Charakter einer Vorlage für die jeweilige Reproduktionstechnik habe.

4. Zusammenfassung: Einordnung und Relevanz

Die folgende Tabelle fasst die in diesem Beitrag beschriebenen Anwendungsgebiete von Ostwalds Kombinatorik zusammen. Nach der Bestimmung des zu behandelnden Themas wurde zunächst versucht, grundlegende Komponenten und Konzepte zu bestimmen, die dann kombinatorisch miteinander in Beziehung gesetzt wurden, um Vorhandenes zu erklären und Neues zu finden. Der theoretische, ganzheitliche Rahmen für diese kombinatorischen Operationen hielt den Prozess beieinander, z. B. um nicht-sinnvolle Kombinationen zu vermeiden. Letzteres ging natürlich auf Kosten der Offenheit des Prozesses.

1 Behandeltes Problem bzw. Fachgebiet	System der Wissenschaften	Chemie	Informationsorganisation	Farbentheorie	Theorie der Formen
2 Grundlegende Komponenten	Wissenschaften, Wissenschaft der Ordnung	Chemische Elemente	Fragmentierung einzelner Gedanken	Grundfarben, Weiss und Schwarz	Dreieck, Quadrat, Sechseck
3 Kombinatorik	innerhalb einer Pyramide	im Rahmen des Periodischen Systems	innerhalb einer Klassifikation	angeordnet im Doppelkegel	Parkettierung durch symmetrische Grundoperationen
4 Ganzheitlicher Theorie-Rahmen	Energetischer Imperativ, Monismus	Physikalische Chemie als Allgemeine Chemie	Zentralorgan, Gehirn der Welt, Normierung	Harmonie der Farben	Harmonie der Formen

Tab. 1: Themen des kombinatorischen Prozesses bei Ostwald

Ostwalds Kombinatorik kann vor dem Hintergrund eines modernen wissenschaftlichen Pluralismus als historischer Versuch gelesen werden, mit der Vielfalt der Wissenschaften umzugehen. Sie kann als Teil der „Wissenschaftlichkeitsgeschichte“¹⁰⁷ den Blick auf die

¹⁰³ Jan Tschichold, Die neue Typographie Ein Handbuch für zeitgemäss Schaffende, ²1987. Faks.-Nachdr. [EA 1928], S. 100, siehe auch S. 235.

¹⁰⁴ Robert Root-Bernstein, „Sensual chemistry. Aesthetics as a motivation for research“, in: Hyle 9 (2003) 1, S. 33–50, hier S. 41. Vgl. Zu Ostwalds Verhältnis zur Kunst auch Uwe Niedersen, „Ästhetik und Zeit. Wilhelm Ostwald über Kunst“, in: ders. und Frank Schweitzer (Hrsg.), Ästhetik und Selbstorganisation (= Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial-, und Geisteswissenschaften, Bd. 4), Berlin 2003, S. 251–270; Robert Root-Bernstein, „Wilhelm Ostwald and the science of art“, in: Leonardo 39 (2006), S. 418–419.

¹⁰⁵ Wilhelm Ostwald, „Kunst und Wissenschaft“, in: ders., Die Forderung des Tages, Leipzig 1910, S. 345–367, hier S. 356.

¹⁰⁶ Pohlmann, Farbe im Konflikt, S. 52 und ders., Kunst als Ingenieurwissenschaft, S. 39.

¹⁰⁷ Vgl. Ziche, Wissenschaftslandschaften um 1900, vor allem S. 312 ff.

Notwendigkeit der Interdisziplinarität in der aktuellen Forschung lenken. Im Vorwort zu „Die Pyramide der Wissenschaften“ heißt es in diesem Sinne:

„Als einen bescheidenen Beitrag zu der lange vernachlässigten Aufgabe, den gesamten Zusammenhang aller Wissenschaften zu erforschen und darzustellen, bietet der Verfasser das vorliegende Bändchen allen denen dar, die bei der Tagesarbeit in Technik und Wissenschaft sich das Bedürfnis bewahrt haben, ihr geistiges Auge dadurch aufzufrischen, daß sie die erzwungene Nahstellung gelegentlich mit einer recht ausgedehnten Weitstellung vertauschen.“¹⁰⁸

Im vorliegenden Beitrag wurde dagegen die Nutzung von Kombinatorik als Methode des wissenschaftlichen Arbeitens bei Wilhelm Ostwald beschrieben. Mit ihr steht Ostwald auch in der Tradition von Lullus und Leibniz, deren kombinatorischer Ansatz später durch die Erzählungen von Lasswitz und Borges auf die Spitze getrieben wurde. Angesichts „Neuer Wissensordnungen“ scheint dies auch heute noch von Interesse zu sein. So schreibt Olaf Breidbach in seinem diesem Thema gewidmeten Buch:

„Es galt nun, ein Verfahren zu finden, das es erlaubt, die relevanten Einzelheiten, die zur Beantwortung einer Frage dienlich sein könnten, durch eine raffinierte Systematisierung der Zuordnungsverhältnisse so zusammenzustellen, daß eine möglichst eindeutige Antwort zustande kommen konnte. Moderne Suchsysteme funktionieren nicht anders. [...] Gesucht wird dabei nach etwas Bekanntem, auf das etwas Neues zu beziehen ist. [...] Das Theater des Wissens, das Giulio Camillo vor 1600 als komplexes Assoziationsgefüge skizzierte, ist eine der frühen, auch operativ strukturierenden Umsetzungen dieses Gedankens einer umfassenden Vernetzung von Begriffszuordnungen und deren Kommunikation.“¹⁰⁹

Nichts anderes versuchte Ostwald. Seine Ideen zur Organisation der wissenschaftlichen Arbeit endeten in dem von Gerhard Vowe beschriebenen letzten Entwicklungsstadium des Enzyklopädismus:

„Von der Vorstellung, das Wissen für alle Zeiten in einem Band aufheben zu können, geht die Entwicklung über die arbeitsteilige und flexible Konzeption von ständig überarbeiteten Enzyklopädiën mit angeschlossenen Zeitschriften und Institutionen bis zu einer Fortführung des enzyklopädischen Gedankens, die eine Assoziation zu den materiellen Produkten des Enzyklopädismus weitgehend abgestreift hat und nur noch an seinen Funktionen anknüpft.“¹¹⁰

Die von Ostwald immer wieder verwendeten Metaphern der „Brücke“¹¹¹ und des „Netzes“ waren Teil seiner wissenschaftsorganisatorischen Aktivitäten, die auch zwischen den Wissenschaften Brücken bauen sollten. Die von ihm bearbeitete Problematik der Entstehung von Neuem findet sich in aktuellen wissenschaftshistorischen Diskussionen um die Möglichkeit und Ermöglichung von Innovation in den Wissenschaften wieder.¹¹² Ostwalds Antwort, dass sich die Entstehung von Neuem auch durch die Kombinatorik bekannter Erkenntnisse vollzieht, kann auch als Teil der Geschichte der historischen Epistemologie¹¹³ angesehen werden.

¹⁰⁸ Ostwald, Pyramide, S. 7.

¹⁰⁹ Vgl. Olaf Breidbach, Neue Wissensordnungen. Wie aus Informationen und Nachrichten kulturelles Wissen entsteht, Frankfurt a. M. 2008, S. 154–155. Breidbachs Buch enthält auch einen expliziten Abschnitt mit der Überschrift „Kombinatorik“ (S. 163 ff.).

¹¹⁰ Vgl. Gerhard Vowe, Information und Kommunikation. Brücke zwischen Wissenschaft und Gesellschaft, Wiesbaden 1984, S. 253.

¹¹¹ Vgl. z. B. Ostwald, Vorlesungen über Naturphilosophie, S. 13. Hier verwendete Ostwald das Bild der „Brücke“ für die Wissenschaft.

¹¹² Vgl. auch die im Zusammenhang mit der Einstein-Forschung entstandenen Arbeit von Jürgen Renn, Auf den Schultern von Riesen und Zwergen. Einsteins unvollendete Revolution, Weinheim 2006.

¹¹³ Vgl. Rheinberger, Historische Epistemologie.

Auch die Aktivitäten zur Etablierung einer internationalen Hilfssprache können vor dem Hintergrund von Ostwalds kombinatorischem Denken gesehen werden. Oft waren Mathematiker an der Entwicklung solcher Hilfssprachen beteiligt, für die Notenschrift, chemische Nomenklatur und Morsealphabet Vorbilder waren.

