

Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.

3. Jahrgang - Heft 2/1998

ISSN 1433-3910

Inhalt

Zur neunten Ausgabe der „Mitteilungen“	3
Ostwalds Jahre am II. chemischen Laboratorium 1887 - 1897	
Die Energetik - Auszüge aus den Lebenslinien.....	4
Ueber Hrn. Ostwald's Vortrag über den wissenschaftlichen Materialismus	
<i>Ludwig Boltzmann</i>	16
Gegen die neuere Energetik	
<i>Max Planck</i>	22
Zur Energetik	
<i>Wilhelm Ostwald</i>	28
Umweltbildung und -erziehung im Wandel?	
<i>Klaus Wetzel</i>	38
Kurzbiographien von Wilhelm Ostwald und Ludwig Boltzmann.....	48
Wilhelm Ostwald und Ludwig Boltzmann	
<i>Walter Höflechner</i>	50
Autorenverzeichnis	60
Gesellschaftsnachrichten.....	61

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 1998

Herausgeber der „Mitteilungen“ ist der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., verantwortlich:

Dr.-Ing. K. Hansel, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen, Tel. (03 43 84) 7 12 83

Der Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

Namentlich gezeichnete Beiträge stimmen nicht in jedem Fall mit dem Standpunkt der Redaktion überein, sie werden von den Autoren selbst verantwortet.

Für Beiträge können z. Z. noch keine Honorare gezahlt werden.

Einzelpreis pro Heft DM 10,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer. Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. dankt dem
Arbeitsamt Oschatz für die freundliche Unterstützung bei der
Herausgabe der „Mitteilungen“.

Zur neunten Ausgabe der „Mitteilungen“

1895 unterbreitet Ostwald der 67. Naturforscherversammlung seinen Vorschlag eines energetischen Weltbildes, der darauf hinausläuft, die Energie als Realität anzuerkennen und ihr die Priorität über die Materie einzuräumen. Anliegen des Vortrages dürfte sein, eine Diskussion dieses Weltbildes hervorzurufen und Mitstreiter für die weitere Ausgestaltung zu gewinnen. Als Zielgruppe sind in erster Linie Physiker angesprochen, da nur in deren Reihen Verständnis und die entsprechenden Voraussetzungen zu erwarten sind.

Ostwald's Erwartungen werden enttäuscht. Weder kommt es zu dem gesuchten Meinungsaustausch, noch finden sich Verbündete für die weitere Arbeit. Diese Reaktion dürfte Ostwald zumindest teilweise selbst verschuldet haben. Seine Ausführungen sind dem angesprochenen Personenkreis nicht exakt genug und der mathematischen Apparat ist nicht widerspruchsfrei. Außerdem hat die Physik andere Probleme, ein neues Weltbild ist nicht gefragt.

Mit Beginn des Jahres 1896 erscheinen in den Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, je eine Arbeit von Ludwig Boltzmann und Max Planck, die sich mit dem Lübecker Vortrag Ostwald's auseinandersetzen. Ludwig Boltzmann verteidigt das mechanische Weltbild. Für ihn besteht keine Notwendigkeit eines neuen Ansatzes auf der Grundlage der Energie. Max Planck beschränkt sich auf eine Auseinandersetzung mit dem mathematischen Apparat.

Ostwald schreibt darauf eine Entgegnung, in der er u.a. hervorhebt, daß er als Praktiker einen interpretierbaren Zusammenhang zwischen Voraussetzungen und Ergebnis anstrebt. Einen Meinungsumschwung erzielt er damit nicht.

Da Ostwald sich nach eigenen Angaben nicht in der Lage fühlt, seine Vorstellungen zur Energetik hinreichend exakt mathematisch zu formulieren, konzentriert er sich nach 1900 verstärkt um deren praktische Anwendung – seine Bemühungen um eine wissenschaftliche Weltsprache, um Normierung, Standardisierung und Wissenschaftsorganisation legen davon Zeugnis ab.

Die genannten Beiträge von Boltzmann (gekürzt) und Planck haben in dieses Heft Eingang gefunden, ebenso Ostwald's Entgegnung. Dazu kommen Auszüge aus der Ostwald'schen Autobiografie „Lebenslinien“ mit einer Beschreibung der Zeit „nach Lübeck“, insbesondere des Urlaubssemesters 1906.

Abgeschlossen wird das Heft durch zwei Vorträge, die im November 1997 bzw. im Januar 1998 auf dem Landsitz „Energie“ in Großbothen gehalten wurden.

Großbothen, Mai 1998

K. Hansel

Ostwalds Jahre am II. chemischen Laboratorium 1887 - 1897

Die Energetik¹

Auszüge aus den Lebenslinien

bearbeitet von Karl Hansel

Vorbereitung auf Lübeck

Der große Vortrag: Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus, den [214] ich im Herbst auf der Naturforscherversammlung² zu halten gedachte, beschäftigte mich bereits sehr. Es handelte sich hierbei für mich um einen Schritt, dessen Tragweite ich mehr fühlte als erkannte: die Wendung von der Einzelwissenschaft zur Philosophie oder Allgemeinwissenschaft. Ich bin ganz sicher, daß diese Wendung sich selbsttätig mit der Unwiderstehlichkeit eines natürlichen Wachstumsvorganges in meinem Geiste vollzog. Ich habe niemals das Gefühl gehabt, als stände ich an einem Scheidewege und müßte mich entschließen, ob ich meine Bahn rechts oder links suchen solle. Sondern ich war über die Richtung meiner Fortbewegung niemals im Zweifel und etwaige Erwägungen bezogen sich höchstens auf die Frage, wie geschwind ich fortschreiten sollte oder konnte.

Die erste Niederschrift für den Vortrag geschah auf der Heimfahrt vom Langensee³ in München. Ich weiß nicht mehr, an welcher Stelle ich dort hinter einem Tischchen saß und mit fliegender Hand etwa die Hälfte davon niederschrieb. Wohl aber weiß ich, daß dies unter Gefühlen der Erhebung geschah, die zwar nicht so stark waren, wie die der ersten Empfängnis der energetischen Gedanken, aber doch von ähnlicher Beschaffenheit.

Die Erkrankung

Die Vorgänge auf der Lübecker Versammlung habe ich schon erzählt.⁴ Sie waren von der Beschaffenheit, daß sie auch einen vollkräftigen Mann umwerfen konnten. Ich hatte seit dem Antritt meines Lehramts in Riga im Januar 1882 ununterbrochen aufbauende und schaffende Arbeit getan, deren Umfang und Mannigfaltigkeit beständig zugenommen hatte und mich bei den auftretenden Erschöpfungerscheinungen damit begnügt, mich gleichsam oberflächlich zu reparieren, bis die sichtbaren Zeichen des Verbrauchs zgedeckt waren. Nun aber waren die Reserven vollständig erschöpft und ich erlitt den unvermeidlichen Zusammen-[215]bruch. Schlaflose

¹ Unter dieser Überschrift werden Texte aus dem zweiten Band der Autobiographie „Lebenslinien“, Kapitel 9 „Die Energetik“ (S. 213 ff.) veröffentlicht. Die Untertitel wurden dem Original entnommen. Mit Ausnahme der Auslassungen sind die Texte unverändert. Die Zahlen in den eckigen Klammern kennzeichnen die Seitenumbrüche im Original.

² 67. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck, 16.-20.9.1895

³ Ostwald verbrachte die Osterferien 1895 in der Nähe von Locarno am Langensee.

⁴ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Bd. 2, Berlin : Klasing, 1927. - S. 179 ff. Vgl. auch Mitt. der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (1998), Nr. 1, S. 22

Nächte, niedergedrückte Stimmung, die sich nicht überwinden ließ, Unfähigkeit zur Arbeit, Gedankenflucht, kurz die wohlbekannten Erscheinungen der Überbeanspruchung des Gehirns traten Ende 1895 bei mir auf und machten mich sehr unglücklich. Denn ich glaubte, wie jeder Kranke in solchem Zustande, daß nunmehr meine wissenschaftliche Tätigkeit zu Ende gekommen sei und wußte nicht, womit ich künftig mein Leben ausfüllen wollte.

Eine Beratung durch meinen Kollegen *Flechsigt*,⁵ den Psychiater, klärte mich über die physiologischen Ursachen dieses Zustandes auf und erweckte Hoffnung auf seine Beseitigung. Nur völlige Ruhe und zunächst die Ausschaltung aller wissenschaftlichen Arbeit sei erforderlich, sagte er. Zustände, wie der meine, seien bei Gelehrten nicht selten und hätten sich meist vollständig beseitigen lassen.

So wandte ich mich an die vorgesetzte Behörde um einen Urlaub für das bevorstehende Sommersemester, der mir bereitwilligst gewährt wurde.

Bordighera

Nachdem ich die Vorlesungen beendet hatte, reiste ich im März zunächst an das Mittelländische Meer, um dort so viel Sonne zu genießen, als möglich war. Ich brachte mich in Bordighera unter, eigentlich aus keinem anderen Grunde, als weil dort die „sieben Palmen am Meeresstrand“ stehen, die *J. V. Scheffel*⁶ in einem ausdrucksvollen Gedicht erwähnt. Zur Ausfüllung der bevorstehenden vielen leeren Stunden nahm ich den Malkasten und einen reichlichen Vorrat Farbtuben mit, ebenso mein photographisches Gerät.

Es fiel mir gar nicht schwer, mich auf das vorgeschriebene Pflanzenleben ohne ernstliche geistige Tätigkeit einzustellen. Denn ich hatte es gut mit dem Wetter getroffen, das mir den ärztlich vorgeschriebenen Sonnenschein nicht vorenthielt und mir lange und erquickliche [216] Spaziergänge ermöglichte. Das Malen, dem ich mich alsbald mit Behagen hingab, da die zugehörigen Hirngebiete nicht erschöpft waren, füllte einen großen Teil der Tage erfreulich aus. Nachdem die nähere Umgebung erschöpft war oder doch an Interesse verloren hatte, erforderte das Aufsuchen neuer Landschaften immer weitere Wanderungen, was durchaus den Anweisungen entsprach, die ich zwecks Genesung zu befolgen hatte. Meist machte ich von der gemalten Stelle auch eine Lichtbildaufnahme, die mich die Fehler erkennen ließ, welche ich bei der freihändigen Zeichnung begangen hatte. Dadurch erwarb ich mir allmählich eine größere Sicherheit, die räumlichen Verhältnisse der Landschaft richtig aufzufassen und darzustellen, und fand in solcher Beschäftigung einen Ersatz für die verbotene wissenschaftliche Arbeit, nach der ich übrigens kein Gelüst verspürte.

So hatte ich wenig Bedürfnis, mich der vorhandenen Gesellschaft in meinem Gasthof anzuschließen, die großenteils aus Deutschen bestand und einen angenehm ruhigen Eindruck machte. Ich erinnere mich nur einiger Gespräche, in die der Dichter und Schriftsteller *R. v. Gottschall*,⁷ damals schon ein recht alter Herr, mich verwickelte. Doch konnten wir, vermutlich wegen meines entschlossenen Realismus, keinen gemeinsamen Boden finden. Er war ein kleiner, beleibter, aber beweglicher Mann mit

⁵ Paul Flechsigt (1847-1929), 1884 Prof. der Psychiatrie und Direktor der Irrenklinik an der Univ. Leipzig

⁶ Josef Victor von Scheffel (1826-1886), Dichter

⁷ Rudolf von Gottschall (1823-1909), Dichter

gefärbtem Haar oder Perücke, der seinem Schnurr- und Knebelbart sorgfältige Pflege angedeihen ließ, sonst aber sich etwas vernachlässigte, mit großen Säcken unter den Augen, die zuweilen wässrig ins Leere starteten.

Etwas später traf ich mit meinem lieben Kollegen und Institutsnachbar *Leuckart*⁸ zusammen, der seine Frau und seine kranke Tochter nach Bordighera gebracht hatte. Er war trotz seiner hohen Jahre heiter und rüstig, so daß er sich zu weiten Wanderungen mit mir willig [217] zeigte. Ich mache mir noch jetzt Vorwürfe, daß ich dabei nicht vorsichtig genug war, ihn vor Überanstrengung zu bewahren, die er übrigens schnell überwand. Mit seiner sprudelnden Laune hatte er sich bald eine Anzahl Freunde unter den Tischgenossen gewonnen, mit denen er auszog, um den Asti spumante, einen leichten und wohlfeilen Schaumwein, zu probieren, wie er in verschiedenen Kneipen des Ortes ausgeschenkt wurde. Ich muß bekennen, daß ich mich nicht ausschloß; auch ist es mir nicht schlecht bekommen.

Später traf noch ein anderer Leipziger Kollege, der Geologe *Credner*⁹ mit seiner Familie ein, gleichfalls ein ungewöhnlich lebensfroher Mann, nicht viel älter als ich. Doch waren wir nicht viel zusammen. Er war durch seine Frau¹⁰ der reichste unter den Leipziger Kollegen geworden und lebte entsprechend, obwohl er wie seine Gattin sich persönlich anspruchslos als gute Kameraden gaben. Ich aber gedachte der Ursachen, welche mich nach Bordighera geführt hatten und zog wieder frühzeitig mit dem Malkasten zu einsamen Wanderungen aus.

Freshwater Bay

Früh im Mai beendete ich diese erste Station auf dem Wege meiner Genesung. Mir war inzwischen die italienische Landschaft sehr langweilig geworden, ebenso wie das täglich sich in allen Einzelheiten wiederholende schöne Wetter und es fiel mir immer wieder die alte Schulscherzfrage ein: wer lacht über Italien? mit der Antwort: ein ewig blauer Himmel.

Somit reiste ich heim und stellte mich meinem Berater *Flechsig* vor, der recht zufrieden war und mir empfahl, den Frühling auf der Insel Wight zu verleben, deren Klima mir ermöglichen würde, weiterhin beständig im Freien zu sein. Ich begab mich nach dem kleinen Badeort Freshwater Bay im Westen der Insel, wo ich in einem Temperenz-Hotel bescheidene, aber ruhige und saubere Unterkunft fand.

[218] Mit diesem Aufenthalt war ich ganz besonders zufrieden. Das Wetter war meist sonnig und warm, aber im Gegensatz zu der ermüdenden Gleichförmigkeit an der Riviera zeigte jeder Tag in Beleuchtung, Wolkenbildung, Sonnenuntergang ein anderes Gesicht. Ebenso war das Meer mit den stark entwickelten Gezeiten unvergleichlich viel mannigfaltiger, als das Mittelmeer mit seinen unveränderlichen Ufern. So gab es beim Malen viel mannigfaltigere und schwierigere Aufgaben zu lösen und ich gab mich mit Freude dieser Arbeit hin.

⁸ Rudolf Leuckart (1822-1898), 1869 Prof. der Zoologie und Zootomie sowie Direktor des zoologischen Institutes und Museums der Univ. Leipzig

⁹ Hermann Credner (1841-1913), 1895 Prof. der historischen Geologie und Paläontologie, Dir. des Paläont. Inst. der Univ. Leipzig und des Inst. der geol. Landesuntersuchung des Königreiches Sachsen

¹⁰ Marie, geb. Riebeck, Tochter des Kommerzienrates Alfred Riebeck und Nichte des Leipziger Brauereibesitzers gleichen Namens

Pfingsten

Eine sehr erfreuliche und willkommene Unterbrechung fand diese einsame, aber gut erfüllte Zeit durch einen Besuch, den mir *W. Ramsay*¹¹ von London aus während der Pfingstfeiertage machte. Er wußte von meiner Erkrankung und war froh überrascht, mich anscheinend in voller Gesundheit vorzufinden. Da er sich an die ärztliche Vorschrift hielt, wissenschaftliche Fragen fern zu halten oder nur flüchtig zu berühren, kam das persönlich Menschliche um so mehr in den Vordergrund und brachte mir einige sehr glückliche Tage und ein dauerndes nahes Verhältnis zu diesem genialen Forscher. Es wurde erst durch den Weltkrieg zerrissen, dessen Erregung *Ramsay* in einen leidenschaftlichen Haß gegen alles Deutsche hineinriß. Er war eines der vielen Opfer der niederträchtigen Lügenpropaganda, mit welcher unsere Feinde schlimmer als mit Giftgasen gegen uns gewütet haben. Seine geringe Widerstandsfähigkeit gegen jene Verleumdungen, deren Unwahrheit ihm aus der guten und mannigfaltigen Kenntnis deutschen Wesens hätte deutlich sein sollen, die er sich bei seinen vielen Besuchen Deutschlands erworben hatte, beruhte vielleicht schon auf seiner Erkrankung,¹² die ihn bald zum Tode führte.

Beginnende Genesung

Nachdem ich dergestalt ein Vierteljahr lang völlige Enthaltung von wissenschaftlicher [219] Arbeit geübt hatte, versuchte ich noch in Freshwater Bay vorsichtig, wieder den Betrieb aufzunehmen. Ich ließ mir einige Manuskripte schicken, die zur Aufnahme in die Zeitschrift eingesandt waren und auf Beurteilung und Entscheidung harrten. Das erste rührte von einem meiner Rigaer Assistenten namens *Trey*¹³ her, mit dem ich gleichzeitig das Realgymnasium besucht hatte. Er war damals mit einer ungewöhnlich schlechten Handschrift behaftet und hatte deshalb bei einem wandernden Schönschreibelehrer Unterricht genommen, der sich verpflichtete, jedem Schüler binnen vierzehn Tagen eine gute Handschrift beizubringen. *Treys* Eltern wendeten das nicht allzu hohe Entgelt daran und der Erfolg war erstaunlich, denn die Handschrift des Patienten wurde wirklich sicher und schön. Und was noch erstaunlicher war: sie blieb so durch *Treys* ganzes Leben. Leider habe ich ihn nicht nach dem Geheimnis dieses Erfolges gefragt.

Dies gut geschriebene Manuskript nahm ich zunächst vor, weil es am leichtesten zu lesen und somit zu beurteilen war. Es war ein schöner Frühsommernachmittag. Die Flut war vorüber und das zurücktretende Meer hatte eine Schicht sauber gewaschener Feuersteinknollen hinterlassen, die bald von der Sonne getrocknet waren. Hier lagerte ich mich und las, absichtlich langsamer, als ich es gewohnt war, die Arbeit durch. Der gewohnte Gedankenstrom ergoß sich wieder in das lange trocken gelegene Bett und ich fühlte mit Behagen, wie die gewohnten Denkmühlen den Betrieb wieder aufnahmen. Ich konnte nicht nur den Inhalt, der allerdings nicht eben schwierig war, sachgemäß beurteilen, sondern ich sah alsbald, wo die nächste Arbeit einzusetzen hatte, um die Angelegenheit über den erreichten Standpunkt hinaus zu fördern.

¹¹ Sir William Ramsay (1852-1916), 1887 Prof. f. Chemie am Univ. Coll. London

¹² Ramsay beschäftigte sich mit den Eigenschaften des Radium bzw. mit der Radioaktivität im allgemeinen und erkrankte an Krebs.

¹³ Heinrich Trey (1851-1916), 1903 Prof. für Chemie am Polytechnikum Riga

Der günstige Erfolg dieser ersten Probe machte mich sehr glücklich. An die unheimliche Möglichkeit, daß ich [220] auf meine Wissenschaft künftig dauernd verzichten müßte, hatte ich allerdings nie so ganz glauben wollen; ich mußte sie aber doch als denkbar zugeben. Nun sah ich, daß es sich wirklich nur um eine Erschöpfung, nicht um eine Zerstörung der Organe gehandelt hatte, von denen meine Fähigkeit zur wissenschaftlichen Arbeit bedingt war, und daß sie durch die gehabte Ruhe wieder bis zur regelmäßigen Funktionsbereitschaft gestärkt waren.

Ich hütete mich daher, sofort die anderen Abhandlungen vorzunehmen, sondern verordnete mir zwei Tage Ruhe, die ich wieder mit Wandern und Malen ausfüllte. Dann wurde etwas mehr und schwerere Arbeit vorgenommen, die wieder günstig verlief. So durfte ich nach dieser Richtung der Zukunft beruhigt entgegen sehen.

Um den erzielten Erfolg zu befestigen, besuchte ich in bequemen Zwischenzeiten die anderen Orte der schönen Insel, zuletzt in Gesellschaft meiner Frau, die gekommen war, um mich nach Hause abzuholen. Ich fühlte mich geheilt. Es lagen aber noch die langen Herbstferien vor mir, bevor ich meine Berufsarbeit wieder aufzunehmen hatte. Um so sicherer durfte ich auf eine dauernde Genesung rechnen. Körperlich war ich während der ganzen Zeit vollkommen gesund gewesen.