„Ostwalds Wort vom ‚Verkehrsmittel‘ macht den technischen Charakter der Plansprache deutlich. Ein Ziel ist gesetzt, und es gilt, eine ‚Maschine‘ zu konstruieren, mit der dieses Ziel verwirklicht wird. [...] Könnte man in der Sprachkonstruktion ein Extrem einer Rationalisierungsbewegung der Fach-Intellektuellen sehen, die die Welt mit standardisierter symbolischer Ordnung überziehen wollten?“¹¹⁴

Solche Standardisierungsbemühungen betrafen auch die Technisierung der wirtschaftlichen Produktion (Taylorismus) sowie die Technisierung der (wissenschaftlichen) Arbeit und Organisation. Der eben bereits zitierte Herbert Mehrstens kommentiert:

„Ostwald dagegen ist als deutscher Professor auf das Ganze aus; er fungiert gleichsam als leitender Angestellter des Staates. Sein Engagement für die internationale Hilfssprache ist nur ein Teil eines umfassenden Rationalisierungsprogramms, das unter dem ‚energetischen Imperativ‘ als wenig pragmatische Weltanschauung auftritt, die von der Erkenntnistheorie bis zu Sozialphilosophie reicht.“¹¹⁵

Auch Ostwalds Aktivitäten im Umkreis der „Annalen der Naturphilosophie“ verdeutlichen diesen Zusammenhang zwischen den Wissenschaften und anderen Bereichen der Kultur. Wissen ist nicht nur wissenschaftlich, sondern auch technisch, kulturell, praktisch und intuitiv bestimmt.¹¹⁶ Die sozialen Mechanismen, die zwischen dem Individuum und den sozialen Aspekten des Wissenschaftssystems wie z. B. dem Bildungssystem oder wissenschaftlichen Zeitschriften vermitteln,¹¹⁷ ließen sich bei Ostwald genauer untersuchen. Ein Desiderat, dessen Dringlichkeit etwa Jürgen Renn verdeutlicht: „The co-evolution of scientific knowledge, images of science, and strategies for knowledge acquisition is a complex process that has hardly been understood“¹¹⁸. Zusätzlich können Ostwalds Aktivitäten im Rahmen seiner Farben- und Formenlehre auch aus Sicht des Verhältnisses zwischen Mathematik und Kunst gesehen werden.¹¹⁹ Dass philosophierende, Grenzen überschreitende Chemiker auch heutzutage anzutreffen sind, zeigt dabei das Beispiel Roald Hoffmanns: „The preeminence of synthesis in chemistry could have led philosophers of science to take more seriously questions of aesthetics within science, and to find a place in aesthetics for utility“¹²⁰. Die Kombinatorik bei Ostwald ist vor allem durch seine pädagogischen Aktivitäten zu verstehen.¹²¹ Kombinatorik ist einerseits eine Form der Darstellung und damit Vermittlung von Wissen, andererseits eine Methode, um neue Zusammenhänge zu erkunden. Für den Autor dieses Beitrages sind beim „kombinatorischen“ Erarbeiten dieses Aufsatzes und beim

¹¹⁴ Herbert Mehrstens, *Moderne Sprache Mathematik. Eine Geschichte des Streits um die Grundlagen der Disziplin und des Subjekts formaler Systeme*, Frankfurt a. M. 1990, hier S. 529 f.

¹¹⁵ A. a. O., S. 536.

¹¹⁶ Vgl. Renn, *Auf den Schultern*, S. 331.

¹¹⁷ Vgl. ders., „Historical epistemology and interdisciplinarity“, in: Kostas Gavroglu u. a. (Hrsg.), *Physics, philosophy, and the scientific community*, Dordrecht 1995, S. 241–251, hier S. 246: „social mechanisms mediating between the individual and the social aspects of knowledge systems, such as the educational system and scientific journals“.

¹¹⁸ Jürgen Renn, „Challenges from the past. Innovative structures for science and the contribution of the history of science“, in: *Innovative structures in basic research. Ringberg-Symposium, 4–7 October 2000*, München 2002, S. 25–36, hier S. 26–27.

¹¹⁹ Vgl. zu diesem Verhältnis Mehrstens, *Moderne Sprache Mathematik*, S. 538–561.

¹²⁰ Roald Hoffmann, „What might philosophy of science look like if chemists built it?“ in: *Synthese* 155 (2007), S. 321–336, hier S. 312.

¹²¹ Anmerkung in der Diskussion bei der Leipziger Konferenz 2008 durch Jan-Peter Domschke. Vgl. auch Hapke, *Wilhelm Ostwalds pädagogische Aktivitäten*.

Lesen von Ostwalds Texten wiederum die nicht zu entfernten Beziehungen zwischen Information, auch gelesen als „In-Formation“, und Bildung bzw. Erziehung sowie zwischen Information und Kunst sichtbar geworden. Aktuelle Themen bibliothekarischer und pädagogischer Diskurse wie Informations- und Medienkompetenz als Teil lebenslangen Lernens schließen an das an, was Breidbach beschreibt: „Wissen ist [...] nicht Information, sondern interpretierte Information. Interpretation ist nur in einer offenen Ordnung möglich, in der die Rasterung des Bekannten in Frage gestellt wird.“¹²² Aber auch Fachgebiete wie Informationsdesign und „Knowledge Media Design“¹²³ belegen die Beziehungen zwischen Information und Kunst bzw. Design, ebenso wie moderne Entwicklungen zur Ästhetik der Information.