Nachkur

Als der Aufenthalt auf der Insel Wight beendet war, begannen bald die Schulferien der Kinder. Ich verbrachte sie mit der Familie am Meere in Heykendorf, nahe bei Kiel. Die wissenschaftliche Arbeit wurde bereits ernstlicher betrieben, indem ich von der angesammelten Literatur, über die in der Zeitschrift berichtet werden mußte, einen tüchtigen Vorrat zum Referieren¹⁴ mitnahm. Auch hier konnte ich mich überzeugen, daß nicht nur die Fähigkeit, im Strom der wissenschaftlichen Entwicklung frei mitzuschwimmen, völlig wieder hergestellt war, sondern auch das freiwillige Hervorspringen neuer Gedanken aus den gegebenen Anregungen wieder [221] eintrat. Auch das Planen neuer Bücher, die ich schreiben wollte, trat ungerufen auf. Damals entstanden insbesondere die ersten Entwürfe der „Grundlinien der anorganischen Chemie“, die allerdings erst drei Jahre später fertig werden sollten.¹⁵

Auch nach anderer Richtung wirkte jener Aufenthalt erfrischend auf meinen Zustand ein. An der Kieler Universität war damals *Aloys Riehl*¹⁶ als Professor der Philosophie tätig. Auf ihn hatte die Energetik einen starken Eindruck gemacht, insbesondere in der Form, wie ich sie vertrat. Bei persönlichen Begegnungen spendete er ihrem Erzeuger ein noch erheblich höheres Maß von Anerkennung, als ich auch bei freigebiger Selbsteinschätzung beanspruchen zu dürfen glaubte. Da zu der eben überwundenen gedrückten Gemütsstimmung die energische Ablehnung dieses wissenschaftlichen Gedankens seitens hochstehender Fachgenossen nicht wenig beigetragen hatte, wirkte diese gegenteilige Beurteilung wie Balsam auf eine schmerzhaft geschundene Stelle. Und wenn auch der hochgeschätzte Kollege später das Maß seiner

¹⁴ Heft 3, Bd. 20 der Zeitschrift für physikal. Chemie vom 7. August 1896 enthält 42 Referate und 14 Buchbesprechungen, Heft 4 vom 11. September 1896 80 Referate und ebenfalls 14 Buchbesprechungen.

¹⁵ Wilhelm Ostwald: Grundlinien der anorganischen Chemie. Leipzig : Engelmann, 1900

¹⁶ Aloys Riehl (1844-1924), 1895 Prof. der Philosophie an der Univ. Kiel

Anerkennung weitgehend einschränkte, so bin ich ihm doch dauernd zu Dank verpflichtet für die seelische Wohltat, die er mir damals erwiesen hat.

Die Laboratoriumsarbeit

Bei meiner Rückkehr in die amtliche Tätigkeit, Herbst 1896, mußte ich noch wohl oder übel mich mit meinen Mitarbeitern im alten Institut einschachteln. Es waren zuletzt sogar Kellerräume, die bisher dem Hausmann als Wohnung gedient hatten, angepaßt worden.¹⁷ Doch alle faßten sich trotz der vielen Unzulänglichkeiten in Geduld, da der Umzug in die neue Anstalt so bald bevorstand. Mir waren alle diese Beanspruchungen etwas schwer zu ertragen und ich erwog ernstlich, ob nicht der ganze inzwischen errichtete Neubau zu spät gekommen war und seinen Zweck zu einem guten Teil verfehlen würde. Doch haben wir, [222] meine Mitarbeiter und ich, hernach noch ein Jahrzehnt im neuen Hause gearbeitet und die Ausbeute ist nicht geringer gewesen, als im alten.

Die Frage, ob ich persönlich noch zu experimentellen Arbeiten tauglich war, beschäftigte mich ernstlich. Denn das lange Fernsein vom Laboratorium hatte nicht, wie früher viel kürzere Unterbrechungen in mir eine Sehnsucht nach neuer Handarbeit ausgelöst. Es lag mir aber sehr daran, mich zu überzeugen, ob ich noch oder wieder imstande war, solche Arbeiten auszuführen. Durch den Gegenstand des dritten Bandes des Lehrbuches war ich auf gewisse Fragen über die Eigenschaften der festen Körper geführt worden. Diese waren durch die Lehren vom osmotischen Druck und der elektrolytischen Dissoziation ganz und gar in den Hintergrund gedrängt worden, denn diese Gesetze beziehen sich nur auf flüssige Lösungen. Feste Körper kamen nur ausnahmsweise und im Zusammenhang mit jenen in Betracht. Auch hatte mich die Bearbeitung des Gebietes für die erste Auflage des Lehrbuches schon damals erkennen lassen, wie stiefmütterlich dieser Teil der Wissenschaft bisher behandelt worden war. So führte ich im Winter 1896/97 eine Untersuchung über die Grenze des festen, d. h. kristallinen Zustandes aus, bei der vielfach neue Fragestellungen und Forschungsmethoden zur Geltung kamen. Als Hauptergebnis stellte sich heraus, daß es der Menge nach eine untere Grenze des festen Zustandes gibt, unterhalb deren die kennzeichnenden Eigenschaften dieses Zustandes, insbesondere die Fähigkeit, in einer übersättigten oder überkalteten Flüssigkeit Kristallisation zu bewirken, nicht mehr nachweisbar sind. Diese Grenze liegt zwischen 10^{-10} und 10^{-1} Gramm, welches auch ungefähr die Grenze der mikroskopischen Sichtbarkeit ist. Und zwar gaben ganz verschiedene Methoden nahezu die gleiche Grenze. Außer diesem Ergebnis konnte ich noch eine [223] Anzahl anderer neuer Tatsachen und Betrachtungen mitteilen. Das Ganze gab eine ziemlich umfangreiche und interessante Arbeit.¹⁸

Hierdurch konnte ich mich – und das war mir bei weitem das Wichtigste dabei – überzeugen, daß auch mein wissenschaftlich-schöpferisches Können im Laboratorium erhalten geblieben war. Ich durfte also die Sorgen beiseite tun, daß mir die Fähigkeit abhanden gekommen sei, eine Anzahl von lernenden Arbeitsgenossen mit For-

¹⁷ Mit Schreiben vom 4.2.1894 hatte das Ministerium des Kultus und öffentlichen Unterrichts in Dresden die Genehmigung zum Neubau der Dienerwohnung für Lehrzwecke genehmigt.

¹⁸ Ostwald, Wilhelm: Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper. In: Zeitschr. f. physik. Chemie 22 (1897), Nr. 3, S. 289-330

schungsaufgaben und -mitteln zu versehen. Den Betrieb des Forschungslaboratoriums aufrecht zu erhalten, war ich somit noch imstande. Insbesondere hatte sich mir ein neues, äußerst fruchtbares Arbeitsgebiet aufgetan, in dem eine beliebig große Anzahl von Mitarbeitern angesiedelt werden konnte. Es war dies die Katalyse, auf welche bald näher eingegangen werden soll.

Der Verlust

Aber auch eine andere Tatsache war mir bei dieser Arbeit klar geworden, die nicht so erfreulich war. Die frühere unbegrenzte Freude an der wissenschaftlichen Handarbeit war nicht mehr vorhanden. Allerdings konnte ich mir sagen, daß dies eine natürliche Begleiterscheinung des Lebensalters sei. Ich war damals 43 Jahre alt und mir war ein Aufsatz im Gedächtnis geblieben, den ich längere Zeit vorher in der „Gartenlaube“ gelesen hatte. Er hieß: die Vierzig-Jahre-Krankheit und entwickelte den Gedanken, daß gerade besonders tätige Männer um das vierzigste Lebensjahr herum eine erste Enttäuschung oder Verstimmung zu erleben pflegen. Die Tätigkeit, die sie bisher ganz erfüllt und befriedigt hatte, beginnt plötzlich leer und zwecklos zu erscheinen. Die Erfolge, durch welche sie sich beglückt gefühlt hatten, verlieren diesen Gefühlswert und ein allgemeiner grauer Schleier senkt sich über das Dasein und seine Beziehungen. Das sei eine sehr häufige, fast normale Stufe [224] der persönlichen Entwicklung; sie lasse sich aber glücklicherweise überwinden.

In meinem Falle durfte ich annehmen, daß sich dieser Vorgang mit dem der Erschöpfung durch übermäßige Arbeit verbunden hatte, so daß beide sich nach der negativen Seite bis zu der Depression steigerten, die ich durchgemacht aber überwunden hatte. Auch diese Überlegung lehrte mich, das Erlebnis als ein physiologisches aufzufassen und nicht etwa als ein moralisches, wozu der nicht wissenschaftlich Denkende so leicht geneigt ist.

Historische Beispiele

Dazu brachten die geschichtlichen Forschungen, denen ich mich in Veranlassung meiner Geschichte der Elektrochemie¹⁹ (die eben beendet war) hingegeben hatte, zahlreiche Beispiele für die Tatsache, daß auch den eifrigsten und glücklichsten Forschern mit den Jahren die Lust an der Handarbeit schwindet. *Liebig*²⁰ schrieb mit 40 Jahren: „Ich bin durch die Arbeiten am Schreibtisch so sehr der praktischen Seite unseres Handwerks entwöhnt, daß mir nur zu schnell die Geduld ausgeht, wenn ich selbst Hand anlegen muß.“²¹ Und selbst die Aussicht auf eine gemeinsame Arbeit mit *Wöhler*,²² die er noch vor wenigen Jahren als ein hohes Glück empfunden hatte, vermag zunächst nicht, ihn dauernd am Laboratoriumstisch festzuhalten. Doch haben beide einige Jahre später wieder eine gemeinsame Arbeit gemacht, die freilich die letzte blieb.

¹⁹ Ostwald, Wilhelm: Die Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre. Leipzig : Veit & Comp. 1896

²⁰ Justus von Liebig (1803-1873), 1824 Prof. f. Chemie an der Univ. Giessen

²¹ Hofmann, A. W. (Hrsg.): Aus Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel in den Jahren 1829-1873. Braunschweig : Vieweg & Sohn, 1888. Ostwald zitiert aus den Briefen Liebig's vom 30.10.1843 und vom 2.11.1850 sowie aus den Briefen Wöhler's vom 22.7.1847 und vom 7.12.1850.

²² Friedrich Wöhler (1800-1882), 1836 Prof. für Chemie an der Univ. Göttingen

Und *Wöhler* schrieb mit 46 Jahren an *Liebig*: „Also auch Du bist so müde, so chemiemüde. Es ist mir dies ein ordentlicher Trost. Du glaubst nicht, wie müde ich bin, wie satt ich die Chemie habe, wie namentlich die organische Chemie mich ordentlich anekelt, mir wenigstens so langweilig ist, daß ich gähnen muß, wenn ich daran denke. Sind wir denn schon so alt, oder was ist es? Diese nervenschwächende Wirkung muß wirklich [225] der Chemie eigentümlich sein. Ich glaube, die materiellen Influenzen, die Dämpfe, Gerüche und all die Teufelstinkereien haben großen Anteil daran. Besonders ist es das Praktikum, was Einen so herunterbringt.“

Im gleichen Alter schrieb *Liebig*: „Seitdem ich wieder in Gießen bin, geht es mir wieder recht miserabel. Anderwärts bin ich gesund, ich schlafe und kann essen, was ich Lust habe, und alles dies schwindet, sobald ich das Arbeitszimmer oder das Laboratorium betrete; ich verdaue nicht und wache ganze Nächte durch, selbst wenn ich keine Arbeit vorhabe. Es wäre doch vielleicht besser gewesen, sich in Italien zu langweilen, als hier langsam zugrunde zu gehen. Beinahe möchte ich wünschen, die ganze Maschine stände still und alles wäre gut. Die Beschäftigung mit den jungen Leuten, die sonst meine Freude war, ist mir eine wahre Pein; eine Frage oder Auskunft macht mich ganz elend.“

Wöhler antwortet darauf: „Du schreibst ja ordentlich wie ein Hypochonder. Freilich geht es mir nicht viel besser, und auch ich bin durch das Praktikum oft bis zum Verzweifeln ermüdet. Es ist eben die Jugend, die uns fehlt. Die Maschine nützt sich täglich mehr ab, wie ein altes Uhrwerk.“

Abschied vom Labor

Ähnlich ist es auch mir ergangen. Im Anschluß an die eben erwähnte Arbeit²³ untersuchte ich die Geschwindigkeit, mit der sich die Kristallisation einer überkalteten Schmelze in einer engen Röhre fortpflanzt. Da ich nicht bald zu einfachen und übersichtlichen Ergebnissen gelangte, gab ich die Arbeit auf und habe sie auch später nicht zu Ende geführt.²⁴ Dies gab Anlaß zu einem Traum, der mich seitdem zuweilen plagt: daß ich irgendeine Arbeit begonnen hatte und sie ergebnislos mit der Empfindung aufgab, daß ich überhaupt zu nichts mehr brauchbar sei. Wenn ich dann aufwachte, konnte ich feststellen, daß irgendeine un-[226]angenehme physische Ursache: verschobene Decke, unbequeme Lage oder dergleichen in die Einkleidung eines moralischen Leides geschlüpft war.

Einen halben Trost gewährte mir eine andere experimentelle Arbeit, die ich 1899 ausführte. *W. Hittorf*²⁵ hatte an dem von *H. Goldschmidt*²⁶ nach seinem Thermitverfahren²⁷ hergestellten metallischen Chrom sehr merkwürdige Verhältnisse gefunden und ich benutzte eine kleine geschenkte Probe, um mir selbst eine Anschauung davon zu verschaffen. Hierbei fiel mir auf, daß die Wasserstoffentwicklung beim Auflösen

²³ s. FN 19

²⁴ Arbeiten über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Reaktionsfronten wurden später am Physik.-chem. Inst. auch unter der Leitung von R. Luther durchgeführt. Daraus gewonnene Erkenntnisse dienten als Erklärungshilfe für die Reizausbreitung in Nervenfasern.

²⁵ Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914), 1856 Prof. für Chemie an der Akademie Münster

²⁶ Hans Wilhelm Goldschmidt (1861-1923), 1887 Mitbegründer der chem. Fabrik Goldschmidt

²⁷ Verfahren zur Reduktion schwer reduzierbarer Metalloxyde mittels Aluminiumgrieß, 1895 von H. Goldschmidt vorgestellt

des Metalls in Salzsäure bald ganz aufhörte, bald heftig einsetzte, ohne daß eine äußere Änderung der Verhältnisse stattfand. Eine genauere Beobachtung ergab, daß diese Zustände regelmäßig wechselten und mit der Uhr in der Hand konnte ich feststellen, daß die zeitlichen Abstände gleich waren.

Diese freiwillige Periodizität fesselte meine Aufmerksamkeit, denn die allgemeine Frage, wie aus stetigen Verhältnissen überhaupt ein periodischer Vorgang entstehen kann, war mir schon unter ganz anderen Bedingungen entgegengetreten. Nämlich bei den von *R. Liesegang*²⁸ entdeckten periodischen Niederschlägen in Gallerten, den „Liesegangschen Ringen“.²⁹ Damals hatte ich eine leidliche Erklärung gefunden, die aber nur den Sonderfall erfaßte und die ganz allgemeine Frage war dadurch nur dringender geworden.

Die erste Aufgabe gegenüber der neuen Erscheinung war die Erfindung eines Verfahrens, die erforderlichen Beobachtungen und Messungen mit geringstem Zeitaufwand und doch so umfassend wie möglich auszuführen. Einen Assistenten mit der stumpfsinnigen Aufgabe zu belasten, dabei zu sitzen und die Perioden aufzuschreiben, brachte ich nicht übers Herz. Beim Nachdenken fragte ich mich, ob der Vorgang sich nicht selbst aufschreiben [227] könne nach den Grundsätzen, welche der verehrte *C. Ludwig*³⁰ in die experimentelle Physiologie eingeführt hatte. Die Geräte dazu kannte ich aus meinen Besuchen im physiologischen Institut. Bei geordneter Durchsicht der Möglichkeiten fand ich bald die Lösung in der elastischen Kapsel, deren Bewegungen sich selbst durch einen Schreibhebel auf einen bewegten Papierstreifen aufschreiben. Die nötigen Druckunterschiede ergaben sich indem ich den Ausfluß des Wasserstoffs durch einen kapillaren Widerstand verzögerte. In kurzer Frist war ein Apparat erdacht und erbaut, welcher mit geringer Mühe sechs Versuche nebeneinander über beliebig lange Zeit auszuführen ermöglichte und die Ergebnisse in zierlichen Kurven abliefern.³¹

²⁸ Raphael Eduard Liesegang (1869-1947), Photochemiker, Entdecker der nach ihm benannten Niederschlagsreaktionen in Gallerten

²⁹ ringförmige Strukturen als Ergebnis periodischer Fällungsreaktionen

³⁰ Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816-1895), 1865 Prof. für Physiologie und Dir. des Physiol. Institutes der Univ. Leipzig

³¹ Auslöser der Ostwald'schen Chromuntersuchungen war vermutlich der Vortrag W. Hittorfs auf der 6. Hauptversammlung der Elektrochemischen Gesellschaft am 26. Mai 1899 in Göttingen „Über das Verhalten des Chromes. Vgl.: Zeitschr. f. Elektrochem. 6 (1899), Nr. 1, S. 6-9. Ostwald hatte in der Diskussion die Vermutung ausgesprochen, es könne sich um katalytische Vorgänge handeln.

Am 3. Juli 1899 legte Ostwald der Sächs. Königl. Gesell. d. Wissenschaften die Arbeit vor: Periodische Erscheinungen bei der Auflösung des Chromes in Säuren: 1. Mitt. In: Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Kl. (1899), Nr. 4, S. 221-249. Die zweite Mitteilung erschien an gleicher Stelle (1900), Nr. 2, S. 27-84.

Dabei stellte Ostwald auch seine Meßanordnung vor, um die unter der Bezeichnung Amperemanometer 1900/1901 im Band VII der Zeitschrift f. Elektrochemie ein Prioritätsstreit stattfand. Die Meßanordnung ist auch auf einigen bekannten Fotografien aus dem Ostwald'schen Laboratorium abgebildet. Vgl. C. W. Foulk: The Ostwald-van't Hoff photograph and other memories of Ostwald's laboratory. In: J. of Chem. Education (Jun 1934), p. 357-360

Die Untersuchungen waren Thema eines intensiven Briefwechsels zwischen Ostwald und Goldschmidt im Zeitraum Juli 1899 - Mai 1900, der u.a. zu Probeschmelzen nach Ostwald's Vorschlägen führte. 1960 wurden im Zuge von Baumaßnahmen im Haus „Energie“ in Großbothen eine umfangreiche Sammlung von Chromproben „entsorgt“.

Wieder empfand ich die gewohnte Freude über die geglückte Lösung der technischen Aufgabe. Was die wissenschaftliche Seite anlangt, so wurden zwar zahlreiche beschränkte Gesetzmäßigkeiten aufgedeckt; die vollständige Aufklärung aber mußte unterbleiben. Denn diese besondere Eigenschaft des Chroms fand sich nur bei den ersten Schmelzen; alles spätere Chrom löste sich ohne Schwingungen. *H. Goldschmidt* hat auf meine Bitte zahlreiche Sonderschmelzungen vorgenommen; es ist aber niemals wieder schwingendes Chrom entstanden. So mußte, als der Vorrat erschöpft war, die weitere Arbeit aufgegeben werden.

Es könnte hier noch von einigen weiteren experimentellen Arbeiten erzählt werden, die ich noch vor meinem Scheiden vom Amt und Institut ausgeführt habe³² und die wie meine alten Arbeiten vollen Erfolg ergaben. Es waren die Ausläufer einer Tätigkeitsform an Einzelfragen, die mehr und mehr in den Hintergrund treten mußten, weil die allgemeinen Probleme alles in Anspruch nahmen, was ich an freier Energie erübrigen konnte.

[228] Abrechnung

Zog ich die Summe aus diesen stark einschneidenden Erlebnissen, so mußte ich sagen, daß ich als ein Anderer aus ihnen herausgekommen war. Das Jugendfeuer, mit dem ich jede Art der Arbeit und Beanspruchung auf mich nahm, wenn sie nur im Dienst der vielgeliebten Wissenschaft stand, war ausgebrannt. Ich hatte damit zu rechnen, daß mir von nun ab ein gemessener Betrag Energie für meine Arbeiten zugewiesen war, mit dem ich auskommen mußte und dessen sachgemäße Bewirtschaftung für mich weiterhin eine wichtige Angelegenheit wurde. Zur Hervorbringung wissenschaftlicher Gedanken von wertvoller und selbständiger Beschaffenheit war ich noch geeignet, nicht mehr aber für die Durchführung ausgedehnter und anspruchsvoller experimenteller Arbeiten.

Am wenigsten hatten meine Fähigkeiten als Autor gelitten, obwohl ich in der Schreibtischarbeit weniger Maß gehalten hatte, als nach anderer Richtung. Zwar ganz unverletzt war ich auch hier nicht geblieben, denn für die Versenkung in die Arbeiten anderer Forscher zum Zweck ihrer methodischen Einreihung in den großen Wäscheschank der Wissenschaft brachte ich nicht mehr die frühere frohe Hingabe mit. In dem Maße, als die Ausdehnung und Wichtigkeit kleiner neuen Aufgaben wuchs (wenigstens nach meiner persönlichen Einschätzung), in gleichem Maße wurde ich weniger willig oder geschickt, mich auf fremde Gedanken einzustellen. Mein geistiger Muskelbau hatte vielleicht an gesamter Kraft gewonnen, hatte aber jedenfalls einen guten Teil seiner früheren Geschmeidigkeit eingebüßt. Bei der Begrenztheit menschlicher Energien ist dies vermutlich ein natürlicher und notwendiger Vorgang.

Einen erheblichen Verlust mußte ich aber bezüglich meines Gedächtnisses feststellen. Dies war früher ungewöhnlich gut gewesen. Als ich 1886 mein Lehrbuch³³ [229] beendet hatte, waren mir nicht nur sämtliche Tatsachen, über die ich berichtet, und sämtliche Gedanken, die ich dazu ausgesprochen hatte, vollständig gegenwärtig, sondern ich konnte noch lange Jahre hernach die „Evidenzhaltung“ (wie es in der

³² u. a. über Quecksilberoxyd und die Oberflächenspannung fester Körper

³³ Ostwald, Wilhelm: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig : Engelmann 1886

österreichischen Kanzleisprache heißt) des gesamten Bestandes meiner Wissenschaft durchführen.

Dies war nun nicht mehr der Fall. Die letzte starke Gedächtnisleistung war meine Geschichte der Elektrochemie³⁴ gewesen, wo ich das früher niemals geordnete und gestaltete massenhafte Material zu einem logisch-harmonischen Ganzen zusammengefaßt hatte, was ohne ein bereitwilliges Gedächtnis nicht ausführbar ist. Und schon hierbei hatte ich mit kleinen technischen Hilfsmitteln nachgeholfen. Nun mußte ich mich überzeugen, daß ich mich auf mein Gedächtnis nicht mehr verlassen konnte. Zuweilen versagte es in der Gestalt, daß ich Dinge nicht mehr wußte, die mir früher geläufig gewesen waren. Zuweilen, glücklicherweise selten, hatten sich sogar falsche Inhalte an die Stelle der richtigen geschoben. Diese unwillkommenen Feststellungen waren der erste Anlaß, daß mich Fragen des Ordens von Tatsachen und Gedanken zum Zweck, sie jederzeit gebrauchsfertig zur Hand zu haben, zunehmend zu beschäftigen begannen. Denn solange man über seinen gesamten Bestand an Wissen gedächtnismäßig frei verfügt, empfindet man kein Bedürfnis nach Ordnung.

Diese Verhältnisse zeichnen sich deutlich nach außen ab. Solange mein Gedächtnis willig war, lag auf meinem Schreibtisch alles durcheinander, denn ich wußte ihn auswendig und konnte augenblicklich jedes Ding finden, das ich brauchte. Die Frauen, welche in Abwesenheit ihrer Männer deren Schreibtisch „aufräumen“, wissen nicht (und lassen es sich nur langsam klarmachen, daß sie damit die Beziehung zwischen den Gegenständen und ihrem örtlichen Erinnerungsbild im Gedächtnis des In-[230]habers zerstören. Sie zwingen ihn, den Schreibtisch von neuem auswendig zu lernen, und dies zu einer Zeit, wo nach der Rückkehr die aufgehäuften Arbeiten besonders starke Ansprüche an den Mann stellen, der über diese zwecklose Mehrbelastung natürlich unwillig wird. Aber ich glaube nicht, daß es Frauen gibt, die nicht diese natürliche Reaktion als eine grobe Undankbarkeit empfinden und glaube auch nicht, daß diese Darlegungen einen großen Einfluß auf das Ordnungsbedürfnis der guten Frauen, die sie etwa lesen, gegenüber dem Schreibtisch des Mannes haben werden.

In dem Maße, als bei mir dies unterbewußte Ortsgedächtnis abnahm, mußte ich selbst mehr und mehr Ordnung auf meinem Schreibtisch und an meinen anderen Arbeitsplätzen einhalten. Und wenn ich jetzt bei einem Blick über diese Gebiete in meinen Arbeitszimmern feststellen muß, daß noch manches an der wünschenswerten Ordnung fehlt, so tröstet mich der Gedanke, daß dies als ein Beweis dafür gelten kann, daß mir von meinem früheren guten Gedächtnis noch einige Reste verblieben sind.

Der Unterricht

Am schwersten fand ich mich mit meinen neuen physiologischen Daseinsbedingungen ab insofern sie das Verhältnis zu meinen Schülern beeinflussten.

Das neue Laboratorium erwies sich bei der Übersiedlung als gut gefüllt und hat auch auf die Dauer die Fülle der Mitarbeiter nur eben beherbergen können, obwohl es geräumig angelegt war. Insbesondere war der Zuzug aus dem Auslande stark gewachsen, so daß zuzeiten in der Abteilung der selbständigen Arbeiten die Deutschen die

³⁴ vgl. FN 20

Minderzahl bildeten. Es waren so gut wie alle Kulturvölker vertreten. Amerikaner und Engländer waren in Mehrzahl vorhanden, daneben Russen, Holländer, Italiener, Franzosen, Japaner usw. Ich habe mich stets bemüht, nicht der bei den deutschen Kollegen so verbreiteten Bevorzugung der Ausländer zu verfallen.

[231] Während ich im ersten Jahrzehnt meiner Leipziger Tätigkeit keine größere Freude gekannt hatte, als täglich von einem Schüler zum anderen zu gehen, um mit jedem seine Arbeit zu besprechen und wohl auch im Anschluß daran weitere Gedanken anzuregen und zu entwickeln, mußte ich nun zu meiner schmerzlichen Überraschung feststellen, das dies deutlich anders geworden war. Bewußt wurde es mir einmal plötzlich durch folgenden scheinbar gleichgültigen Vorfall. Ich pflegte die Besprechungen stehend zu erledigen, indem ich von einem Schüler zum anderen trat. Als mich – es war schon im neuen Institut – ein Schüler um eine etwas schwierigere Auskunft bat, suchte ich unwillkürlich nach einem Sessel, um sitzend die Sache zu behandeln. Das heißt: die Auskunft nahm so viel Energie in Anspruch, daß ich nach allen anderen Richtungen sparen mußte.

Hierdurch aufmerksam gemacht, prüfte ich mich sorgsam bei meinen späteren Rundgängen. Ich mußte mir zugeben, daß diese Tätigkeit, die ja die anspruchsvollste von allen ist, nicht mehr von freudigen Gefühlen begleitet war, sondern zunehmend als Last empfunden wurde. Auch hier überwand ich die schmerzliche Seite dieser Erfahrung durch die Einsicht, daß sie physiologisch und nicht moralisch zu beurteilen war.

Ich half mir praktisch dadurch, daß ich neben den Assistenten, die mir amtlich zu- gebilligt waren, noch mindestens zwei zur Betreuung der Schüler mit gleichem Gehalt anstellte,³⁵ die ich aus meiner Tasche bezahlte. Da ich um jene Zeit reichliche Einnahmen hatte, die meisten durch das Bücherschreiben, so fiel mir dies nicht schwer. Ich habe auf solche Weise in den letzten Jahren meiner Lehrtätigkeit mehr als 50000 M. aufgewendet. Dadurch behielt jeder Assistent die Hälfte der Arbeitszeit frei für seine eigenen Forschungen und die Schüler wurden doch völlig ausreichend persönlich gefördert, [232] ohne daß ich überall eingzugreifen hatte. Die Assistenten haben hernach sämtlich selbständige Professuren erlangt, waren also sicherlich fähig, ihres Amtes zu walten.

So hatte ich die Beruhigung gewonnen, daß ich trotz der durchgemachten Erkrankung die wissenschaftliche Arbeit in ihrem ganzen Umfange: Forschung, Schreiben, Unterrichten wieder leisten konnte, wenn auch unter etwas anderen Bedingungen als bisher. Da gleichzeitig die hellen und zweckmäßigen Räume des neuen Instituts ebenso dringend wie freundlich zu neuer Arbeit einluden, sah ich eine neue Blüte meiner wissenschaftlichen Tätigkeit vor mir. Aber schon waren die Fäden gesponnen, die meinen Wegen ganz andere Richtungen geben sollten.

³⁵ Ostwald verfolgte diese Praxis beginnend mit dem Wintersemester 1897/98.

Ueber Hrn. Ostwald's Vortrag über den wissenschaftlichen Materialismus¹

Ludwig Boltzmann

§17. Nur noch einige Worte über den Vortrag, den Hr. Ostwald in der letzten allgemeinen Sitzung zu Lübeck gegen den wissenschaftlichen Materialismus hielt, mögen mir gestattet sein. Derselbe ist freilich der Hauptsache nach an ein grösseres Publikum gerichtet; er arbeitet mehr mit Gleichnissen und allgemeinen Betrachtungen, auf welche hier einzugehen sich von selbst verbietet, da sie, wenn auch noch so glänzend dargestellt, weder beweisen, noch widerlegen. Allein manchem ist doch mit so hervorragender Beredtsamkeit der Schein strenger Logik verliehen, dass ich ein näheres Eingehen wenigstens auf einzelne Punkte dieses Vortrages hier für gerechtfertigt halte.

Ich glaube dies um so mehr tun zu sollen, als bereits mehrfach junge Leute sich mit dem mühelosere Ernte versprechenden Gebiete der Energetik zuwenden, welche die zu einer erfolgreichen Thätigkeit auf dem Gebiete der theoretischen Physik nöthige mathematische Kritik nicht besitzen.

§ 18. Wenn Hr. *Ostwald* dagegen ankämpft, dass heute jedermann die Atome und Kräfte sich als die letzten Realitäten denke, dass man die Erreichbarkeit des Ideals der *Laplace'schen* Weltformel für gewiss, den Beweis dafür für erbracht halte, kämpft er gegen eine durchaus nicht mehr vorhandene Anschauung an. Die Kraft hält wohl kaum irgend jemand mehr für eine Realität; niemand behauptet, dass der Beweis erbracht worden sein, dass sich die Gesamtheit der Naturerscheinungen unzweifelhaft mechanisch erklären lasse. Lässt sich aber die Gesamtheit nicht erklären, so gilt dies auch von keinem einzelnen Erscheinungsgebiete in allen damit zusammenhängenden Gebieten und Beziehungen, da jedes mit allen anderen zusammenhängt. Ich selbst habe einmal eine Lanze für die mechanische Naturanschauung gebrochen, aber nur in dem Sinne, dass sie ein kolossaler Fortschritt gegenüber der früheren rein mystischen ist. Dagegen war die Ansicht, dass es keine andere Naturerklärung geben könne, als die aus der Bewegung materieller Punkte, deren Gesetze durch Centralkräfte bestimmt sind, vor Hrn. *Ostwald's* Ausführungen längst fast allgemein verlassen.

Wir sind heute viel vorsichtiger; diese Vorstellung ist uns nur ein Bild, das wir nicht anbeten, das möglicherweise der Vollendung fähig ist, möglicherweise aber auch einst ganz zu verlassen sein wird. Heute aber ist es uns jedenfalls noch von dem grössten Werthe, als das einzig consequent durchgeführte in vielen wichtigen Zügen mit der Erfahrung übereinstimmende Bild, das wir besitzen.

Die präzise Beschreibung der Naturerscheinungen möglichst unabhängig von allen Hypothesen, hält man heute allgemein für das allerwichtigste. Ich citire da nur

¹ Boltzmann, Ludwig: Ein Wort der Mathematik an die Energetik. In: Ann. d. Physik u. Chem. NF. 57 (1896), S. 39-71. - Die Seiten 39-63 (Teile 1 und 2 dieser Ausarbeitung) beschäftigen sich überwiegend mit mathematischen Betrachtungen zur Energetik. Da Ostwald sich in seiner Entgegnung nur ausnahmsweise auf diesen Teil der Arbeit bezieht, beschränkt sich die Wiedergabe auf den 3. Teil.

Maxwell's Abhandlung² über *Faraday's* Kraftlinien aus dem Jahr 1856, wo auch schon die verschiedenen optischen Hypothesen ganz im *Ostwald'schen* Sinne gewürdigt werden, ferner die Einleitung zu *Hertz'* Buch „Ueber die Ausbreitung der electrischen Kraft“ aus dem Jahre 1892, endlich die Rede, mit welcher der englische Premierminister *Lord Salisbury* die Oxforder Versammlung der British Association 1894 eröffnete. Auch die Gastheorie betrachtet schon lange nicht mehr die Molecüle ausschliesslich als Aggregate materieller Punkte, sondern als unbekannte, durch generalisirte Coordinaten bestimmte Systeme.

Darin also, dass der Weiterbildung jeder Ansicht freier Spielraum zu gewähren sei, sind wir einig. Dagegen scheint mit alles, womit Hr. *Ostwald* zu beweisen sucht, dass die Anschauungen der alten theoretischen Physik unhaltbar seien oder gar, dass ihnen die der Energetik schon heute vorzuziehen seien, unbegründet.

Er sagt im allgemeinen, dass die heute üblichen Methoden der theoretischen Physik viele Lücken aufweisen und noch weit davon entfernt sind, eine consequente, vollkommen klare Beschreibung aller Naturerscheinungen zu liefern. Nun weist aber die Energetik noch viel grössere Lücken auf, ihre Beschreibung der Naturerscheinungen ist noch viel unklarer. Daraus schliesst er nicht etwa, man solle die Energetik vorläufig weiter gewähren lassen, sondern die gegenwärtigen Anschauungen der theoretischen Physik seien vollständig zu verlassen und durch die der Energetik zu ersetzen. Man solle sich überhaupt kein Bild der Wirklichkeit machen. Aber sind denn alle menschlichen Gedanken etwas anderes als Bilder der Wirklichkeit? Nur von der Gottheit soll und kann man sich kein Bild machen; diese bleibt aber deshalb auch ewig gleich unbegreiflich. Man solle auf jede Anschauung verzichten; die Gefahr, die darin liegt, haben aber eben alle im Vorhergehenden gerügten Fehlschlüsse bewiesen.

§ 19. Ich will mich nun nicht mehr mit philosophischen Allgemeinheiten beschäftigen, wie mit der Frage, ob wir den Stock fühlen oder dessen Energie oder Schwingungen unserer Nerven oder des Centralorgans oder etwas, was hinter all dem liegt, oder ob ein Gläubiger zufrieden sein wird, wenn wir ihn statt mit materiellem Gelde mit gesprochener oder thätlicher Energie bezahlen. Ebenso wenig frage ich, ob, wie Hr. *Ostwald* meint, die wirkliche Welt ein Specialfall aller möglichen, oder ob letztere nur phantastische Combinationen des Wirklichen in etwas veränderter Anordnung sind. Auch der Schwierigkeiten, welche sich bei Annahme einer kinetischen Energie ohne allen Träger derselben factisch ergeben, habe ich schon in § 6 gedacht. Ich will daher jetzt nur noch suchen, wo sich unter den Argumenten, womit Hr. *Ostwald* zu beweisen sucht, dass die mechanische Weltanschauung mit unzweifelhaften und allgemein anerkannten Wahrheiten in Widerspruch steht, etwas sachlich greifbares findet, und dies dann bruchstückweise, wie ich es gerade finde, auf seine Richtigkeit prüfen.

§ 20. Dass sowohl Eisen als auch Sauerstoff aus winzig kleinen Theilchen von gänzlich unbekannter Natur bestehen, durch deren innige Mischung (Paarung) das Eisenoxydul entsteht, wurde seit jeher als eine Hypothese bezeichnet. Ihre Annahme ist im Stande, uns vollständig begreiflich zu machen, dass das Gemisch eine so bedeutend andere Wirkung auf unsere Sinne ausübt und wiederum in seine Bestandtheile zerlegt werden kann. Durch das Wort Hypothese ist aber schon ausgedrückt, dass

² FN im Original: Maxwell, Ostwald's Classiker Nr. 69

diese Annahme über die beobachtete Thatsache des fast sprungweisen Wechsels der Eigenschaften hinausgeht und dass die Möglichkeit einer ganz anderen Erklärung oder, wenn man will, einer noch einfacheren und übersichtlicheren Beschreibung dieses Wechsels nicht ausgeschlossen ist. Dabei bleibt aber umgekehrt die Möglichkeit bestehen, dass sich noch zahlreiche Consequenzen der alten Hypothese bestätigen, dass wir dadurch eine etwas klarere Vorstellung erhalten, wie wir uns die Atome zu denken haben und daher nicht lange (ob für immer, bleibt eben unentschieden) die Beibehaltung dieser Hypothese mindestens neben der blossen Beschreibung der Gesetze der Vorgänge höchst nützlich ist.

Man muss durch die neuen erkenntnisstheoretischen Dogmen ganz befangen sein, um zu behaupten, obige Hypothese zur Erklärung der chemischen Verbindungen sei von einem reinen Nonsens nicht weit entfernt. Weil die sinnfälligen Eigenschaften das einzige uns direct Zugängliche seien, sei es absurd, zu behaupten, dass eine innige Mischung nicht auch andere sinnfällige Eigenschaften haben könne, als die Bestandtheile. Hat doch schon in einem Brei das Wasser und das verwendete Pulver vieles von den sinnfälligen Eigenschaften verloren und doch sind die Theilchen des letzteren mit dem Mikroskop noch sichtbar. Beim Eisenoxydul ist die Hypothese, dass eine Mischung vorliege, natürlich viel weniger sicher, als beim Brei; die Möglichkeit, dass erstere Hypothese einmal durch eine andere verdrängt werden wird, soll zugegeben werden; aber dass sie, wenn richtig verstanden, ein Unsinn sei, das zu behaupten – ist ein Unding.

Ueberhaupt hat das Misstrauen zu den aus den directen Sinneswahrnehmungen erst abgeleiteten Vorstellungen zu dem dem früheren naiven Glauben entgegengesetzten Extreme geführt. Nur die Sinneswahrnehmungen sind uns gegeben, daher – heisst es – darf man keinen Schritt darüber hinausgehen. Aber wäre man consequent, so müsste man weiter fragen: Sind uns auch unsere gestrigen Sinneswahrnehmungen gegeben? Unmittelbar gegeben ist uns doch nur die eine Sinneswahrnehmung oder der eine Gedanke, den wir jetzt im Moment denken. Wäre man consequent, so müsste man nicht nur alle anderen Wesen ausser dem eigenen Ich, sondern sogar alle Vorstellungen, die man zu allen früheren Zeiten hatte, leugnen. Woher weiss ich denn davon? Durch Erinnerung; aber woher weiss ich, dass nicht bloss die Erinnerung vorhanden ist, die Wahrnehmung aber, auf die ich mich erinnere, niemals vorhanden war, wie das bei Irren fortwährend und hie und da auch bei Nichtirren vorkommt. Will man also nicht zum Schlusse kommen, dass überhaupt nur die Vorstellung, die ich momentan habe und sonst gar nichts existirt, was schon durch den Nutzen des Wissens für die Handlungsweise widerlegt wird, so muss man schliesslich bei aller dabei nöthigen Vorsicht doch unsere Fähigkeit aus den Wahrnehmungen auf etwas, das wir nicht wahrnehmen, Schlüsse zu ziehen, zugeben, die wir freilich immer zu corrigiren haben, sobald sie mit Wahrnehmungen in Widerspruch kommen. So schliesst jeder auf das Vorhandensein anderer Personen ausser ihm. Betrachten wir ein anderes Beispiel. Ich halte für wahrscheinlich, dass auf dem Mars Meere, Festlande, Schnee existiren, sogar, dass um andere Fixsterne sich Planeten ähnlich der Erde drehen, dass unter denselben wohl noch der eine oder andere mit Lebewesen, die uns ähnlich, aber auch in manchem von uns verschieden sind. Wollte man mit Hr. *Ostwald* schliessen, so müsste man sagen, ich habe keine Aussicht, je etwas davon wahrzunehmen, ja die ganze Menschheit hat keine Aussicht, von Lebewesen, die die Planeten eines anderen

Fixsterns bevölkern, etwas wahrzunehmen. Nun existiren aber bloss unsere Wahrnehmungen, daher können auf den Planeten eines anderen Fixsterns keine Lebewesen existiren.