Einer der Exponenten der Informationsästhetik in den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts, der Stuttgarter Philosoph Max Bense, schrieb übrigens wie Ostwald Bücher zur Naturphilosophie, bevor er an der vom schon erwähnten Schweizer Max Bill¹²⁴ gegründeten Ulmer „Hochschule für Gestaltung“ arbeitete. Auch der Nachfolger von Bense in Ulm, Horst Rittel, später Professor für Design in Berkeley, steht für diese kombinatorisch-assoziative Beziehung zwischen Information und Design.¹²⁵ Ein Schüler von Rittel schrieb später zur Verwendung der Kombinatorik im Design:

„Combinatorics encourages designers to generate combinatorial possibilities that may not have been envisioned without that method and evaluate them one by one. [...] Combinatorics is a powerful tool for generating possibilities.“¹²⁶

1972 publizierte Horst Rittel zusammen mit Werner Kunz ein Buch zur Grundlegung der Informationswissenschaften in Deutschland, womit sich ein Kreis schließt: Ausgehend vom Begriff der Information wurde über Ostwald ein Zusammenhang mit Bildung und Kunst aufgezeigt, von dem aus es über Design und Rittel zurück geht zur Information.¹²⁷ Das abschließende Zitat des einige Jahre in Leipzig lehrenden Philosophen Ernst Bloch zeigt, dass jedes Erkennen und Lernen nicht nur auf Vorhandenes gerichtet ist, sondern auch praktische Veränderung für die Zukunft enthält. Information ist Teil von Bildung, Lernen und Kunst, ohne die eine gestalterische Bewältigung der Wirklichkeit in Richtung einer besseren Zukunft nicht möglich ist: „Erkannt wird [...] zum Ziel der In-formatio über die Welt und der Welt selber.“¹²⁸

5. Literatur

Aichele, K. Porter, „Paul Klee and the energetics-atomistics controversy“, in: /Leonardo /26 (1993), S. 309-315.

¹²² Breidbach, Neue Wissensordnungen, S. 169.

¹²³ Vgl. z. B. Peter Stephan, „Knowledge Media Design. Konturen eines aufstrebenden Forschungs- und Praxisfeldes“, in: Maximilian Eibl, u. a. (Hrsg.), Knowledge Media Design. Theorie, Methodik, Praxis, München 2006, S. 1–42, der auch die Brücke und Ostwald erwähnt, sowie Christoph Klütsch, Computer Grafik. Ästhetische Experimente zwischen zwei Kulturen. Die Anfänge der Computerkunst in den 1960er Jahren, Wien 2007.

¹²⁴ Vgl. Anm. 101.

¹²⁵ Vgl. Chanpory Rith und Hugh Dubberly, „Why Horst W. J. Rittel Matters“, Design Issues 23 (2007) 1, S. 72–91.

¹²⁶ Klaus Krippendorf, The semantic turn. A new foundation for design, Boca Raton (Florida) 2006, S. 218 und S. 221.

¹²⁷ Vgl. Werner Kunz und Horst Rittel, Die Informationswissenschaften. Ihre Ansätze, Probleme, Methoden und ihr Ausbau in der Bundesrepublik Deutschland, München 1972.

¹²⁸ Ernst Bloch, Tübinger Einleitung in die Philosophie, Frankfurt a. M. 1977, S. 44.

Ball, Philip, „Ostwald und das Bauhaus – Farbtheorien in Wissenschaft und Kunst“, in: /Angewandte Chemie /116 (2004), S. 4948-4955.

Behrends, Ehrhard, „Escher über die Schulter gesehen - eine Einladung“, in: Behrends, Ehrhard, Gritzmann, Peter und Ziegler, Günter M. (Hrsg.), π und Co. : Kaleidoskop der Mathematik, Berlin 2008, S. 320-341.

Beyer, Lothar, „Jorge Luis Borges y Wilhelm Ostwald : Notas para una alianza entre ciencia y las humanidades“, /Letras /76 (2005), 109-110, S. 181-190. http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtual/Publicaciones/letras/contenidos/2005_n109-110.htm (letzter Zugriff 25.1.2009).

Bloch, Ernst, Tübinger Einleitung in die Philosophie, Frankfurt a.M. 1977.

Boden, Margaret A., „Computer models of creativity“, in: Sternberg, Robert J. (Hrsg.), Handbook of creativity, Cambridge 2008, 11th printing [EA 1999], S. 351-372.