§ 21. Hr. *Ostwald* schliesst aus dem Umstande, dass man in den mechanischen Differentialgleichungen, ohne sie sonst zu ändern, das Vorzeichen der Zeit umkehren kann, dass die mechanische Weltauffassung nicht erklären könne, warum in der Natur die Vorgänge sich immer mit Vorliebe in einem bestimmten Sinne abspielen. Dabei scheint mir übersehen zu sein, dass die mechanischen Vorgänge nicht bloss durch die Differentialgleichungen, sondern auch durch die Anfangsbedingungen bestimmt sind. Im directen Gegensatz zu Hr. *Ostwald* habe ich es als eine der glänzendsten Bestätigungen der mechanischen Naturanschauung bezeichnet, dass dieselbe ein ausserordentlich gutes Bild von der Dissipation der Energie liefert, sobald man annimmt, dass die Welt von einem Anfangszustande ausging, der bestimmte Bedingungen erfüllt und den ich dort als einen unwahrscheinlichen Zustand bezeichnete.³ Hier kann ich nur von der dabei zu Grunde liegenden Idee durch ein ganz einfaches Beispiel einen Begriff zu geben suchen. In der Trommel, aus welcher beim Lottospiel gezogen und in welcher dieselben gemischt werden, sollen zweierlei Kugeln (weisse und schwarze) ursprünglich geordnet liegen, z. B. oben die weissen, unten die schwarzen. Nun soll durch irgend eine Maschine die Trommel beliebig lange gedreht werden. Niemand wird zweifeln, dass wir es im Verlaufe dieser Drehung mit einem lediglich mechanischen Vorgange zu thun haben und doch werden dabei die Kugeln immer mehr gemischt werden, d. h. es wird immer die Tendenz bestehen, dass ihre Vertheilung sich in einem bestimmten Sinne (der vollständigen Mischung zueilend) ändert. Gerade so wird die Welt, wenn sie von einem Zustande ausging, in welchem die Anordnung der Atome und ihrer Geschwindigkeiten gewisse Regelmässigkeiten zeigte, durch die mechanischen Kräfte mit Vorliebe solche Veränderungen erfahren, wobei diese Regelmässigkeiten zerstört werden. Wie diese Regelmässigkeiten entstanden sind, kommt hierbei natürlich ebensowenig in Frage, als wie die Atome und Bewegungsgesetze derselben entstanden sind.

§ 22. Hr. *Ostwald* würde gewiss nicht behaupten, dass der Druck keine gerichtete Grösse sei, wenn er berücksichtigte, dass bei jeder Bewegung eines Gases im allgemeinen Gasreibung auftritt. Bei derselben ist aber der Druck nicht mehr nach allen Richtungen gleich und nicht mehr senkrecht auf der gedrückten Fläche; er ist ein mit der Richtung der Normalen zu dieser Fläche nicht zusammenfallender Vector, dessen Lage durch besondere Richtungscosinus bestimmt werden muss. Gerade diese Verhältnisse werden durch die Gastheorie sehr gut erklärt.

§ 23. Auch wer die Möglichkeit einer mechanischen Naturerklärung nicht leugnet, wird diese doch für ein äusserst schwieriges Problem halten, ja für eines der schwierigsten, welche es für den menschlichen Geist überhaupt gibt. Dass daher viele Versuche, dieses Problem zu lösen, missglückt sind, wird niemanden wundern. So sind die Emanationstheorie des Lichtes, die Theorie des Wärmestoffes und der electrischen und magnetischen Fluida, von denen die letztere im *Weber'schen* Gesetze gipfelte, zwar zur Versinnlichung gewisser Gesetze noch immer nützlich, doch sind sie als Hypothesen ein überwundener Standpunkt. Aber man kann doch keineswegs

³ FN im Original: Vgl. mein Buch „Ueber Gastheorie“ §§ 8 und 9 (J. A. Barth, Leipzig, 1896)

sagen, dass jede mechanische Hypothese abgewirthschaftet hat. Zu den uralten mechanischen Theorien sind auch die mechanische Theorie des Schalles, die Hypothese, dass die Sterne riesige, Millionen von Meilen weit entfernte Körper viel grösser als die Erde sind und viele ähnliche Anschauungen zu zählen, welche ja auch ursprünglich Hypothesen waren und erst mit der Zeit allmählich fast bis zur Gewissheit sich bestätigten. Wenn wir alle Hypothesen, die zur Gewissheit wurden, nicht mitzählen und an alle zweifelhaften nicht glauben, so dürfen wir uns freilich nicht wundern, wenn nichts mehr übrig bleibt. Aber auch abgesehen hiervon sind die gewissermaassen von *Demokrit* datirende Atomtheorie, die von *Bernoulli* und *Rumford* stammende specielle mechanische Wärmetheorie, die mechanischen Bilder der Chemie, Krystallographie, Electrolyse etc. in Ansehen und in steter Entwicklung begriffen, ja selbst die Undulationstheorie des Lichtes ist durch die electromagnetische Lichttheorie keineswegs einfach beseitigt, wenn sie auch sicher bedeutender Veränderungen bedarf. Denn wenn die Erklärung der Electricität vom Standpunkte der heutigen oder wohl auch einer weiter entwickelten Mechanik gelingen sollte, wovon die Möglichkeit nicht erwiesen, aber auch nicht widerlegt ist, so können ganz gut die rasch wechselnden dielectrischen Polarisationen, welche nach der electromagnetischen Lichttheorie das Wesen des Lichts bilden, wieder mit einem Hin- und Herschwingen von Theilchen identisch weden. Wir haben also hier Erfolge, denen alle philosophischen Naturanschauungen von *Hegel* bis *Ostwald* einfach nichts entgegenzusetzen haben.

§ 24. Ich komme zum Schlusse. Es ist in erster Linie eine möglichst hypothesenfreie Naturbeschreibung anzustreben; dies geschieht am klarsten in der von *Kirchhoff*, *Clausius* (in seiner allgemeinen Wärmetheorie),⁴ v. *Helmholtz*, *Gibbs*, *Hertz* etc. ausgebildeten Form. Die Ausdrucksweise der Energetik hat sich hierzu bisher wenig geeignet erwiesen. Ebenso muss der pädagogische Werth der Energetik wenigstens in ihrer heutigen Form bestritten werden, ja ihre Weiterentwicklung in dieser Form wäre geradezu für die präzise Naturauffassung verhängnissvoll. So enthält z. B. der allgemeine Theil eines grossen Lehrbuchs der Chemie⁵ infolge des Vorherrschens der energetischen Ausdrucksweise zahlreiche Stellen, welche auf den Studirenden verwirren wirken müssen.

Neben diese allgemeinen theoretischen Physik sind die Bilder der mechanischen Physik sowohl um neues zu finden als auch um die Ideen zu ordnen, übersichtlich darzustellen und im Gedächtnis zu behalten, äusserst nützlich und noch heute fortzupflegen. Die Möglichkeit einer mechanischen Erklärung der ganzen Natur ist nicht bewiesen, ja, dass wir dieses Ziel vollkommen erreichen werden, kaum denkbar. Doch ist ebensowenig bewiesen, dass wir darin nicht noch vielleicht grosse Fortschritte machen werden und daraus noch vielfachen neuen Nutzen ziehen können. Niemand kann weiter davon entfernt sein, als die Vertreter der heutigen theoretischen Physik, zu behaupten, dass man sicher wisse, dass die in derselben herausgebildeten Denkformen sich ewig als die passendsten erweisen werden. Niemand kann weiter davon entfernt sein, Versuchen, andere Denkformen auszubilden. etwas in den Weg stellen

⁴ Clausius, Rudolph J. E.: Die mechanische Wärmetheorie. Bd. 1 u. 2. 2. umgearb., vervollst. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 1876

⁵ vermutlich bezieht sich Boltzmann hier auf: Ostwald, Wilhelm: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. 2. umgearb. Aufl., 2. Bd. Tl. 1. Chemische Energie. Leipzig: Engelmann, 1893

oder sie von vorn herein als verfehlt erklären zu wollen. Doch dürfen dieselben auch nicht, bevor sie wirkliche Erfolge erreicht haben, polemisch gegen die altbewährten Denkformen auftreten oder diese gar als nur wenig verschieden vom völligen Unsinn bezeichnen. Die Ausdrucksweise der allgemeinen theoretischen Physik ist vielmehr heute noch die zweckmässigste und praktischste, die uralten Bilder der mechanischen Physik sind noch keineswegs überflüssig. Niemand weiss, ob dies immer der Fall sein wird, doch wäre es völlig müssig, sich über die Frage, welche Denkformen nach Jahrhunderten die zweckmässigsten sein werden, schon heute den Kopf zu zerbrechen. In diesem Sinne bin ich auch weit entfernt, die Möglichkeit zu leugnen, dass die Weiterentwicklung der Energetik für die Wissenschaft noch von grösstem Nutzen sein wird. Nur darf dieselbe nicht so geschehen, wie es in neuester Zeit von einigen Forschern versucht wurde, die sich (nach meiner Meinung nicht mit Recht) für Nachfolger *Gibbs'* halten.

Gegen die neuere Energetik¹

Max Planck

Bald nach der Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents durch *R. Mayer* und *J. G. Joule*, im Jahre 1853, veröffentlichte der englische Physiker *W. J. M. Rankine*² einen Aufsatz „On the general law of the transformation of energy“, in welchem er den Versuch machte, durch Eintheilung der Energie in verschiedene Formen und Zerlegung einzelner derselben in zwei Factoren das *Carnot'sche* Princip zu einem allgemeinen Gesetz zu erweitern, welches sämtliche Naturvorgänge umfassen sollte. Er liess später seiner Arbeit noch mehrere andere über dasselbe Thema folgen, doch weder ihm noch einem anderen Physiker gelang es, mit dieser Methode nennenswerthe Resultate zu erzielen, sodass sie keine allgemeinere Beachtung fand und schliesslich ziemlich in Vergessenheit gerieth. Auf geraume Zeit blieb es dann mit dieser von *Rankine* als Energetik bezeichneten Richtung ganz stille. Inzwischen formulirte *Clausius* seinen „zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie“, entdeckte im weiteren Verfolg seiner Untersuchungen den Begriff der Entropie, und nun begann eine lange Reihe fruchtbarer Anwendungen dieses Satzes, durch *Clausius* selber, *Lord Kelvin*, *Gibbs*, v. *Helmholtz* u. A., – Anwendungen, die auf den verschiedensten Gebieten der Physik und Chemie neues Licht über die wechselseitige Abhängigkeit der Erscheinungen verbreitet haben und durch die Erfahrung ausnahmslos bestätigt worden sind.

Nachdem nun so durch eine Anzahl ausgezeichnete Arbeiten die denkbar festeste Grundlage für eine solide Weiterbildung der thermodynamischen Principien geschaffen worden war, ist in neuerer Zeit die Energetik, unabhängig von *Rankine*, aber im wesentlichen von denselben Ideen ausgehend, wiederum auf den Plan getreten, indem sie die in der Thermodynamik gefundenen Sätze von einem veränderten, scheinbar universelleren Standpunkt aus betrachtet und sie dann mit so einfachen Mitteln ableitet, dass man ihren Inhalt ohne erhebliche Mühe sozusagen direct hinschreiben kann. Weiter aber erhebt sie sich vermöge ihrer allgemeineren Methodik hoch über die bisher auf den einzelnen Gebieten der Physik ausgebildeten Theorien, sie verspricht noch ganz andere Probleme lösen zu wollen, als diese es je vermocht haben, und nimmt neuerdings sogar den Kampf mit der mechanischen Naturanschauung auf, welcher die Naturwissenschaft doch schon grosse Erfolge verdankt.

Ich beabsichtige an dieser Stelle nicht, für die mechanische Naturanschauung in die Schranken zu treten; dazu würden tiefgehende und zum Theil sehr schwierige Untersuchungen gehören. Hier handelt es sich um viel elementarere Dinge, nämlich um die Frage nach der mathematischen Berechtigung der neueren Energetik überhaupt. Denn schon die Untersuchung dieser Vorfrage führt jeden Fachkundigen zu dem unvermeidlichen Schluss, dass der neueren Energetik jede feste Grundlage mangelt, dass ihre einfachen Beweise gerade da, wo sie am wichtigsten wären, Scheinbe-

¹ Planck, Max: Gegen die neuere Energetik. In: Ann. d. Phys. u. Chem. NF. 57 (1896), S. 72-78

² FN im Original: Rankine, Phil. Mag. (4) 5. p. 106. 1853.

weise sind, und dass sie daher an die wirklichen Probleme gar nicht einmal hinanreicht, geschweige denn irgend etwas zu ihrer Lösung beizutragen vermag.

Zum Belege dieser Behauptung diene die Kritik eines der charakteristischen Begriffe der Energetik: der *Volumenenergie*. Von der Volumenenergie ist in den Schriften der Energetiker gegenwärtig so häufig die Rede, dass manche Physiker und Chemiker, die der Energetik an und für sich noch ferner stehen, sich an diesen Namen gewissermaassen schon gewöhnt haben, und den Ursprung des entsprechenden Begriffes keiner besonderen Prüfung mehr unterziehen. Und doch lehrt eine solche Prüfung sehr bald, dass die Volumenenergie, kurz und bündig gesprochen, ein mathematisches Unding vorstellt, nämlich eine Grösse, die in Wirklichkeit gar keine ist. Denn von einer Grösse, und zumal von einer Energiegrösse, die doch in der Energetik die Substanz $\chi\alpha\tau' \epsilon\zeta\omicron\gamma\eta\nu$ ³ repräsentirt, muss man vor allen Dingen verlangen, dass sie durch den chemischen und physikalischen Zustand des betreffenden Systems auch wirksam bestimmt ist, in der Weise, dass wenn das System nach beliebigen Veränderungen wieder in seinen früheren Zustand gelangt, auch die bezügliche Energiegrösse wieder ihren früheren Werth annimmt. Ohne diesen Satz würde ja das Energieprincip vollständig seine Bedeutung verlieren.

Fragen wir nun aber z. B. nach der Volumenenergie irgend eines Gases bei gegebener Masse, Temperatur und Dichte. Die Energetik antwortet: die Volumenenergie ist $\int p \, d v$, wenn p den Druck, v das Volumen des Gases bezeichnet. Dieses Integral stellt in der Energetik die Veränderung der Volumenenergie des Gases dar, welche eintritt, wenn das Gas eine Zustandsänderung erleide, und sein Werth wird durch die Zustandsänderung bestimmt. Führt man nun das Gas durch eine fortlaufende Reihe von Zustandsänderungen, z. B. durch einen *Carnot'schen* Kreisprocess, in seinen alten Zustand zurück, so müsste nach dem obengesagten, da das Gas seinen alten Zustand wieder einnimmt, auch seine Volumenenergie wieder die alte, mithin ihre Gesammtänderung gleich Null sein. Es ist aber wohl bekannt, dass dies im allgemeinen mit jenem Integral durchaus nicht der Fall ist, sondern dass das Gas bei einem solchen Kreisprocess im ganzen je nach den Umständen positive oder negative Arbeit leistet. Daher hat es überhaupt gar keinen Sinn, von einer Volumenenergie eines Gases zu reden, als von einer physikalischen Grösse, mit der gerechnet werden kann.

Man wende hier nicht ein, dass es niemals auf den absoluten Werth der Volumenenergie, sondern immer nur auf eine Differenz ankomme. Allerdings kommt es nur auf eine Differenz an, aber die Differenz der Volumenenergien in zwei bestimmten Zuständen muss eben eine ganz bestimmte sein, und darf nicht, wie das obige Integral, davon abhängen, auf welchem Wege man das Gas aus dem einen Zustande in den anderen bringt.

Clausius hielt diesen Umstand für so wichtig, dass er seinen „Gesammelten Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie“⁴ eine mathematische Einleitung vorausschickte: „Ueber die Behandlung von Differentialgleichungen, welche nicht im

³ (griech.) vorzugsweise

⁴ FN im Original: Clausius, Erste Abtheilung. Braunschweig 1864

(Clausius, Rudolph J. E.: Gesammelte Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie. Braunschweig : Vieweg, 1864)

gewöhnlichen Sinne integrabel sind“, und in seiner Vorrede diese Einrichtung mit den folgenden Worten begründete:

„Ein fernerer Uebelstand welcher bisher, wie ich mehrfach vernommen habe, die Benutzung meiner Abhandlungen beeinträchtigte, bestand in der Schwierigkeit, welche sie an manchen Stellen darboten. Die mechanische Wärmetheorie hat neue Ideen in die Wissenschaft eingeführt, welche von den früher verbreiteten Ansichten abweichen und sie erforderte daher auch eigenthümliche mathematische Betrachtungen. Besonders ist eine gewisse Art von Differentiagleichungen zu erwähnen, welche ich in meinen Untersuchungen angewendet habe, und welche von den sonst gewöhnlich vollkommenen in einem wesentlichen Punkte verschieden sind, wodurch, wenn man den Unterschied nicht genau beachtet, Missverständnisse entstehen können. Die Bedeutung und die Behandlungsart dieser Differentialgleichungen sind zwar schon längst durch *Monge* festgestellt, scheinen aber nicht allgemein genug bekannt zu sein, denn in der That hat eine unrichtige Auffassung dieser Gleichungen einen heftigen Angriff gegen meine Theorie veranlasst.“

Der Inhalt jener Einleitung betrifft gerade die Behandlung derartiger Differentialausdrücke, die, wie $p \, d v$, sich nicht allgemein integrieren lassen und daher auch nicht als vollständiges Differential einer Grösse, welche vom physikalischen Zustand abhängt, angesehen werden können.

Auch in der zweiten Auflage seines Buches (1876) hat *Clausius* mit derselben Entschiedenheit auf diesen Punkt hingewiesen (§ 3 der mathematischen Einleitung), ohne leider, wie man sieht, allenthalben die nöthige Beachtung gefunden zu haben.

Der vorliegenden Stichprobe, welche zur principiellen Unhaltbarkeit eines der Hauptbegriffe der Energetik geführt hat, lässt sich noch eine Reihe anderer hinzufügen, mit dem nämlichen Ergebniss; doch kann ich hier auf die Besprechung weiterer Punkte verzichten, zumal ich im nächsten Jahre Gelegenheit haben werde, die Begriffe und Resultate der Thermodynamik in einer besonderen ausführlichen Darstellung zusammenzufassen.⁵

Auf der anderen Seite ist nun nicht zu leugnen, dass der Energetik, vermöge ihrer Beziehungen zum Princip der Erhaltung der Energie, ein gewisser Kern innewohnt, der zugleich die besondere Anziehungskraft zu erklären geeignet ist, welche die energetische Richtung auf manche Naturforscher ausübt. Aber es fällt einem in derartigen Untersuchungen Geübten nicht schwer, schon jetzt zu übersehen, dass eine nach Gebühr von ihren augenblicklichen Auswüchsen befreite Energetik ihre Anwendbarkeit auf ein Gebiet beschränkt sehen wird, dessen Umfang sich ungemein bescheiden ausnimmt gegenüber den hohen Ansprüchen, mit denen sie gegenwärtig auftritt; und zwar will es die grausame Fügung des Schicksals, dass dieses Gebiet gerade dasjenige ist, auf welches sie, als auf einen engen Specialfall, gerne mit einer gewissen Geringschätzung herabblickt, nämlich die Mechanik, sofern man von der Reibung, der Diffusion, der unvollkommenen Elasticität und verwandten Vorgängen absieht, ferner die Electrodynamik, einschliesslich des Magnetismus, sofern man von der *Joule'schen* Wärme, der magnetischen Hysteresis etc. absieht, weiter die Optik, sofern man von der Absorption, Dispersion etc. absieht, kurz: alle diejenigen in endlichen Zeiten sich

⁵ Planck verweist hier vermutlich auf seine „Vorlesungen über Thermodynamik“, 1. Aufl. Leipzig : Veit & Comp., 1897

abspielenden Vorgänge, welche die Eigenschaft besitzen, dass sie auch in gerade umgekehrter Richtung genau ebenso verlaufen können, und die daher nur ideale Abstraktionen von den in Wirklichkeit stattfindenden Processen vorstellen. Hier wird eine correcte Energetik immerhin manches zur Veranschaulichung der Vorgänge in der Natur beitragen können, hier besitzt der Satz von der Zerlegbarkeit der Energieformen in den Capacitäts- und den Intensitätsfactor, und was damit zusammenhängt, Gültigkeit, und auf diesem Boden finden sich denn auch alle Beispiele vereint, durch welche die Energetik dem Verständniß näher gebracht wird. Thatsächlich Neues wird sie freilich auch auf diesem Gebiete kaum bieten können, denn gerade hierfür besitzt die Wissenschaft längst eine Methode, die schon jetzt alle Fragen, welche man hinsichtlich des messbaren Verlaufs der Erscheinungen stellen kann, viel eindeutiger und viel vollständiger beantwortet, als es die Energetik vermuthlich je zu thun im Stande sein wird: Das *Hamilton'sche* Princip der kleinsten Wirkung.