Borges, Jorge Luis, Die Bibliothek von Babel. Erzählungen, Stuttgart 1991.

Breidbach, Olaf, Neue Wissensordnungen : Wie aus Informationen und Nachrichten kulturelles Wissen entsteht. Frankfurt 2008.

Bührer, Karl Wilhelm und Saager, Adolf, Die Organisation der geistigen Arbeit durch „Die Brücke“, Ansbach 1911.

Bührer, Karl Wilhelm und Saager, Adolf, Die Welt-Registratur : Das Melvil-Deweysche Dezimal-System, München 1912.

Deltete, Robert, „Ostwald, Friedrich Wilhelm“, in: Koertge, Noretta (Ed.), New dictionary of scientific biography. Vol. 5. Detroit 2008, S. 356-359.

Ernst, Wolfgang, Mediengeschichte als Medienarchäologie - Mo(nu)mente von Materie, Technik und Logik in der Zeit, Seminar für Medienwissenschaft, Humboldt-Universität Berlin, <http://www.medienwissenschaft.hu-berlin.de/theorien/skripte.php> (letzter Zugriff 25.1.2009).

Flachsmeyer, Jürgen, Feiste, Uwe und Manteuffel, Karl, Mathematik und ornamentale Kunstformen. Frankfurt a.M. 1990.

Flachsmeyer, Jürgen, „Geometrische Aspekte der Formenlehre Wilhelm Ostwalds“, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse 38 (1989) 4, S. 25-30.

Folkerts, Menso, Knobloch, Eberhard und Reich, Karin, „Geschichtsphilosophie: Die Berechnung der Anzahl möglicher Wortbildungen“, in: Folkerts, Menso, Knobloch, Eberhard und Reich, Karin (Hrsg.), Maß, Zahl und Gewicht: Mathematik als Schlüssel zu Weltverständnis und Weltbeherrschung, Wiesbaden 2001, S. 384-385.

Gerstner, Karl , Die Formen der Farben : Über die Wechselwirkung der visuellen Elemente, Frankfurt 1986.

Görs, Britta, Psarros, Nikos und Ziche, Paul (Hrsg.), Wilhelm Ostwald at the crossroads between chemistry, philosophy and media culture, Leipzig 2005 (= Leipziger Schriften zur Philosophie; Bd. 12).

Gowers, Timothy (Hrsg.), The Princeton companion to mathematics, Princeton 2008.

Hapke, Thomas, „Wilhelm Ostwalds pädagogische Aktivitäten und die Ökonomisierung der Technik 'geistiger Arbeit'“, in: Stekeler-Weithofer, Pirmin, Kaden, Heiner und Psarros, Nicolaos (Hrsg.), Ein Netz der Wissenschaften? Wilhelm Ostwalds 'Annalen der Naturphilosophie' und die Durchsetzung wissenschaftlicher Paradigmen: Vorträge des Kolloquiums, veranstaltet von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig und dem Institut für Philosophie der Universität Leipzig im Oktober 2007, /Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse /81 (2008) /4, S. 67-97

Ders., „Combinatorics and order as a foundation of creativity, information organisation and art in the work of Wilhelm Ostwald“, Poster auf Konferenz „Analogous Spaces - Architecture and the space of information, intellect and action“ in Ghent (Belgien) im Mai 2008, <http://www.analogousspaces.com> sowie <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2008/404/> (letzter Zugriff 25.1.2009)

Ders., „Roots of mediating information. Aspects of the German information movement“, in: Rayward, W. Boyd (Hrsg.), European Modernism and the Information Society. Informing the Present, Understanding the Past, Aldershot 2008, S. 307–327.

Ders., „Von der ‚Weltausstellung im Kleinen‘ zum ‚lebenden Lehrbuch‘. Bildungsbezogene Komponenten früher Ansätze von Weltbibliotheken um 1900“, in: Koschke, Rainer u.a. (Hrsg.), INFORMATIK 2007 - Informatik trifft Logistik. Beiträge der 37. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e.V., Bd. 2, Bonn 2007, S. 485–490.

Ders., „Ostwald and the bibliographic movement“, in: Görs u.a. (Hrsg.), S. 115–134.

Ders., „Ordnung, Fragmentierung und Popularisierung: Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Information und Kommunikation“, in: Klaus Krug (Hrsg.), Wissenschaftstheorie und -organisation : Vorträge zu dem Symposium anlässlich des 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald am 18. September 2003 in Großbothen, Großbothen 2004, S. 63-78.

Ders., „Wilhelm Ostwald, the ‘Brücke’ (Bridge), and connections to other bibliographic activities at the beginning of the twentieth century“, in: Bowden, Mary, Hahn, Trudy und Williams, Robert (Hrsg.), Proceedings of the 1998 Conference on the History and Heritage of Science Information Systems, Medford, NJ 1999, S. 139–147.

Ders., „Wilhelm Ostwald und seine Initiativen zur Organisation und Standardisierung naturwissenschaftlicher Publizistik : Enzyklopädismus, Internationalismus und Taylorismus

am Beginn des 20. Jahrhunderts“, in: Christoph Meinel (Hrsg.), Fachschrifttum, Bibliothek und Naturwissenschaft im 19. und 20. Jahrhundert, Wiesbaden 1997, S. 157-174

Hiebert, Erwin N. und Körber, Hans-Günther, „Ostwald, Friedrich Wilhelm“, in: Gillispie, Charles C. (Hrsg.), Dictionary of scientific biography, Vol. 15 (Suppl. 1), New York, NY 1981, S. 455-469

Hoffmann, Roald, „What might philosophy of science look like if chemists built it?“ in: /Synthese /155 (2007), S. 321–336

Hoffmann, Roald, „Keine Bibliothek“, in: /Angewandte Chemie/ /113 (2001), S. 3439-3443.

Hubig, Christoph, „Das Neue schaffen - zur Ideengeschichte der Kreativität“, in: Kornwachs, Klaus (Hrsg.), Bedingungen und Triebkräfte technologischer Innovationen : Beiträge der gemeinsamen Workshops von acatech und der Stiftung Brandenburger Tor in den Jahren 2006 und 2007, Stuttgart 2007, S. 293-306

Huszar, V., „Iets over Die Farbenfibel van W. Ostwald“, in: /De Stijl /1 (1918) 10, S. 113-118.

Kandinsky, Wassily, Punkt und Linie zu Fläche: Beitrag zur Analyse der malerischen Elemente, Bern-Bümpliz 1973.

Klütch, Christoph, Computer Grafik : Ästhetische Experimente zwischen zwei Kulturen : Die Anfänge der Computerkunst in den 1960er Jahren, Wien 2007.

Knobloch, Eberhard, „Mathesis – The idea of a universal science“, in: Seising, Rudolf, Folkerts, Menso und Hashagen, Ulf (Hrsg.), Form, Zahl, Ordnung : Studien zur Wissenschafts- und Technikgeschichte, Stuttgart 2004, S. 76-90.

Krämer, Sybille, Symbolische Maschinen : Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriß, Darmstadt 1988.

Krippendorf, Klaus, The semantic turn: a new foundation for design, Boca Raton, FL 2006.

Künzel, Werner und Bexte, Peter, Allwissen und Absturz : Der Ursprung des Computers, Frankfurt 1993.

Kunz, Werner und Rittel, Horst, Die Informationswissenschaften: ihre Ansätze, Probleme, Methoden und ihr Ausbau in der Bundesrepublik Deutschland, München 1972.

Lasswitz, Kurd, Die Universalbibliothek, 1904,
<http://gutenberg.spiegel.de/lasswitz/univbib/univbib.xml> (letzter Zugriff 10.7.2010)

Luther, Robert, „Nachruf auf Wilhelm Ostwald“, in: /Berichte über die Verhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig 85 (1933), S. 57-71, S. 61

Maier, Charlotte, „Werbung im Weltformat“, in: Charivari 18 (1992) 1/2, S. 71-74.

Mehrtens, Herbert, *Moderne Sprache Mathematik : Eine Geschichte des Streits um die Grundlagen der Disziplin und des Subjekts formaler Systeme*, Frankfurt a.M. 1990.

Meinel, Christoph, „Das letzte Blatt im Buch der Natur' Die Wirklichkeit der Atome und die Antinomie der Anschauung in den Korpuskulartheorien der frühen Neuzeit“, in: *Studia Leibnitiana* /20 (1988), S. 1-18.

Niedersen, Uwe, „Ästhetik und Zeit: Wilhelm Ostwald über Kunst“, in: Niedersen, Uwe und Schweitzer, Frank (Hrsg.) *Ästhetik und Selbstorganisation*, Berlin 2003 (Selbstorganisation: Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial-, und Geisteswissenschaften ; 4), S. 251-270.

Ders., „Leben, Wissenschaft, Klassifikation. Aus dem Nachlaß Wilhelm Ostwalds“, in: Krohn, Wolfgang u.a. (Hrsg.), *Konzepte von Chaos und Selbstorganisation in der Geschichte der Wissenschaften*, Berlin 1992 (= *Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften*; Bd. 3), S. 279–285.