Jedoch für die Thermodynamik, die chemische Verwandtschaftslehre, die Electrochemie, sowie für alle oben ausgeschlossenen Erscheinungen, verlieren die einschlägigen Begriffe und Sätze der Energetik Sinn und Bedeutung. Hier erzielt sie die überraschende Leichtigkeit ihrer Beweise einfach dadurch, dass sie den Inhalt der zu beweisenden Sätze, der allerdings jedesmal vorher bekannt sein muss, rückwärts in ihre Definitionen zerlegt; wie aber dann diese Definitionen ausfallen, haben wir oben an dem Beispiel der Volumenenergie gesehen. Durch solche kurzsichtigen Operationen wird der Zusammenhang der Dinge nicht aufgehellt, sondern verdunkelt. Vor Allem hat die Energetik die Verschleierung des principiellen Gegensatzes zwischen reversibeln und irreversibeln Processen verschuldet, an dessen Herausarbeitung und weiterer Vertiefung nach meiner Ueberzeugung jeder Fortschritt der Thermodynamik und der Verwandtschaftslehre geknüpft ist. Denn dass die Ausgleichung der Niveauebenen einer schweren Flüssigkeit in zwei communicierenden Röhren etwas Grundverschiedenes ist von dem Ausgleich der Temperaturen zweier in directem Wärmeaustausch stehender Körper, kommt in der Energetik gar nicht, oder erst nebensächlich, zum Ausdruck. Deshalb wird sie auch niemals im Stande sein, aus diesem Unterschiede neue charakteristische Folgerungen abzuleiten.

Und in der That: Nichts, schlechterdings gar nichts hat die Energetik bis zum heutigen Tage an positiven Leistungen aufzuweisen, obwohl ihr seit *Rankine* dazu Zeit und Gelegenheit in Fülle geboten war. „Aber sie hat auch“, könnte man entgegen, „noch in keinem einzigen Falle zu einem Widerspruch mit der Erfahrung geführt.“ Ganz richtig – aus dem einfachen Grunde, weil die Energetik vermöge der Unsicherheit ihrer Begriffe überhaupt nicht fähig ist, ein neues Resultat hervorzubringen, welches an der Erfahrung geprüft werden kann. Und hiermit ist derjenige Vorwurf ausgesprochen, der unter allen als der schwerwiegendste angesehen werden muss. Denn eine Theorie, welche, um ihre Existenz zu wahren, darauf angewiesen ist, den wirklichen Problemen auszuweichen, wurzelt nicht mehr in dem Reich der Naturwissenschaft, sondern auf metaphysischem Boden, wo ihr die Waffen der Empirie allerdings nichts mehr anhaben können. Darum halte ich es für meine Pflicht, mit allem Nachdruck Verwahrung einzulegen gegen den weiteren Ausbau der Energetik in der von ihr in neuerer Zeit eingeschlagenen Richtung, welche gegenüber den bisherigen Ergebnissen der theoretischen Forschung einen empfindlichen Rückschritt bedeutet und nur den einen Erfolg haben kann, die Jünger der Wissenschaft statt zu gründlicher

Vertiefung in das Studium der vorliegenden Meisterwerke, zu dilettantenhaften Speculationen zu ermuntern und dadurch ein weites und fruchtbares Gebiet der theoretischen Physik auf Jahre hinaus brach zu legen.

Anmerkung des Herausgebers:

Wie sich M. Planck eine leistungsfähige Naturbeschreibung vorstellt, hat er etwa 15 Jahre später in seinem Vortrag „Die Stellung der neueren Physik zur mechanischen Naturanschauung“ auf der 82. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Königsberg am 23.9.1910 ausgeführt.⁶ Dort heißt es z. B. auf S. 63 zur Hypothese:

„Der Maßstab für die Bewertung einer neuen physikalischen Hypothese liegt nicht in ihrer Anschaulichkeit, sondern in ihrer Leistungsfähigkeit. Hat die Hypothese sich einmal als fruchtbar bewährt, so gewöhnt man sich an sie, und dann stellt sich nach und nach eine gewisse Anschaulichkeit ganz von selber ein.“

und weiter auf S. 65:

„Nach dem Prinzip der Relativität besitzt die unseren Beobachtungen zugängliche physikalische Welt vier vollkommen gleichberechtigte und vertauschbare Dimensionen. Drei von ihnen nennen wir den Raum, die vierte die Zeit, und aus jedem physikalischen Gesetz lassen sich durch Vertauschung der darin vorkommenden Weltkoordinaten drei andere Gesetze ableiten.

Das oberste physikalische Gesetz, die Krone des ganzen Systems, bildet, wenigstens nach meiner Auffassung, das Prinzip der kleinsten Wirkung, welches die vier Weltkoordinaten in vollkommen symmetrischer Anordnung enthält.⁷ Von diesem Zentralprinzip strahlen symmetrisch nach vier Richtungen vier ganz gleichwertige Prinzipien aus, entsprechend den vier Weltdimensionen; den räumlichen Dimensionen entspricht das (dreifache) Prinzip der Bewegungsgröße, der zeitlichen Dimension entspricht das Prinzip der Energie. Niemals war es früher möglich, die tiefere Bedeutung und den gemeinsamen Ursprung dieser Prinzipien soweit zurück bis zur Wurzel zu verfolgen.

Auch das Verhältnis der mechanischen zur energetischen Naturanschauung rückt durch diese Auffassung in eine neue Beleuchtung. Denn wie die energetische Naturanschauung auf dem Energieprinzip, so fußt die mechanische Naturanschauung auf dem Prinzip der Bewegungsgröße. Sind doch die drei bekannten *Newtonschen* Bewegungsgleichungen nichts anderes als der Ausdruck des Prinzips der Bewegungsgröße, angewendet auf einen materiellen Punkt; denn nach ihnen ist die Änderung der Bewegungsgröße gleich dem Impuls der Kraft. Jede der beiden Naturanschauungen, die mechanische wie die energetische, leidet somit an einer gewissen Einseitigkeit, wenn

⁶ vgl. Planck, Max: Vorträge und Erinnerungen. 8. unveränd. Auflage. Darmstadt : Wiss. Buchges., 1965. - S. 52-68

⁷ FN im Original: Da das Prinzip der kleinsten Wirkung gewöhnlich durch ein Zeitintegral ausgedrückt wird, so scheint darin eine Bevorzugung der Zeit zu liegen. Diese Einseitigkeit ist indessen nur eine scheinbare und durch die Art der Bezeichnungsweise bedingt. Denn das „Wirkungsintegral“ (die Größe deren Variation verschwindet) irgend eines physikalischen Vorgangs ist gegenüber allen *Lorentz*-Transformationen invariant.

auch die erstere der zweiten insofern wesentlich überlegen ist, als sie, entsprechend dem vektoriellen Charakter der Bewegungsgröße, drei Gleichungen liefert, die energetische dagegen nur eine einzige Gleichung. Natürlich gilt das Gesagte nicht nur für die Bewegung eines einzelnen materiellen Punktes, sondern überhaupt für jeden reversibeln Vorgang aus dem Gebiete der Mechanik, der Elektrodynamik oder der Thermodynamik.“

Zur Energetik¹

Wilhelm Ostwald

Wenn die Verhandlungen auf der Lübecker Naturforscherversammlung² zwar kein Einverständniß, aber doch einen Ausgleich zwischen den sich entgegenstehenden Ansichten bezüglich der Energetik zu haben schienen, so ist durch eine in diesen Annalen erschienene Abhandlung von Hrn. *Boltzmann*³ ein solcher Anschein auf das Vollständigste zerstört und der genannten Anschauungsweise so gut wie jeder Werth abgesprochen worden. Von den erhobenen Einwänden kann ich einen Theil als begründet anerkennen, einen anderen und grösseren Theil glaube ich auf Missverständnisse zurückführen zu müssen und kann ihn nicht anerkennen.

Ein Eingehen auf alle Punkte der umfangreichen Schrift ist mir zunächst nicht möglich: einerseits mit Rücksicht auf den Raum dieser Zeitschrift, andererseits infolge einer durch von mir unabhängige Ursachen bedingten Nothwendigkeit einer Einschränkung meiner Arbeiten. Insbesondere bin ich verhindert, auf die *rechnerischen* Einwände des Hrn. *Boltzmann* schon jetzt einzugehen, und ich erwähne diesen Umstand, um die Unvollständigkeit dieser meiner Antwort zu erklären, und ausdrücklich zu betonen, dass ich keineswegs bezüglich aller hier nicht erwähnten Punkte Hrn. *Boltzmann* im Rechte glaube.

Zunächst dürfte es wichtig sein, einige allgemeine Gesichtspunkte bezüglich der Frage festzustellen. Man kann eine Energetik im weiteren von einer im engeren Sinne, oder eine unbewusste von einer bewussten Energetik unterscheiden. Die erste ist etwa ein halbes Jahrhundert alt, und hat unter dem Namen der mechanischen Wärmetheorie oder Thermodynamik den grossen Fortschritt der Physik und Chemie bewirkt, welcher in dieser Zeit stattgefunden hat. Die Vertreter dieser Richtung waren meist Anhänger der mechanischen Auffassung der Natur und haben zum Theil auch in diesem Sinne eine rege Tätigkeit entfaltet. Doch fiel den hier thätigen Forschern schon früh auf, dass die thermodynamischen Methoden die Möglichkeit ergaben, unabhängig von allen derartigen Auffassungen Ergebnisse von grosser Tragweite zu erlangen; als Grundlage dieser Schlüsse dienten in erster Linie die beiden Hauptsätze der Thermodynamik, wie sie von *Mayer*, *Helmholtz*, *Clausius* und *Thomson* formulirt waren, und in zweiter Linie gewisse empirische Gesetze, wie die Gasgesetze, die electrostatischen etc., die zum Theil ausdrücklich ausgesprochen, zum Theil stillschweigend vorausgesetzt wurden. Als fundamentaler Begriff des ersten Hauptsatzes erschien dabei die *Energie*, für den zweiten wurde der *Entropie* mehr oder weniger ausdrücklich diese Stellung eingeräumt. Ueber die allgemeine oder erkenntnistheoretische Bedeutung und Stellung dieser Begriffe finden sich bei den eigentlichen Förderern der

¹ Ostwald, Wilhelm: Zur Energetik. In: Ann. d. Physik u. Chem. NF. 58 (1896), S. 154-167

² 67. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck, 16.-20.9.1895, Ostwald's Vortrag ist enthalten in: Verhandlungen der Ges. Dt. Naturforscher u. Ärzte. 67. Versammlung (1895), S. 155-168, (Tl. 1, Allgem. Sitzg.), s. a. Mitt. der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (1998), Nr. 1, S. 29

³ FN im Original: Boltzmann, Wied. Ann. 57. p. 39. 1896

Thermodynamik nur spärliche Aeusserungen: in erster Linie stand ihre analytische Formulirung. Meist wurde die Energie als eine Eigenschaft der Materie behandelt, d. h. als eine gewisse Funktion ihrer Zustandsvariabeln. Noch weit blasser war die Anschauung für den Entropiebegriff. *Clausius* führt ihn als den „Verwandlungsinhalt“, die Summe von dem Verwandlungswerth der Wärme und der „Disgregation“ oder dem Verwandlungswerth der stattfindenden Anordnung der Bestandtheile ein. Es ist bekannt, welche Schwierigkeiten dieser Begriff der Forschung gemacht hat, und wie mannichfaltige Umbildungen er erfahren hat: geblieben ist von ihm nicht viel mehr, als die analytische Form. Diese freilich ist von *Clausius* und seinen Arbeitsgenossen nach dem Vorgange von *Carnot* und *Clapeyron* so glücklich gebildet worden, dass sie ohne Aenderung die ganze Reihe von begrifflichen Umbildungen ausgehalten hat, die in den hier in Frage kommenden Richtungen auch heute nichts weniger als abgeschlossen sind, und auch voraussichtlich den weiteren gegenüber dauern wird.

Diese vorwiegend analytische Richtung, in welcher als schöpferisch thätig noch *Willard Gibbs* zu nennen ist, hat sich unvergängliche Verdienste um die Entwicklung unserer Kenntnisse erworben. Doch liegt es im Wesen des analytischen Verfahrens, dass die *Wege*, auf denen aus den Voraussetzungen die Ergebnisse erreicht werden, physikalisch im Dunklen bleiben. Die mathematischen Operationen gestatten nur in den seltensten Fällen die Möglichkeit, die physikalische Bedeutung jedes Schrittes sich anschaulich zu halten, oder setzen wenigstens hierfür eine Entwicklung des Anschauungsvermögens voraus, die nur wenigen Bevorzugten zutheil wird. Es ist dies in in gewissem Sinne ein grosser Vorzug; unter Einhaltung der formalen Gesetze der mathematischen Operationen ist man sicher, aus richtigen Voraussetzungen richtige Resultate zu finden, indem man sich die Nähe einer physikalischen Deutung aller Zwischenformeln ersparen kann. Aber es wird immer eine grosse Zahl von Naturforschern geben, denen hierbei noch etwas fehlt, und welche zwischen Ausgang und Ende nicht nur den analytischen, sondern auch den physikalischen Zusammenhang herzustellen das Bedürfniss haben. Der Weg, dieses Bedürfniss zu befriedigen ist immer derselbe: er besteht in der Bildung geeigneter neuer Begriffe, deren Inhalt so beschaffen ist, dass er die Beziehung zwischen Prämisse und Schluss enger zusammenrückt und somit übersehbar macht. Dieser Art war beispielsweise der Energiebegriff: in der Mechanik war längst die analytische Beziehung bekannt, dass die Differenz der lebendigen Kräfte und der Kräftefunction constant sei, doch erst die Bildung jenes Begriffes ermöglichte es, die fragliche Beziehung geschlossen und anschaulich aufzufassen. Welchen immensen Werth eine derartige Begriffsbildung besitzt, ist an dem angeführten Beispiel ersichtlich.

In manchen Fällen kommt die Entwicklung des analytischen Verfahrens dem hier erörterten Bedürfnisse entgegen. Denn Begriffe von erkenntnisstheoretischer Allgemeinheit besitzen, was in der Natur der Sache liegt, die Eigenschaft, dass sie sich auch analytisch als werthvoll erweisen, indem sie eine mehr oder weniger erhebliche Abkürzung oder Vereinfachung der Methoden gestatten. Ein gutes Beispiel hierfür ist das *Potential*, welches zuerst als analytisches Hilfsmittel aufgestellt, sich allmählich zu einem recht anschaulichen und ausgiebigen Denkmittel entwickelt hat. Welcher von diesen beiden Wegen zuerst gegangen wird, hängt von Zufälligkeiten ab; so ist im Gegensatz zum *Potential Faradays* Conception der Kraftlinien anfänglich allseitig als unmathematisch abgewiesen worden, obwohl *Faraday* ihr grosse Erfolge zu verdan-

ken hatte, und erst viel später hat sie ihre analytische Darstellung durch *Maxwell* gefunden.

Aus diesem Bedürfnisse der *begrifflichen* Bewältigung der Beziehungen, welche die Energiegesetze aufgedeckt hatten, ist nun die Richtung entstanden, welche ich als die Energetik im engeren Sinne, oder die *bewusste* Energetik bezeichnen möchte. Ihr erster Vertreter ist *J. R. Mayer* selbst, welcher den Begriff der Energie (seiner „Kraft“) als den erkannte, aus welchem sich am erfolgreichsten jene Aufgabe lösen liess; darum betonte er von vornherein und immer wieder die Realität und Substantialität seiner „Kraft“. Indessen ging dieser Gedanke zunächst verloren und auch *Rankine's* schwerverständliche Ansätze zur Aufstellung allgemeiner Eigenschaften der Energie fanden keinen Anklang. Ich brauche die weitere Geschichte dieser Entwicklung und die sporadischen Ansätze in dieser Richtung hier nicht zu schildern, da ich es an einem anderen Orte gethan habe; es genügt zu betonen, dass der Versuch einer systematischen Energetik erst den letzten Jahren angehört. Man vergleiche hiermit die Vorwürfe auf S. 77 der Annalen, dass die Energetik nichts geleistet habe, „obwohl ihr seit *Rankine* dazu Zeit und Gelegenheit in Fülle geboten war“.

Mit der Auffassung der Energie als das allen anderen Grössen übergeordneten Hauptbegriffes geschah der Uebergang von der unbewussten Energetik zur bewussten. Dass es sich hierbei wirklich um einen Schritt handelt, welcher noch zu thun war, geht beispielsweise aus der Thatsache hervor, dass *W. Gibbs* auf den ersten Seiten seiner grossen Arbeit⁴ mit einigem Nachdruck eine (nach meiner Meinung nicht zutreffende) *Symmetrie*beziehung zwischen Energie und Entropie durchführt, also beide Grössen als entsprechende und daher in solchem Sinne gleichwerthige behandelt. Mit jedem Schritt war nun *die Aufnahme der gesammten Ergebnisse der bisherigen Thermodynamik in die Energetik* bewerkstelligt, und es ist durchaus nicht zulässig, beide in einen Gegensatz zu stellen. Vielmehr bestände auch dann heute eine Energetik, wenn gar kein Versuch gemacht worden wäre, die analytischen Formen der überkommenen Thermodynamik zu ändern und zu vereinfachen. Alle Einwendungen, welche gegen diese Versuche gemacht worden sind, treffen nicht die Energetik als erkenntnisstheoretischen Fortschritt, sondern eben nur die einzelnen Versuche der Anwendung dieses Fortschrittes. Dass hier nicht beim ersten Ansatz das Richtige getroffen wird, ist so wenig überraschend, dass vielmehr das Umgekehrte geschichtlich fast beispiellos dastehen würde.

An dieser Stelle bin ich gezwungen, auf meine eigene Thätigkeit in dieser Richtung einzugehen. Meine erste Arbeit hierzu ist vom Juni 1891,⁵ ihre wichtigsten Gesichtspunkte sind die folgenden: 1. Der Hinweis auf die Unzulänglichkeit der mechanistischen Theorien, 2. die Aufstellung des Postulats, dass etwaige allgemeine Gesetze der Physik nothwendig Energiegesetze sein müssen, da ausser Raum und Zeit nur die Energie allen Gebieten gemeinsam ist, 3. der vorläufige Ausspruch des Gesetzes der virtuellen Energieänderungen als Kriterium des Gleichgewichts. Als erstes Ergebniss dieses Programms entwickelte ich eine Kritik und Umbildung des

⁴ Gibbs, J. Willard ; Ostwald, Wilhelm (Übers., Hrsg.): Thermodynamische Studien. Leipzig : Engelmann, 1892

⁵ FN im Original: W. Ostwald, Sitzungsber. d. K. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. 1891; Zeitschr. f. physik. Chemie **9**, p. 563. 1892.

„absoluten“ Maasssystems, die seitdem mehrfach anerkennend erwähnt wurde und, soviel mir bekannt, ohne wesentlichen Widerspruch. wenn auch ohne äusseres Ergebniss geblieben ist.