Ostwald, Wilhelm, *Forschen und Nutzen. Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Arbeit*. Hg. von Günther Lotz, Berlin ²1982 (EA 1978).

Ders., „Die Lehre vom Erfinden“, in: *Feinmechanik und Präzision. Zeitschrift für Feinwerktechnik* 40 (1932), S. 165–169.

Ders., *Die Farbenfibel*, 14. Aufl. Leipzig 1930.

Ders., *Die Maltechnik : jetzt und künftig*, Leipzig 1930.

Ders., *Die Pyramide der Wissenschaften. Eine Einführung in wissenschaftliches Denken und Arbeiten*, Stuttgart 1929.

Ders., „Schöne Formen“, in: *Frohes Schaffen : das Jahrbuch der deutschen Jugend der Ostmark* /5 (1928), S. 431-440 (Wien: Deutscher Verlag für Jugend und Volk).

Ders., *Mathetische Farbenlehre (Der Farbenlehre Erstes Buch)*, 2. Aufl. Leipzig 1924.

Ders., „Wilhelm Ostwald“, in: Schmidt, Raymund (Hrsg.), *Die Philosophie der Gegenwart in Selbstdarstellungen*, Bd. 4 Leipzig 1923, S. 127-161.

Ders., *Die Welt der Formen : Entwicklung und Ordnung der gesetzlich schönen Gebilde, Erste bis Dritte Mappe*, Leipzig 1922-1923.

Ders., *Die Harmonie der Formen*, Leipzig 1922.

Ders., „Warum sind Kristalle schön? “ In: *Hamburger Fremdenblatt* /94 (1922) No. 150.

Ders., „Die Harmonie der Form“, in: *Die Farbe* Nr. 9, 1921/200, Abt. VII, S. 85/25 – 108/48.

Ders., „Die Sammelschrift als Zukunftsform des Schrifttum und die Sammelschrift 'Die Farbe'“, in: *Die Farbe* Nr. 1 (1921), S. 1-8.

- Ders., „Die Harmonie der Farben“, in: /De Stijl /3 (1920) 7, S. 60-62.
- Ders., Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft, Leipzig 1919.
- Ders., Einführung in die Farbenlehre. 2. Aufl. Leipzig 1919
- Ders., „Farbnormen und Farbharmonien“, in: /Ann. Nphil. /14 (1919), S. 1-21.
- Ders., „Beiträge zur Farbenlehre : Erstes bis fünftes Stück“, in: /Abhandlungen der Mathematisch-Physischen Klasse der Königlichen Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften /34 (1917), S. 365-571.
- Ders., Moderne Naturphilosophie. I. Die Ordnungswissenschaften, Leipzig 1914.
- Ders., „Normen“, in: /Jahrbuch des Deutschen Werkbundes /3 (1914), S. 77-86.
- Ders., „Elektrochemische Praktikum von Dr. Erich Müller“ (Referat), in: /Zeitschrift für physikalische Chemie /83 (1913), S. 374-377.
- Ders., Die Philosophie der Werte, Leipzig 1913.
- Ders., Der energetische Imperativ, Leipzig 1912.
- Ders., „Schule und Idealismus“, in: Die Schule der Zukunft. Acht Vorträge gehalten auf der Versammlung des Goethebundes in Berlin am 3. Dezember 1911, Berlin 1912, S. 16–26.
- Ders., Die Forderung des Tages, Leipzig 1910.
- Ders., Große Männer, Leipzig 3 u. 4 1910.
- Ders., Die Energie, Leipzig 1908
- Ders. Grundriß der Naturphilosophie. Leipzig 1908.
- Ders., Vorlesungen über Naturphilosophie, Leipzig 1902.
- Ders. „Naturphilosophie“, in: Dilthey, Wilhelm u.a., Systematische Philosophie, Berlin 1907 (Die Kultur der Gegenwart, Tl. 1 Abt. VI, S. 138-172.
- Pohlmann, Albrecht, „Kunst als Ingenieurwissenschaft? Der technische Ansatz von Wilhelm Ostwalds Farbenlehre“, in: „Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds“. Dokumentation der Zeitschrift „Phänomen Farbe“ 23 (2003) September, Dresden, Düsseldorf, Großbothen 2003, S. 36-40.
- Ders., „Wilhelm Ostwald: Farbe im Konflikt zwischen Kunst und Wissenschaft“, in: /Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen /7 (2002) /2, S. 39-53.
- Polya, Georg, „Über die Analogie der Kristallsymmetrie in der Ebene“, in: /Zeitschrift für Kristallographie /60 (1924), S. 278-282.

Quaisser, Erhard, „Erzeugung von Mustern nach Wilhelm Ostwald“, in: /Mathematik lehren (1991), 46, S. 12-16.

Renn, Jürgen, Auf den Schultern von Riesen und Zwergen : Einsteins unvollendete Revolution, Weinheim 2006.

Ders., „Challenges from the past : innovative structures for science and the contribution of the history of science“, in: Innovative structures in basic research / Ringberg-Symposium, 4 - 7 October 2000. München 2002, S. 25-36

Ders., „Historical epistemology and interdisciplinarity“, in: Gavroglu, K. u.a. (Hrsg.), Physics, philosophy, and the scientific community, Dordrecht 1995, S. 241-251.

Rheinberger, Hans-Jörg, Historische Epistemologie : eine Einführung, Hamburg, 2007.

Rith, Chanpory und Dubberly, Hugh, „Why Horst W. J. Rittel Matters“, /Design Issues /23 (2007)1, S. 72-91.

Rötzer, Andreas, Die Einteilung der Wissenschaften : Analyse und Typologisierung von Wissenschaftsklassifikationen, Passau, Univ., Diss., 2003.

Root-Bernstein, Robert, „Sensual chemistry: aesthetics as a motivation for research“, in: /Hyle /9 (2003)1, S. 33-50.

Ders., „Wilhelm Ostwald and the science of art“, in: /Leonardo /39 (2006) S. 418-419.

Saager, Adolf, „Das Sammeln von Propagandamarken“, in: Das Plakat 1 (1913). S. 21-28, hier S. 28. Vgl. auch

Schöne, Sally, „'Vergeude keine Energie' - Die Farbenlehre von Wilhelm Ostwald“, in: /archithese /33 (2003) 5, S. 32-35

Simonton, Dean Keith, „Exceptional creativity and chance: creative thought as a stochastic combinatorial process“, in: Shavinina, Larisa V. und Ferravi, Michael (Hrsg.), Beyond knowledge: extracognitive concepts of developing high ability, Mahwah, NJ 2004, S. 41-72.

Ders., „Scientific creativity as constrained stochastic behavior. The integration of product, person, and process perspectives“, in: Psychological Bulletin 129 (2003), S. 475-494.

Stephan, Peter, „Knowledge Media Design - Konturen eines aufstrebenden Forschungs- und Praxisfeldes“, in: Eibl, Maximilian, Reiterer, Harald, Stephan, Peter Friedrich und Thissen, Frank (Hrsg.), Knowledge Media Design : Theorie, Methodik, Praxis, 2., korr. Aufl., München 2006, S. 1-42.

Swanson, Richard Pommier, „The entrance of informatics into combinatorial chemistry“, in: Rayward, W. Boyd und Bowden, Mary Ellen (Hrsg.), The History and Heritage of Scientific and Technological Information Systems: Proceedings of the 2002 Conference, Medford, New Jersey 2004. S. 203-211.

Tschichold, Jan, Die neue Typographie : ein Handbuch für zeitgemäss Schaffende, 21987. Faks.-Nachdr. [EA 1928].

Vowe, Gerhard, Information und Kommunikation : Brücke zwischen Wissenschaft und Gesellschaft., Wiesbaden 1984.

Waldhoff, Stephan, „Von der rechten Administrierung des Wissensschatzes : Zu Leibniz' Entwürfen einer bibliographisch-bibliothekarischen Sachsystematik“, in: Hartbecke, Karin (Hrsg.), Zwischen Fürstenwillkür und Menschheitswohl - Gottfried Wilhelm Leibniz als Bibliothekar, Frankfurt a.M. 2008, S. 159-241

Wilson, Robin J. und Lloyd, E. Keith, „Combinatorics“, in: Grattan-Guinness, Ivor (Hrsg.), Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences, London 19941, S. 952-965.

Ziche, Paul, Wissenschaftslandschaften um 1900 : Philosophie, die Wissenschaften und der nichtreduktive Szientismus, Zürich 2008.

Ders., „The New Philosophy of Nature around 1900. Metaphysical tradition and scientific innovation“, in: Görs u.a. (Hrsg.), S. 29–45.

Ders., „Mathematik als Wissenschaftlichkeitsmodell : Wissenschaftssystematische Konsequenzen variierender Deutungen der Mathematik (1800/1900)“, in: Seising, Rudolf, Folkerts, Menso und Hashagen, Ulf (Hrsg.), Form, Zahl, Ordnung : Studien zur Wissenschafts- und Technikgeschichte, Stuttgart 2004, S. 91-106.

Zott, Regine, „Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932), nunmehr 150 Jahre jung“, in: Angewandte Chemie 115 (2003), S. 4120–4127.