Aus jener ersten Abhandlung erlaube ich mir folgende „persönliche Bemerkung“ anzuführen: „Von Untersuchungen über die Gesetze der chemischen Vorgänge ausgehend, bin ich stufenweise zu weiteren und weiteren Fragen geführt worden, die mich zu einer Bethätigung in Gebieten zwingen, mit deren Hilfsmitteln durch Einzel Forschungen vertraut zu werden, ich früher keine Gelegenheit gehabt habe. *Ich bin mir daher dessen lebhaft bewusst, dass die nachstehenden Darlegungen vielfach die Schwierigkeiten erkennen lassen werden, mit denen ich in der Handhabung jener Hilfsmittel zu kämpfen habe. Wenn ich Nachsicht beanspruche, so ist es in Bezug auf die hieraus entspringende Ungelenkigkeit der Darstellung und Entwicklung.* Im übrigen habe ich es nicht vermeiden können, so vielfach mit den bisher allgemein anerkannten und üblich gewesenem Anschauungs- und Denkgewohnheiten in Widerspruch zu gelangen, dass eine eindringliche Prüfung meiner Darlegungen von anderer Seite, nachdem ich in diesen Sachen gethan habe, was in meinen Kräften stand, mir als das einzige Mittel erscheint, diese immerhin hinlänglich wichtige Angelegenheit weiter zu fördern.“

Im folgenden Jahre (1892) erhielt ich von Hrn. *Boltzmann* die Einladung, eine Skizze der Energetik für die wissenschaftliche Beilage des Katalogs der Ausstellung mathematischer Instrumente in München zu schreiben. Es entstand hieraus meine zweite Abhandlung,⁶ die ich Hrn. *Boltzmann* mit der Bitte um rücksichtslose Kritik und Rücksendung im Falle der Unbrauchbarkeit zustellte. Hr. *Boltzmann* erklärte sich zur Aufnahme bereit, doch bewirkte irgend ein Umstand, ich glaube, eine längere Verzögerung in der Drucklegung des Katalogs, dass ich inzwischen die Abhandlung in den Sitzungsberichten der Gesellschaft der Wissenschaften abdrucken liess und auf die Drucklegung an der anderen Stelle verzichtete. *In dieser Abhandlung ist ein erheblicher Theil der Entwicklungen enthalten, welche Hr. Boltzmann jetzt beanstandet.* Den Gegenstand der Abhandlung bildet vorwiegend eine allgemeinere Auffassung des zweiten Hauptsatzes, welche in dem Satze vom unmöglichen *perpetuum mobile zweiter Art* ihren prägnantesten Ausdruck fand.

Durch diese beiden Arbeiten habe ich in den behandelten Gebieten den Uebergang von der unbewussten Energetik zur bewussten zu vollziehen versucht. Das heisst, ich habe auf Grund des Umstandes, dass alle physikalischen, bez. thermodynamischen Gleichungen⁷ nothwendig Gleichungen zwischen Energiegrössen sein müssen, die Forderung aufgestellt, diesen Umstand auch begrifflich und analytisch in den Vordergrund zu stellen und daher sowohl die Begriffsbildung wie die Rechnung von der Betrachtung der vorhandenen Energien ausgehen zu lassen. Ihren schärfsten Ausdruck hat dies erkenntnisstheoretische Postulat durch meinen Hinweis erhalten, dass der unbestimmt und widerspruchsvoll gewordene Begriff der Materie durch den der Energie zu ersetzen ist, da nur auf solchem Wege die Uebereinstimmung zwischen

⁶ FN im Original: W. Ostwald, Sitzungsber. d. K. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. p. 211. 1892; Zeitschr. f. physik. Chemie **10**. p. 363. 1892.

⁷ FN im Original: Ausgeschlossen sind geometrische und phoronomische Beziehungen, bei denen nur eine Art Energie in Frage kommt.

dem, was wir durch unsere Formeln zu Ausdruck bringen, und dem, wovon wir zu reden pflegen, hergestellt werden kann.

Eine nicht geringe Zahl brieflicher und mündlicher Aeusserungen namhafter Fachgenossen hat mir damals das Zeugnis gegeben, dass ihnen diese Wendung neu und unerwartet gekommen ist. Wenn ich mit Hrn. *Boltzmann* weiss und anerkenne (p. 64),⁸ dass gegen die Zulänglichkeit der mechanistischen Ansicht schon vor mir vielfach Einwendungen gemacht worden sind, so ist doch seine Behauptung, diese Anschauung sei „durchaus nicht mehr vorhanden“, einfach falsch. Ein Blick in fast jedes heutige Lehrbuch der Physik oder Chemie wird ihn anders belehren. Es handelt sich hier offenbar um eine Verwechslung zwischen den Anschauungen, zu denen Hr. *Boltzmann* gegenwärtig selbst gelangt ist, und denen, in denen sich die Mehrzahl der naturwissenschaftlich denkenden und arbeitenden Menschen bewegen. Eine genaue Statistik solcher Dinge lässt sich natürlich nicht aufstellen, dass es aber sehr viel mehr Anhänger als Gegner der mechanistischen Hypothese giebt, ja sehr viele Naturforscher, die die letztere gar nicht für eine Hypothese, sondern für eine ausgemachte Wahrheit halten, scheint mir vollkommen ausser Zweifel zu stehen.

Ueber die Unzulänglichkeit der Mechanistik sind wir einig; um so weniger freilich über die Zulänglichkeit der Energetik. In einem Punkte will ich Hrn. *Boltzmann* alsbald Recht geben: eine vollständige Bearbeitung der Physik vom rein energetischen Gesichtspunkte besteht noch nicht, und die vorhandenen Versuche zur Bearbeitung einzelner Gebiete mögen vielfach verbesserungsbedürftig sein. Es wird dies niemanden Wunder nehmen, der weiss, wie kurz die Zeit, und wie gering die Zahl der Arbeiter hier ist, und aus der Geschichte der Wissenschaft sich erinnert, wie vielfach ein neuer Gedanke umgeschmolzen und umkrystallisirt werden muss, bevor er hinlänglich rein geworden ist.⁹ In der That hätte ich mich nicht berechtigt fühlen dürfen, auf Grund dieser Leistungen die Ueberlegenheit der Energetik zu behaupten. Was mir das Recht dazu gegeben hat, ist die principielle Einsicht von der centralen Stellung des Energiebegriffes in dem ganzen System unserer physikalischen Anschauungen. Hat beispielsweise *Willard Gibbs* unter den 700 Gleichungen seiner grossen Arbeit kaum ein Dutzend oder zwei, welche nicht Gleichungen zwischen verschiedenen Energieverthen sind, so bin ich berechtigt, zu sagen, dass eine Physik, die *bewusst* von dieser Thatsache ausgeht, einen weiterreichenden Gesichtspunkt besitzt, als eine, die auf diesen Umstand nicht achtet. Die allgemeine Kenntniss der Energiearten und ihrer Beziehungen ist die Formel, unter welche sich die ganze Aufgabe der Physik bringen lässt: daraus folgt, dass ihre allgemeinen Naturgesetze nichts Anderes sein können, als *Energiegesetze*, und dass der Weg, den sie jetzt nothwendig gehen muss, der der Energetik ist. Welchen Weg sie in einer *ferneren* Zukunft gehen wird - diese Frage zu beantworten, habe ich in meiner Lübecker Rede ausdrücklich abgelehnt.

Aber, wird mein Gegner ausrufen, das ist Zukunftsmusik; was bisher in dieser Richtung von den Energetikern geleistet ist, befriedigt *mich* nicht. Auch das kann ich zugeben. Ich kann unmöglich ihm und Anderen die vielen Punkte aufweisen, an denen ich entscheidend durch energetische Betrachtungen gefördert worden bin; ich kann

⁸ Seitenangabe bei Boltzmann, Wied. Ann., S. 64

⁹ FN im Original: Man vergleiche beispielsweise die Entwicklung des ersten Hauptsatzes bei Clausius in seiner ersten Abhandlung und den beiden Auflagen seines Werkes.

nur betonen, dass nach Ausweis meiner Leipziger Antrittsvorlesung von 1887 solche Betrachtungen sich seit lange im Mittelpunkte meines wissenschaftlichen Denkens befinden haben. Wenn irgend ein Werth auf die Ergebnisse meiner Arbeiten und der meiner unmittelbar von mir beeinflussten Arbeitsgenossen seitdem gelegt wird, so muss ich betonen, dass an diesen Ergebnissen energetische Anschauungen einen wesentlichen und entscheidenden Antheil haben.

Es ist ein Ding, sich für die Arbeit ein Werkzeug machen, das für die eigene Hand taugt, und ein ander Ding, die Methodik dieses Werkzeuges Anderen darzulegen in einer Sprache, die man nicht geläufig spricht, sondern nur radebrecht. Aber ich kann versichern, dass ich beispielsweise bei der zusammenfassenden Darstellung der Electrochemie,¹⁰ der Hr. *Boltzmann* vielleicht einigen Werth zugestehen wird, insbesondere wenn er sie mit den gleichzeitigen Darstellungen des Gebietes durch andere, namhafte Forscher vergleicht, den Weg durch die verwirrende Fülle richtiger und falscher Mittheilungen nur mit Hülfe meiner energetischen Anschauungen gefunden habe. Jedesmal, wenn es sich um die Wiedergabe einer thermodynamischen Ableitung anderer Forscher handelte, versuchte ich, *bevor* ich die Rechnung durchsah, die Sache auf meine Weise anzusetzen, und ich empfinde noch heute etwas von der damaligen Freude, wenn ich regelmässig dadurch das Ergebniss unmittelbar vor mir hatte, zu dem jene Forscher auf ihren Wegen durch mehr oder weniger umständliche Rechnung gelangten. Ich kann billigerweise nicht verlangen, dass Hr. *Boltzmann* hierüber unterrichtet ist, ihm stehen zu seinem Urtheil nur meine, wie ich gern zugeben will, vielfach unzulänglichen Darstellungen zu Gebote; ich habe diese persönlichen Erfahrungen aber erwähnen zu dürfen geglaubt, um ihm und unseren Lesern eine Erklärung für die Stärke meiner Ueberzeugung von dem Werthe energetischer Betrachtungen zu geben. In mehreren Fällen (p. 875, 895 u. a.)¹¹ habe ich diese der strengsten Prüfung unterworfen, welche ich kenne, indem ich für noch nicht untersuchte Fälle das zu erwartende Verhalten voraus bestimmte; auch hier habe ich die Genugthuung gehabt, dass die nachfolgende Prüfung die Ansätze bestätigte.

Man darf mir nicht einwenden, dass jene Ergebnisse auch auf dem üblichen thermodynamischen Wege hätten gewonnen werden können. Dies ist unzweifelhaft, da es sich um Schlüsse aus gleichen Voraussetzungen handelt. Aber thatsächlich habe ich sie auf meinem Wege erhalten, und das befestigt in mir die Ueberzeugung, dass mein Weg richtig ist, wenn ich ihn auch so ungeschickt beschrieben habe, dass Andere sich auf ihm nicht zurechtfinden können.

Ein Beispiel dafür ist das von mir aufgestellte Princip des maximalen Energieumsatzes für die Ableitung der mechanischen Gleichungen. Während es mir vorher nicht gelungen war, mich selbst in der Sache mathematisch verständlich zu machen, hat meine verehrter Colleague *C. Neumann*¹² die Freundlichkeit gehabt, meine mündlichen Auseinandersetzungen anzuhören, und hat dann alsbald unter dem Gespräch den Ansatz gemacht, dem auch Hr. *Boltzmann* seine Billigung nicht versagt. Darf ich nicht aus dieser Erfahrung den Wahrscheinlichkeitsschluss ziehen, dass auch meinen

¹⁰ FN im Original: Ostwald, Lehrb. d. allg. Chemie. 2. Aufl. 2. Th. I.

¹¹ vermutlich Seitenangaben zum Lehrbuch der allg. Chemie; auf S. 875 wird die Theorie der normalen und abnormen elektrischen Kräfte, auf S. 895 die Theorie der Gasketten behandelt.

¹² Carl Gottfried Neumann (1832-1925), 1868 Prof. f. Mathematik an der Univ. Leipzig

anderen Anschauungen richtige Gedanken zu Grunde liegen, wenn auch die Form beanstandet werden kann, in welcher ich sie auszudrücken versucht habe?

Gegen die Zulässigkeit des von mir vorgeschlagenen Verfahrens, den Begriff der Materie durch den der Energie zu ersetzen, macht Hr. *Boltzmann* p. 46¹³ einen principiellen Einwand, dessen Verständniss mir grosse Schwierigkeiten gemacht hat. Soviel ich ihn verstehe, meint Hr. *Boltzmann*, man könne die Bewegungsenergie deshalb nicht als etwas ohne Träger existirendes ansehen, weil sie die Geschwindigkeit als Factor enthält, während bei den anderen Energien etwaige Bewegungen unabhängig von der Art und dem Betrage der Energie sind. Es scheint mir hier ein Missverständniss in seinen Worten: Diese (die kinetische Energie) sei „das ursprünglich Gegebene, also nicht weiter definirbar“ zu liegen. Ich habe nirgend gesagt, dass die Energie, weil sie der Hauptbegriff ist, nicht weiter definirbar sei; ich betrachte im Gegentheil die Aufklärung über die Definition der Energie durch ihre Factoren als einen wichtigen Fortschritt. In der von mir wiederholt benutzten Kennzeichnung der Energie als einer *Invarianten* habe ich gerade auszudrücken gesucht, dass sie eine Function mehrerer Veränderlicher ist. In der That muss es ja als principiell unmöglich bezeichnet werden, das die Mannichfaltigkeit der Erscheinungen durch einen einzigen, „nicht weiter definirbaren“ Begriff dargestellt werden könnte, und der Mangel an hinlänglicher Mannichfaltigkeit ist ja der Grund, weshalb die mechanistischen Hypothesen der Physik bisher noch alle sich als unzulänglich erwiesen haben.

Wenn nun jeder Vorgang in der Aussenwelt als eine Aenderung der Energieanordnung im Raum und in der Zeit zu definiren ist, so muss gefordert werden, dass auch den räumlichen Bewegungserscheinungen eine eigene Energieart entspricht, welche eben die Bewegungsenergie ist. Wir definiren ja überhaupt die Zeit erst durch die Eigenschaften der Bewegungsenergie (z. B. der Erde), und ich vermag nicht zu sehen, wie etwaige hier vorhandenen Denkschwierigkeiten dadurch beseitigt werden können, dass man die Factoren der Bewegungsenergie, Masse und Geschwindigkeit noch an einem nicht definirbaren, weil eigenschaftslosen Träger befestigt.

Auf p. 68¹⁴ erwähnt Hr. *Boltzmann* ein von ihm gefundenes Ergebnis bezüglich eines die Dissipationserscheinungen nachbildenden mathematischen Ausdruckes, den er bei Gelegenheit seiner Untersuchungen zur kinetischen Hypothese erhalten hat. Soviel mir bekannt, sind andere in Betracht kommende Gelehrte über die Bedeutung seines Theorems mit ihm keineswegs einig. Das von ihm angeführte Beispiel ist nichts weniger als beweisend, da die Lottokugeln in der gedrehten Trommel ihr physikalisch bekanntes Verhalten nur deshalb zeigen, weil alle ihre Bewegungen von vornherein mit dissipativen Vorgängen verknüpft sind; in einer cylindrischen Trommel würden reibungslose Kugeln durch eine Drehung der Trommel um die Cylinderaxe überhaupt nicht in Bewegung gesetzt werden können und wie ein System vollkommen elastischer Körper in einem Raume mit vollkommen elastischen Wänden sich verhalten wird, darüber haben wir nicht die mindeste experimentelle Anschauung. Im übrigen will es eine „grausame Fügung“, dass p. 76 ein ausgesprochener Gegner der Energetik ausdrücklich die idealen mechanischen Vorgänge für vollkommen umkehrbar

¹³ Seitenangabe bei Boltzmann, Wied. Ann., S. 46

¹⁴ Seitenangabe bei Boltzmann, Wied. Ann., S. 68

erklärt,¹⁵ und ich kann es einstweilen meinen beiden Gegnern überlassen, sich über diesen, Gegensatz zu einigen, bevor die Sache als Argument gegen die Energetik Verwendung findet.

Von ähnlicher Beschaffenheit sind einige andere allgemeine Einwände, welche an verschiedenen anderen Stellen gegen die Energetik als *erkenntnistheoretische* Methode gemacht werden. In dieser Beziehung finde ich keine der gemachten Bemerkungen durchgreifend, und ich glaube nicht, dass es Hrn. *Boltzmann* gelungen ist, hier der Energetik irgend ein unüberwindliches Hindernis in den Weg zu legen. Etwas anderes ist es mit den Versuchen, die energetischen Betrachtungen zu kürzerer Erlangung *analytischer Ergebnisse* zu benutzen. Wiewohl ich auch hier das Princip der virtuellen Energieänderungen als ein richtiges und erfolgreiches Hilfsmittel aufrecht erhalten muss, so will ich doch alsbald hervorheben, dass mehrere Fälle zu unterscheiden sind, in welchen das Princip etwas verschiedene Anwendungsformen annimmt. Es liegen hierüber seit mehreren Jahren Abhandlungen bei mir, mit deren Veröffentlichung ich bisher gezögert habe, und die ich aus den oben erwähnten Gründen auch jetzt zurückhalten muss. Hr. *Boltzmann* hat unzweifelhaft Recht, wenn er in meinen bisherigen Veröffentlichungen noch Mängel findet; ich hoffe aber später zeigen zu können, dass mein Prinzip in einer Anzahl wichtiger Fälle auf den anschaulichen Ausdruck eines längst geübten analytischen Verfahrens hinauskommt, und damit ebenso zu Recht besteht, wie dieses. In den übrigen Fällen bedarf das Princip im Allgemeinen keiner weiteren Deutung. Diese Bemerkungen beziehen sich insbesondere auf S. 51 u. 52,¹⁶ wo sich Hr. *Boltzmann* eingehend mit Fehlern beschäftigt, die ich zwar nicht gemacht habe, aber nach seiner Meinung hätte gemacht haben können.

In Summa liegt die Sache so, dass meine Anschauungen, so fehlerhaft sie zum Ausdruck gebracht sein mögen, meine Mitarbeiter und mich zur Auffindung einer Anzahl neuer wissenschaftlicher Thatsachen geführt haben. Vergleiche ich damit die fast vollkommene physikalische Unfruchtbarkeit der von Hrn. *Boltzmann* gepflegten kinetischen Anschauungen, so kann ich über den relativen Werth der beiden Wege nicht im Zweifel sein, und kann in Hrn. *Boltzmann's* Kritik, so weit sie berechtigt ist, keinen Anlass sehen, meinen Weg zu verlassen, sondern nur einen, ihn zu verbessern.

Während Hr. *Boltzmann* mit einer Sorgfalt, für die ich ihm zu grossem Danke verpflichtet bin, meine Arbeiten geprüft hat, begnügt sich ein anderer Gegner¹⁷ mit allgemeinen Versicherungen, dass die ganze Energetik nichts werth sei, und führt als abschreckendes Beispiel nur den einen Begriff der Volumenenergie an, der nach ihm „kurz und bündig gesprochen, ein mathematisches Unding vorstellt, nämlich eine Grösse, die in Wirklichkeit gar keine ist. Denn von einer Grösse, und zumal von einer Energiegrösse, die doch in der Energetik die Substanz $\chi\alpha\tau' \epsilon\zeta\omicron\gamma\eta$ ¹⁸ repräsentirt, muss man vor allen Dingen verlangen, dass sie durch den chemischen und physikalischen Zustand des betreffenden Systems auch wirksam bestimmt ist, in der Weise, dass wenn das System nach beliebigen

¹⁵ Seitenangabe bei Planck, Wied. Ann., S. 76

¹⁶ Seitenangabe bei Boltzmann, Wied. Ann., S. 51-52

¹⁷ FN im Original: M. Planck, Wied. Ann. 57. p. 78. 1896.

¹⁸ (griech.) vorzugsweise

Veränderungen wieder in seinen früheren Zustand gelangt, auch die bezügliche Energiegrösse wieder ihren früheren Werth annimmt. Ohne diesen Satz würde ja das Energieprincip vollständig seine Bedeutung verlieren.

Um die Kraft dieser Logik zu würdigen, braucht man nur die nun folgenden, auf die Volumenenergie bezüglichen Darstellungen mit der Veränderung zu lesen, dass statt des Wortes Volumenenergie das andere *Wärmeenergie* gesetzt wird. Wie man sehen wird, und wie aus dem in dieser Beziehung vollkommen symmetrischen Verhalten der Grössen dQ und $p dv$ in der bekannten Form des ersten Hauptsatzes $dQ = dE + p dv$ mit Nothwendigkeit hervorgeht, wird dadurch eine gleich richtige, bezw. falsche Darlegung gewonnen. Es hiesse dann:

Führt man nun das Gas durch eine fortlaufende Reihe von Zustandsänderungen, z. B. durch einen *Carnot'schen* Kreisprocess in seinen alten Zustand zurück, so müsste nach dem Obengesagten, da das Gas seinen alten Zustand wieder einnimmt, auch seine Wärmeenergie wieder die alte, mithin ihre Gesamtänderung gleich Null sein. Es ist aber wohl bekannt, dass dies im allgemeinen mit jenem Integral (dem Integral $\int dQ$) durchaus nicht der Fall ist, sondern dass das Gas bei einem solchen Kreisprocess im ganzen je nach den Umständen positive oder negative Wärmeenergie abgibt. Daher hat es überhaupt gar keinen Sinn von einer Wärmeenergie eines Gases zu reden, als von einer physikalischen Grösse, mit der gerechnet werden kann.

Man wende hier nicht ein, dass es niemals auf den absoluten Werth der Wärmeenergie, sondern immer nur auf eine Differenz ankommt. Allerdings kommt es nur auf eine Differenz an, aber die Differenz der Wärmeenergien in zwei bestimmten Zuständen muss eben eine ganz bestimmte sein, und darf nicht, wie das obige Integral, davon abhängen, auf welchem Wege man das Gas aus dem einen Zustande in den anderen bringt.

Clausius hielt diesen Umstand für so wichtig etc. etc.“

Durch diesen Umtausch scheint mir die Schwäche jener Beweisführung hinreichend klar gelegt zu sein. Das Recht, ein häufig auftretendes Glied der energetischen Gleichungen mit einem eigenen Namen zu belegen, ist in keiner Weise an die Frage geknüpft, ob das Integral dieser Grösse nur von äusseren Werthen, oder auch vom Wege abhängt. Denn indem wir dQ mit dem Namen Wärmeenergie bezeichnen, machen wir von dem Recht gerade in einem Falle Gebrauch, bei welchem die Abhängigkeit vom Wege thatsächlich vorhanden ist. Aber noch mehr. Mit eben demselben Recht, mit welchem *Clausius* die „in einem Körper enthaltene Wärmemenge, die er in seiner Abhandlung VI¹⁹ mit dem Buchstaben H bezeichnet, als eine Grösse definiert, die nur von dem Zustande des Körpers abhängt, bei welcher also das Integral $\int dH$ vom Wege unabhängig wird, kann man eine (vom Integral $\int dH$ verschiedene) Grösse als die in einem Körper enthaltene Volumenenergie definieren, welcher die gleiche Eigenschaft zukommt. Ob eine solche Grösse einen kleinen oder grossen analytischen Nutzen hat, kommt hier nicht in Frage.

¹⁹ Clausius, Rudolph J. E.: Die mechanische Wärmetheorie. Bd. 1 u. 2. 2. umgearb., vervollst. Aufl. Braunschweig: Vieweg, 1876. - In Abschnitt VI: Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf gesättigte Dämpfe, wird H als spezifische Wärme des gesättigten Dampfes eingeführt.

Nach der vorliegenden „Stichprobe“, der einzigen, die ich anzustellen Gelegenheit habe, glaube ich zur Annahme befugt zu sein, dass mein zweiter Gegner zu seiner Verurtheilung der Energetik nicht in dem Grade berechnet ist, welchen er für sich in Anspruch nimmt. Ich bin vollkommen überzeugt davon, dass es ihm möglich sein wird, in meinen Schriften angreifbare Stellen zu finden: sind mir doch selbst noch einige bekannt, auf welche Herr *Boltzmann* nicht hingewiesen hat. Hierüber habe ich mich schon an früherer Stelle ausgesprochen, und ich werde mich seinerzeit bemühen, sie zu verbessern. In Bezug auf sein vernichtendes Votum warte ich mit Heiterkeit das Urtheil der Geschichte ab. Wenn aber einstmals ein künftiger Geschichtsschreiber dieses Gebietes Neigung haben sollte, die Energetik (im engeren Sinne) als eine „reife Frucht“ der Entwicklung unserer Wissenschaft zu bezeichnen, die nothwendig jedem in den Schoss fallen musste, der an den Baum rührte, so wird ihn der Aufsatz meines zweiten Gegners eines Anderen belehren. Und dies ist der Dank, den ich im schulde.

Umweltbildung und -erziehung im Wandel?¹

Klaus Wetzel

Nach E. U. von Weizsäcker, Mitglied des Club of Rome und Direktor des Wuppertal Instituts für Klima Umwelt Energie, wird dem 20. Jahrhundert, dem Jahrhundert der Ökonomie, wie er es nennt, das Jahrhundert der Ökologie folgen.²

Die heute heranwachsende Generation wird in ihrem Berufsleben vor der Aufgabe stehen, bei Strafe eines globalen ökologischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Zusammenbruchs, im Laufe der kommenden Jahrzehnte den Rohstoff- und Energieverbrauch der Weltbevölkerung und den Ausstoß von Schadstoffen in die Umwelt um den Faktor 4 bis 8 zu reduzieren.^{3, 4, 5, 6, 7} Es liegt auf der Hand, daß diese Ziele nur auf der Basis eines tiefgreifenden Wandels der Wirtschafts- und Lebensweise der Menschen in aller Welt erreicht werden können. Dies bedeutet eine einzigartige Herausforderung an die Kreativität der Menschen und ihre moralischen und geistigen Qualitäten, aber auch an die wissenschaftlichen Einsichten und an die Bildung der Lehrenden wie der Lernenden in unserer Zeit.

Hier soll untersucht werden, inwieweit das Bildungswesen in Deutschland, insbesondere das schulische Bildungswesen, dieser Herausforderung gerecht wird und welche Inhalte der heranwachsenden Generation vermittelt werden müssen bzw. müßten, um sie auf das Leben und Arbeiten im Jahrhundert der Ökologie vorzubereiten.

Dabei sollen Aspekte der Umweltbildung und -erziehung behandelt werden, die bislang zu Unrecht im Hintergrund der meisten Diskussionen über die Umweltprobleme unserer Zeit stehen. In erster Linie soll also nicht die Rede sein von den vielen außerschulischen Bildungs- bzw. Erziehungsmaßnahmen für Kinder, Jugendliche und Erwachsene und den zahlreichen postgradualen Bildungsmaßnahmen auf Gebieten wie Umweltrecht, Umweltmanagement, Umwelttechnik, Wasser und Abwasser, Altlasten, rationelle Energieanwendung, alternative Energiequellen usw., die es schon gibt und die es zweifellos auch weiter auszubauen gilt, sondern von Bildungs- und Erziehungsmaßnahmen auf solchen fundamentalen Gebieten wie

- globale wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Entwicklung
- Grundlagen der Ökologie
- für das Verständnis der Ökologie wichtige Komponenten anderer naturwissenschaftlicher Disziplinen wie Biologie, Chemie, Geologie und Physik
- ökologische Grundlagen der Umwelttechnik,

¹ Vortrag anlässlich der Jahresmitgliederversammlung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. am 22.11.97 in Großbothen

² von Weizsäcker, E. U.: Erdpolitik. Darmstadt : Wiss. Buchges., 1994

³ Club of Rome: Erste Globale Revolution. Frankfurt : Horizonte, 1991

⁴ Meadows, Donella ; Meadows, Dennis ; Randers, Jörgen: Die neuen Grenzen des Wachstums. Stuttgart : Dt. Verlagsanst., 1992

⁵ Worldwatch Institute Report: Zur Lage der Welt 1993. Frankfurt/M. : Fischer, 1993

⁶ BUND ; Misereor: Zukunftsfähiges Deutschland : Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Studie des Wuppertal-Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Basel : Birkhäuser, 1996

⁷ van Dieren, Wouter: Mit der Natur rechnen : Der neue Club of Rome-Bericht. Basel : Birkhäuser, 1995

die es noch nicht oder nur in Ansätzen gibt. Es soll also in erster Linie um Prämissen und wesentliche Inhalte der ökologischen Bildung und Erziehung gehen. Insbesondere soll dargestellt werden, was an den Schulen in Deutschland über das bisherige Maß hinaus getan werden müßte, um eine Generation heranzubilden, welche die Probleme der Zukunft bewältigt, statt sie zu verdrängen.

Am Anfang unserer Betrachtungen soll ein Aspekt des Umweltschutzes stehen, der von vielen Zeitgenossen – zu Unrecht, wie gezeigt werden wird – als eine Marotte sentimentaler Naturschützer betrachtet wird, nämlich das Artensterben.

Das Aussterben biologischer Arten hat im Laufe des zu Ende gehenden Jahrhunderts beängstigende Ausmaße angenommen. Waren es um 1900 noch 2000 und um 1950 nicht mehr als 5000 Arten pro Jahr, so betrug diese Zahl um 1990 schon 40.000; im Jahre 2000, nur 10 Jahre später, werden etwa 50.000 Pflanzen- und Tierarten aussterben. Der Glaube, daß die *species homo sapiens* von dieser Entwicklung ausgenommen sein wird, ist durch nichts zu begründen. Artenvielfalt ist vielmehr eine wesentliche Voraussetzung für die Stabilität von Ökosystemen; mit der Zerstörung der Existenzgrundlagen unzähliger biologischer Arten erschüttern wir auch die Existenzgrundlagen des Menschen.

Wie die Archäologen herausgefunden haben, ist die Geschichte der Menschheit durch ein ständiges Werden und Vergehen von Kulturen bzw. Hochkulturen gekennzeichnet.⁸ Es stellt sich die Frage, worauf das zurückzuführen ist und ob dieses Werden und Vergehen menschlicher Kulturen jemals globale Ausmaße annehmen kann und deshalb mit dem Entstehen und Aussterben von Pflanzen- und Tierarten zu tun haben könnte.

In der Regel waren es nicht äußere Faktoren wie Naturkatastrophen oder Überfälle fremder Stämme bzw. Völker, die den Untergang der alten Kulturen heraufbeschworen haben. Vielmehr sind diese Kulturen meist von innen heraus verfallen im ethisch-moralischen wie im physischen Sinne. Hier stellt sich die Frage, ob sich nicht auch in der Kultur, der wir angehören, ein solcher innerer Verfall bemerkbar macht und wie wir ihm begegnen könnten.

Es ist beileibe nicht schwierig, in unserer Kultur solche Verfallserscheinungen ausfindig zu machen: Physischer Verfall äußert sich in der zunehmenden Verschmutzung der Umwelt – der Luft, die wir atmen, des Wassers, das wir trinken, und des Bodens, auf dem wir Nahrungsgüter und Rohstoffe bzw. Energieträger produzieren, um nur einige Beispiele zu nennen. Zeichen moralischen Verfalls sind Terrorismus, organisierte Kriminalität, Drogenmißbrauch, Gewalttätigkeit, Fremdenhaß, Entwicklung und Einsatz von Massenvernichtungswaffen, aber auch die bei vielen Menschen – auch bei vielen Politikern – ausgeprägte Diskrepanz zwischen Wissen und Handeln in Fragen des Schutzes der Umwelt, der Natur und ihrer Ressourcen.

Die Art und Weise, wie die Menschheit heute lebt, produziert und konsumiert, stößt an die Grenzen der Belastbarkeit der Natur und führt zu einem Tempo der Aufzehrung natürlicher Ressourcen, das die Geschwindigkeit ihrer Entstehung im Laufe geologischer Zeiten um viele Größenordnungen übertrifft. Ein geeignetes Maß, um die Größenordnung der Weltwirtschaft in Beziehung zu setzen zu dem natürlichen Lebenserhaltungssystem der Erde, ist derjenige Anteil des globalen Photosynthesepro-

⁸ Ceram, C. W., eigentlich Kurt W. Marek: Götter, Gräber und Gelehrte. Berlin : Volk und Welt, 1978

dukts an der gesamten Photosynthese, der ausschließlich für den menschlichen Konsum verwendet bzw. zerstört wird. Biologen schätzen, daß dieser Anteil jetzt schon bei 40% liegt und im Jahre 2030 80% erreichen kann, wenn sich Bevölkerungswachstum und Konsumtion in der bisherigen Weise fortsetzen. Der Anteil der vom Menschen bewirkten Feststofftransporte beträgt etwa 30% der von der Natur im Rahmen der Globaltektonik in Bewegung gesetzten Feststoff-Flüsse.⁹ Bei Wasser liegt der Anteil des anthropogenen Transports gegenwärtig bei etwa 20% des natürlichen Transports.¹⁰ Die zunehmende Einflußnahme des Menschen auf die Natur gerät mehr und mehr nicht zum Segen der Menschheit, sondern zur Zerstörung der Natur und damit auch zur Bedrohung der Existenzgrundlagen des Menschen. Damit hat sich im Verlaufe des zu Ende gehenden Jahrtausends das Verhältnis von Mensch und Natur zueinander grundlegend gewandelt: Aus der Aufgabe, den Menschen vor den Unbilden der Natur zu schützen, ist die Aufgabe geworden, die Natur vor dem Menschen zu schützen.¹¹

Prämissen der ökologischen Bildung und Erziehung

Wenn auch die Zahl derer, die sich diese Einsichten zu eigen machen, ständig wächst, so steht doch die heutige Generation, die ältere mehr noch als die jüngere, diesen Perspektiven mehrheitlich mit Unkenntnis bzw. Gleichgültigkeit gegenüber. Die meisten Vertreter von Politik und Wirtschaft sind einseitig auf Probleme der Gegenwart und der nahen Zukunft orientiert.¹² Sie räumen der Ökonomie das Primat über die Ökologie ein und ignorieren dabei, daß die Kosten des Rohstoff- und Umweltverbrauchs in den in ihre ökonomischen Analysen eingehenden Preisen nicht enthalten sind^{2, 6, 7} und daß ökonomische Argumente ihren Wert verlieren, wenn es ums Überleben geht.

Wir leben auf Kosten der uns folgenden Generationen und auf Kosten der Menschen in den Ländern der Dritten Welt¹³ und sind insofern weit davon entfernt, dem Anspruch auf Zukunftsfähigkeit zu genügen. Unsere Nachfahren können sich dagegen nicht wehren. Ob die Menschen in den Entwicklungs- und Schwellenländern auf lange Sicht darauf verzichten werden, einen gerechten Anteil an den Segnungen der Zivilisation einzufordern und damit eine weitere Beschleunigung des Umweltverbrauchs heraufbeschwören werden, erscheint zumindest fraglich.

Es ist besorgniserregend, daß das Bildungswesen in Deutschland von diesen Widersprüchen kaum Notiz nimmt. Ökologie ist allenfalls Wahlfach an den Schulen; die

⁹ Wetzel, Klaus: Verantwortung von Politik und Wissenschaft für eine regionale Kreislaufwirtschaft. Vortrag auf der Tagung des Dortmunder Kreises „Wissenschaft und Forschung in sozialer und ökologischer Verantwortung - Herausforderung für ein zukunftsfähiges Europa“ vom 8.-10.11.1996 in Aachen

¹⁰ Baccini und Bader 1996

¹¹ Gräbner, Peter et al.: Memorandum zur Zukunftsfähigkeit Deutschlands. Ingenieur- und Wirtschaftsakademie „Johann Beckmann“ e.V., Wismar 1997

¹² Al Gore: Wege zum Gleichgewicht - Ein Marshallplan für die Erde. Frankfurt/M. : Fischer, 1995

¹³ Spangenberg, Joachim: Schritte zum sustainable Europe : Visionen, Wege, Aufgaben. Vortrag auf der Tagung des Dortmunder Kreises „Wissenschaft und Forschung in sozialer und ökologischer Verantwortung - Herausforderung für ein zukunftsfähiges Europa“ vom 8.-10.11.1996 in Aachen

Ökologie wird nur im Rahmen anderer (Wahl-)Fächer wie Biologie oder Geographie abgehandelt. Im Freistaat Sachsen enthalten nur zwei von acht Leistungskurskombinationen die (die Ökologie implizierende) Biologie. Bei den Grundkursen konkurriert die Biologie mit der Chemie und der Physik.

Eine EU-Verordnung verpflichtet ihre Mitgliedsländer zur Einbeziehung der Ökologie in den Schulunterricht. Deutschland hat diese Verpflichtung umgesetzt, indem es einen fächerübergreifenden Unterricht in diesem Fach verfügt hat. Wenn diese Entscheidung auch in guter Absicht getroffen worden sein mag – trägt sie doch dem multidisziplinären Charakter der Ökologie Rechnung – so sind ihre Auswirkungen dennoch fatal: Die Ökologie ist ein Fach, in dem die Schüler in unserem Lande im Durchschnitt ganze acht Stunden im Jahr unterrichtet werden.

Hinzu kommt, daß viele Lehrer an unseren Schulen nicht mit dem Wissen ausgestattet sind, das sie befähigen würde, einen auf der Höhe unserer Zeit stehenden und den Anforderungen der Zukunft gerecht werdenden Ökologie-Unterricht zu erteilen. Wir alle sind im Geiste des Reduktionismus¹⁴ – wonach das Ganze (nicht mehr als) die Summe seiner Teile ist – gebildet und erzogen und tun uns schwer damit, das Verhalten der Biosphäre und anderer offener Systeme zu begreifen und die Welt aus einer reduktionistischen und holistischen Sicht zu verstehen. Warum sollte es den Lehrern anders gehen?

Solange Ökologie aber kein selbständiges Unterrichtsfach an unseren Schulen ist, tragen vor allem die Lehrer in den Fächern Biologie, Geographie, Chemie und Physik, aber auch in den Fächern Ethik, Religionslehre und Gemeinschafts- bzw. Lebenskunde die Verantwortung dafür, der heranwachsenden Generation neben den großartigen Erkenntnissen, welche die reduktionistische Betrachtungsweise der Natur hervorgebracht hat, auch diejenigen Denkweisen und Ergebnisse zu vermitteln, welche für die in der Entwicklung befindlichen ganzheitlichen Ansätze charakteristisch sind. In der Wissenschaft wird sich in den kommenden Jahrzehnten wahrscheinlich ein Umbruch vollziehen, der vergleichbar ist mit den Umwälzungen in der Physik während der ersten Jahrzehnte unseres Jahrhunderts. Damals wurde die klassische Physik durch die Quantentheorie und die spezielle Relativitätstheorie abgelöst, welche die Gesetze der klassischen Physik als Spezialfälle enthalten. In dieser Zeit wurde der Jahrhunderte währende Streit darüber, ob Licht aus Wellen oder aus Teilchen bestehe, aufgelöst in der Vorstellung des Welle-Teilchen-Dualismus der modernen Physik. In den nächsten Jahrzehnten werden wahrscheinlich – hauptsächlich initiiert durch die Beschäftigung mit den Umweltproblemen unserer Zeit – holistische Theorien ausgearbeitet werden, welche die reduktionistischen Theorien der Zeit seit der griechischen Antike (von der Atomtheorie des Demokrit bis zur Entdeckung der Quarks und der Eichbosonen in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts) als Spezialfälle enthalten.

Die folgende Tabelle soll einen Eindruck von dem Verhältnis von Reduktionismus und Holismus zueinander vermitteln:

¹⁴ Lederman, Leon ; Teresi, Dick: The God Particle. New York : Houghton Mifflin Company, 1993

ASPEKT	REDUKTIONISMUS	HOLISMUS
<i>Untersuchungsobjekte</i>	geschlossene Systeme (statisches Gleichgewicht)	offene Systeme (dynamisches Gleichgewicht)
<i>Energie-bzw. Stoffaustausch mit der Umgebung</i>	gering	intensiv
<i>Trend</i>	steigende Entropie / abnehmende Komplexität	sinkende Entropie / zunehmende Komplexität
<i>Wechselwirkungen</i>	einsinnige Ursache-Wirkung-Beziehungen	vernetztes Wirkungsgefüge (Rückkopplung)
<i>Eigenschaften der Untersuchungsobjekte</i>	Stagnation bzw. Entwicklung durch Fremdorganisation	Entwicklung durch Selbstorganisation
<i>Blickwinkel</i>	von unten / von innen	von oben / von außen
<i>Rang der Einfachheit</i>	entscheidend	gering
<i>Architektur</i>	analytisch (zerlegend)	synthetisch (aufbauend)
<i>Gültigkeitsbereiche</i>	a) vorwiegend abiotische Systeme b) mikroskopische Systeme	a) vorwiegend biotische Systeme b) makroskopische Systeme
<i>Rolle der Autokatalyse</i>	gering	entscheidend
<i>Laplacescher Dämon</i>	existent	nicht existent
<i>religiöser Aspekt</i>	Deismus	Theismus
<i>Beitrag zur Wissenschaftsentwicklung</i>	(in der westlichen Welt) bis in die Gegenwart ganz überwiegend wirksam	(in der westlichen Welt) erst im 20. Jahrhundert beginnend einen wachsenden Beitrag leistend
<i>Beitrag zum Verständnis der Umweltprobleme unserer Zeit</i>	gering	groß und zunehmend
<i>herausragende Leistungen</i>	a) Entdeckung der Quarks b) Entdeckung der Eichbosonen c) Entdeckung der Plattentektonik d) Theorie des Urknalls e) Evolutionstheorie	a) Theorie der Entstehung des Lebens auf der Erde b) Theorie der Evolution der terrestrischen Atmosphäre c) asiatische Medizin (?)
<i>Beispiele (Paare)</i>	Kulturvölker westliche Kulturen Sex Biologie Anatomie stationäre medizin. Behandlung	Naturvölker asiatische Kulturen Liebe Ökologie Physiologie Heilkur

Ein „von oben nach unten wirkender“ Weg zur Lösung dieses Problems ist schwerlich zu erkennen. Die Umweltministerien wissen um die Misere oder sollten wenigstens darum wissen, haben aber auf dem Gebiete des Bildungswesens keinen Einfluß; die Kultusministerien befinden sich offenbar in der umgekehrten Lage. So wird wohl (wieder einmal) nur der Weg „von unten nach oben“ bleiben, um den notwendigen Wandel herbeizuführen.

Neu ist diese Situation keineswegs. Das erste Land der Welt, in dem Umweltbewußtsein erwacht und in dem Umweltschutz als politische Aufgabe erkannt worden ist, waren die USA.

Dort war es das 1962 erschienene Buch »Silent Spring« (im Deutschen: »Der stumme Frühling«) der Biologin Rahel Carson, das die Menschen wachgerüttelt hat. Die weltweite Ausbreitung des hochgiftigen, schwer abbaubaren und deshalb inzwischen verbotenen Insektizids DDT war es, die Rahel Carson veranlaßt hatte, zur Feder zu greifen. Fast ein Jahrzehnt mußte vergehen, bevor die Öffentlichkeit in Deutschland und anderen europäischen Ländern durch das Waldsterben auf die Grenzen der Belastbarkeit der Natur aufmerksam wurde, obwohl die Luftverschmutzung im Ruhrgebiet schon Jahre vorher arge Ausmaße angenommen und wenigstens dort, also auf der Ebene des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen, legislative Maßnahmen ausgelöst hatte.²

Vor allem solange, wie die Wissenschaftsdisziplin Ökologie nicht selbständiges Unterrichtsfach an unseren Schulen ist, gilt es, besonders folgende fachspezifische Bezüge zur Ökologie, zu den Problemen des Schutzes von Natur und Umwelt und der Schonung der natürlichen Ressourcen, herauszuarbeiten:

- **Biologie:** Phylogenie; Mechanismen der Evolution; Biotechnologie; Gentechnologie
- **Erdkunde:** Globalistik; Ursachen der Umweltzerstörung; Geoökologie; Paläoökologie; Probleme der Entwicklungsländer; Nord-Süd-Konflikt
- **Physik:** Entropiebegriff; Thermodynamik offener Systeme; Entwicklung dissipativer Strukturen; physikalische Grundlagen alternativer Energieerzeugungsanlagen; Rückkopplung; Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Gasen (Treibhauseffekt, Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht)
- **Chemie:** Ökochemie; Umwelttoxikologie; Biochemie; Chemie der Atmosphäre; Ursachen der Umweltzerstörung
- **Ethik bzw. Religionlehre:** Toleranz; asiatische Religionen; Religionen der Naturvölker; ökologische Begründung der Achtung vor der Natur; Auseinandersetzung mit der Devise in Genesis 1.28: »Seid fruchtbar und mehret euch und füllet die Erde und macht sie euch untertan«
- **Gemeinschafts- bzw. Lebenskunde:** Umweltpolitik; Ursachen der Umweltzerstörung; Wechselbeziehungen zwischen Globalisierung und Regionalisierung; Verhältnis zwischen Ökologie und Ökonomie; ökologische Steuerreform; Konzept der sustainability bzw. Zukunftsfähigkeit

Auch die Arbeit der zahllosen außerschulischen Umweltbildungsträger in Deutschland (Universitäten und Hochschulen, Umweltverbände, Bildungsstätten für postgraduale und berufsbegleitende Weiterbildung, Volkshochschulen usw.) wird und muß weiterhin dazu beitragen, junge Menschen, die ja für alles Neue in besonderem

Maße aufgeschlossen sind, für die Grundprobleme des heraufziehenden Jahrhunderts zu sensibilisieren und ihnen das zu deren Bewältigung notwendige ökologische Wissen sowie die Fähigkeit zu ganzheitlichem Denken zu vermitteln. Die wirksamste Form der Überzeugung der Menschen besteht nun einmal in der wissenschaftlichen – und wo notwendig eben in einer im besten Sinne populärwissenschaftlichen – Beweisführung.

Ziele der ökologischen Bildung und Erziehung

Wesentliche inhaltliche Ziele einer zukunftsorientierten ökologischen Bildung und Erziehung sollten sein:

- 1.) Sensibilisierung der jungen Generation für ein auf Zukunftsfähigkeit orientiertes Leben und Wirtschaften
- 2.) Befähigung der jungen Generation, die für ein solches Leben und Wirtschaften erforderlichen Strukturen zu schaffen
- 3.) Befähigung der Menschen, die zur Bewältigung dieses Strukturwandels erforderlichen Innovationen hervorzubringen
- 4.) Vermittlung folgender grundlegender Einsichten:
 - Die natürlichen Ressourcen der Erde sind begrenzt; bei Fortsetzung des bisherigen Raubbaus reichen die Vorräte an den meisten natürlichen Ressourcen nur noch einige Jahrzehnte bzw. wenige Jahrhunderte. In besonderem Maße gilt dies für Erdöl und Erdgas sowie für eine Reihe von Schwermetallen. Aber auch die Kohle- und Uranvorräte können den Energiebedarf der Menschheit nur noch einige hundert Jahre decken.
 - Die für die Landwirtschaft geeigneten Landflächen schrumpfen durch Bodenerosion, Versiegelung, Anlegen von Deponien und andere anthropogene Prozesse; dies setzt nicht nur der Produktion von Nahrungsmitteln, sondern auch der Erzeugung regenerativer Rohstoffe und Energieträger enge Grenzen.
 - Die Aufnahmefähigkeit der Luft, des Wassers und des Bodens für Schadstoffe ist ebenso begrenzt wie die Vorräte an Rohstoffen, Energieträgern und landwirtschaftlichen Nutzflächen. Für einige Schadstoffe wie Fluorkohlenwasserstoffe, Kohlendioxid, einige Pflanzenschutzmittel und Schwermetalle werden diese Grenzen in Bezug auf einige Umweltmedien bei Fortsetzung der jetzigen Lebens- und Wirtschaftsweise in wenigen Jahrzehnten erreicht bzw. überschritten.
 - Die Übertragung der Lebens- und Wirtschaftsweise der Industrieländer auf die Entwicklungsländer würde das Tempo des Umweltverbrauchs um den Faktor 4 bis 6 erhöhen.
 - Die Ursachen für den raschen Umweltverbrauch werden in erster Linie von den Industrieländern gesetzt, wenn sie sich auch in vielen Entwicklungsländern noch drastischer äußern als in den Industrieländern selbst.
 - Die Biosphäre, die Atmosphäre und andere Teile unserer Umwelt sind offene Systeme im dem Sinne, daß sie in einem intensiven Energie- bzw. Stoffaustausch mit ihrer Umgebung stehen. (Im Falle der Biosphäre ist es die Aufnahme von Sonnenenergie auf dem Wege der Photosynthese und die Wärmeabgabe an Boden, Luft und Wasser im Zuge der Atmung bzw. Verrottung, die den Energieaus-

tausch mit der Umgebung bewirken. Die Atmosphäre nimmt ebenfalls Sonnenenergie auf und strahlt sie in Form von Wärme wieder in den Weltraum ab.) Für solche offenen Systeme gelten die Gesetze der Thermodynamik irreversibler Prozesse, nicht die der klassischen Thermodynamik. Diese Systeme haben folgende charakteristische Eigenschaften^{15, 16, 17}:

- Sie zeigen eine Entwicklung zu Strukturen immer höherer Ordnung und Komplexität
 - Sie zeigen die Fähigkeit zur Selbstorganisation, d. h. sie entwickeln sich nicht allein nach Maßgabe der von ihrer Umgebung gesetzten Bedingungen, sondern auch nach inneren Gesetzmäßigkeiten und unter Einflußnahme auf ihre Umgebung. [So hat die Biosphäre den Luftsauerstoff, den sie für ihre Atmung und zum Schutze vor kurzweiliger UV-Strahlung (Ozon-Schild!) benötigt, (auf dem Wege der Photosynthese) selbst geschaffen.]
 - Ihre Entwicklung ist weder umkehrbar noch wiederholbar und – wie auch die häufigen Fehlschläge bei der Wetterprognose und bei der Vorhersage von Naturkatastrophen (Erdbeben, Vulkanausbrüche, Wirbelstürme) zeigen – auf längere Sicht nicht vorhersagbar.
 - Sie sind empfindlich gegenüber äußeren Störungen, besonders dann, wenn diese Störungen kurzfristig einwirken.
- Die Ausarbeitung der für solche offenen Systeme gültigen Gesetzmäßigkeiten ist im Flusse; entsprechende Theorien (Synergetik, Theorie dissipativer Strukturen, Gaia-Theorie¹⁸ usw.) werden an unseren Schulen nicht bzw. kaum gelehrt, obwohl eine tiefere Kenntnis wenigstens ihrer Ergebnisse unerlässlich ist für das Verständnis des pflanzlichen, tierischen und menschlichen Lebens und der grundlegenden Gesetzmäßigkeiten der Ökologie. Hier wird den in der Umweltbildung und -erziehung Tätigen also ein ergiebiges und dankbares Betätigungsfeld überlassen.
 - Aus den genannten Entwicklungsgesetzen folgt,
 - daß auch in Zukunft nicht vorhersehbare Umwelteffekte eintreten werden, wie wir das im Falle des Waldsterbens, des antarktischen und neuerdings ja auch des arktischen Ozonlochs ja schon erlebt haben,
 - daß sich die Menschheit der Umweltprobleme nicht durch eine Rückkehr zu Lebensweisen vergangener Jahrhunderte entledigen kann und
 - daß das Artensterben nicht rückgängig gemacht werden kann.
 - Gegenwärtig sterben jährlich mehrere 10.000 biologische Arten aus; das entspricht etwa einer Vertausendfachung des natürlichen Tempos des Werdens und Vergehens der Arten.

¹⁵ Jantsch, Erich: Die Selbstorganisation des Universums : Vom Urknall zum menschlichen Geist. München : Hanser, 1992

¹⁶ Prigogine, Ilya ; Stengers, Isabelle: Dialog mit der Natur : Neue Wege wissenschaftlichen Denkens. München : Piper, 1983

¹⁷ Haken, Hermann: Synergetics: Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology. Berlin : Springer, 1977

¹⁸ Lovelock, James: GAIA - The Practical Science of Planetary Medicine. London : GAIA Books Ltd., 1991

- Abgesehen von der Verletzung ethischer Grundsätze und dem Verlust ästhetischer Werte hat die drastische Beschleunigung des Artensterbens auch ganz handfeste Konsequenzen:
 - Artenvielfalt ist eine Voraussetzung für die Stabilität von Ökosystemen. Niemand kann vorhersagen, ob nicht auch die biologische Art homo sapiens eines nicht sehr fernen Tages Opfer des Artensterbens sein wird.
 - Die Möglichkeiten der Entdeckung neuer pflanzlicher und tierischer Wirkstoffe zur Bekämpfung von Krankheiten werden eingeschränkt.
 - Wir Menschen sind nicht nur von Nahrungsproduzenten wie Kulturpflanzen und Nutztieren, sondern auf Gedeih und Verderb auch von den Kleinlebewesen abhängig, die den natürlichen Kreislauf der organischen Materie aufrechterhalten und die Schadstoffe in unseren Abwässern und Deponien abbauen.
 - Die Möglichkeit des Rückgriffs auf die Genpools der Wildformen unserer Kulturpflanzen und Haustiere ist Voraussetzung für das Einkreuzen von Erbfaktoren wie Resistenz gegenüber neu auftretenden Krankheitserregern u. a.
 - Es werden die Möglichkeiten der Züchtung neuer Kulturpflanzen eingeschränkt, wie sie sich angesichts zu erwartender Veränderungen des Klimas und anderer Umweltfaktoren als notwendig erweisen werden.

Je länger die Menschheit zögert, die aus diesen Einsichten folgenden Konsequenzen zu ziehen, umso tiefergreifender werden die ökologischen und ökonomischen Folgen sein und umso schmerzlicher werden die Eingriffe in die menschliche Lebens- und Wirtschaftsweise sein müssen, um diesen Folgen entgegenzuwirken.

Somit ergibt sich zwingend, daß weder eine Fortsetzung unserer gegenwärtigen Lebens- und Wirtschaftsweise – sie führt in wenigen Jahrzehnten zu einem ökologischen und wirtschaftlichen Kollaps – noch eine Rückkehr zu Lebens- und Wirtschaftsweisen vergangener Jahrhunderte – sie ist unvereinbar mit den Entwicklungsgesetzen offener Systeme – möglich ist. Vielmehr bedarf es neuer, sich bisher nur in Konturen abzeichnender Strukturen, Lebens- und Wirtschaftsweisen, in deren Gestaltung die wichtigste Aufgabe der heutigen und der heranwachsenden Generation zu sehen ist: Entwicklung von Technologien hoher Stoff- und Energieeffizienz; Entwicklung einer auf ökologische Ziele orientierten Logistik; vorrangige Entwicklung der Informationstechnologien; Miniaturisierung; Umgestaltung der Landwirtschaft im Sinne der Prinzipien des ökologischen Landbaus; Entwicklung neuer Umwelttechnologien, insbesondere in Richtung auf eine konsequente Kreislaufwirtschaft; ökologische Produkt- und Produktionsgestaltung; Dezentralisierung und Regionalisierung administrativer und wirtschaftlicher Prozesse; Schaffung neuer Technologien für Produktionsanlagen kleiner und mittlerer Größe; Substitution rohstoff- und energieintensiver Technologien durch arbeitsintensive Technologien; Akzentuierung qualitativer Wachstumsfaktoren usw.

Schlußbemerkungen

Die Antwort auf die eingangs gestellte Frage, ob das Werden und Vergehen menschlicher Hochkulturen etwas mit dem Entstehen und Aussterben von Pflanzen- und Tierarten zu tun habe, muß nach allem so lauten: Aufstieg und Niedergang vergangener Kulturen betraf einzelne Völker, niemals die gesamte Menschheit. Seit es gravierende ***Umweltprobleme globalen Charakters*** gibt, wie das Artensterben, den zusätzliche Treibhauseffekt, die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht oder die Verschmutzung der Ozeane, hat sich eine qualitativ neue Situation eingestellt: Heute steht nicht die Existenz einzelner Populationen der species homo sapiens, sondern – ganz im Sinne des Artensterbens – die Existenz der gesamten Menschheit auf dem Spiele.

Die biologische Evolution orientiert die Entwicklung der Lebewesen, also auch die Entwicklung des Menschen, auf den Wettbewerb in der Gegenwart und ohne Rücksicht auf künftige Veränderungen der Umwelt. Vermutlich erklärt sich daraus die Unfähigkeit vieler Zeitgenossen, die Umweltprobleme unserer Zeit in ihrem ganzen Ausmaß zu erkennen und nach dieser Erkenntnis zu handeln.

Das wirtschaftliche Pendant zu diesem Naturgesetz aber ist die Marktwirtschaft. ***Auch auf dem Markt vollzieht sich ein Wettbewerb in der Gegenwart und ohne Rücksicht auf die Zukunft.*** Es ist deshalb unsinnig, in Bezug auf die Lösung der Umweltprobleme auf Deregulierung zu setzen, also die Sorge um die Zukunft den Mechanismen der Marktwirtschaft anzuvertrauen. Der Markt regelt allenfalls die Gegenwart, nicht die Zukunft.

Bei der Gestaltung der Zukunft sind wir vielmehr auf den Gebrauch einer Fähigkeit angewiesen, welche die Evolution offenbar allein uns Menschen geschenkt hat, nämlich der Fähigkeit, zukünftige Entwicklungen vorherzusehen und bei unseren Handlungen zu berücksichtigen. Vertrauen wir also dieser Fähigkeit, vertrauen wir unserem Verstande, statt (vergebens) auf die regulierenden Kräfte des Markts zu hoffen, wenn es um die Gestaltung eines zukunftsfähigen Deutschlands geht.



**Ludwig
Boltzmann**
(1844-1906)

Beginn des Studiums an der Univ. Wien	1863
Doktorat (Physik) in Wien	1866
Habilitation für Physik	1868
Prof. für theoret. Physik an der Univ. Graz	1869
Transportgleichung	1872
Prof. für Mathematik an der Univ. Wien	1873
Prof. für allgem. u. experim. Physik an der Univ. Graz	1876
H-Theorem	1877
Rektor der Univ. Graz	1887/88
Ruf als Prof. für theoret. Physik an die Univ. Berlin / Krise	1888
Prof. für theoret. Physik an der Univ. München	1890
Prof. für theoret. Physik an der Univ. Wien	1894
Naturforscherversammlung Lübeck	1895
Prof. für theoret. Physik an der Univ. Leipzig	1900
Prof. für theoret. Physik an der Univ. Wien	1902
Lehrauftrag für Naturphilosophie an der Univ. Wien	1903
Gastprofessur an der Sommerschule der Univ. Berkeley	1905
Selbstmord in Duino bei Triest	1906

**Wilhelm
Ostwald**
(1853-1932)



- 1872 Aufnahme des Studiums an der Univ. Dorpat
- 1877 Magisterpromotion für Chemie
- 1878 Privatdozent/Habilitation für Chemie
- 1882 Prof. für Chemie am Rigaer Polytechnikum
- 1885/86 *Lehrbuch der allgem. Chemie*
- 1887 Prof. für physik. Chemie an der Univ. Leipzig
Zeitschrift für physik. Chemie (mit van't Hoff)
- 1888 *Verdünnungsgesetz*
- 1889 *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*
- 1894 Gründung der Elektrochem. Gesellschaft
- 1895 öffentl. Vorstellung der Energetik auf der
Lübecker Naturschforscherversammlung / Krise
- 1898 Einweihung des Physik.-chem. Instituts der Univ. Leipzig
Aufnahme der Arbeiten zur Katalyse
- 1902 *Annalen der Naturphilosophie*
- 1904 Vortrag *Theorie des Glücks* in Wien
- 1905/06 Austauschprofessor an der Harvard Univ.
- 1906 Trennung von der Univ. Leipzig, Umzug nach Großbothen, Privatgelehrter
- 1909 Nobelpreis für Chemie, *Große Männer*,
Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaften
- 1911 Vorsitz im Monistenbund, Präsident der Internation. Assoziation der Chemiker,
Gründung der Brücke
- 1914/15 Aufnahme der Arbeiten zur Farblehre
- 1926/27 *Lebenslinien*
- 1932 Tod in Leipzig

Wilhelm Ostwald und Ludwig Boltzmann¹

Walter Höflechner

Der Vergleich ist die grundlegende wissenschaftliche Operation – nur durch Vergleichen können wir etwas feststellen. So ist es letztlich auch im Biographischen. Wenn es hier um Ostwald und sein Verhältnis zu Boltzmann geht, dann ist dies eine Möglichkeit, beider Konturen besser herauszuarbeiten und vielleicht Anregungen für eine neue Facette der Betrachtung zu gewinnen, nicht aber festzustellen, wer größer, wer bedeutender gewesen sei.²

Boltzmann war der ältere, 1844 geboren. Ostwald war neun Jahre jünger – neun Jahre, das kann u.U. ziemlich viel sein. Als Ostwald noch in Dorpat studierte, war Boltzmann bereits Ordinarius in Graz – zugegebenermaßen in sehr jungen Jahren, aber eben doch.

Ostwald hat – in bezug auf uns heute – ungleich länger gelebt: er starb 1932, also lange nach dem Ende des Ersten Weltkriegs, was für die Bewertung seines späten Lebenswerkes vielleicht nicht unwesentlich ist, und war damals 79 Jahre alt. Boltzmann endete 1906 im Alter von nur 62 Jahren.

Beide stammten aus Randzonen des deutschen Kerngebiets und waren auch in wissenschaftlichen Randzonen ausgebildet worden, allerdings unter sehr guten Bedingungen:

Boltzmann studierte am angesehenen, 1849 begründeten Physikalischen Institut in Wien, das gerade zur Zeit seines Eintretens mit dem Wirksamwerden Josef Stefans einen Aufschwung erlebte; die von Stefan herbeigeführte fachliche Begegnung mit Maxwell prägte Boltzmann ebenso wie Josef Loschmidt, einer der Väter der physikalischen Chemie, der ihn auf die Thermodynamik hinführte.

Ostwalds wissenschaftliche Ausbildung erfolgte in Dorpat und damit außerhalb der in Deutschland herrschenden Dominanz der organischen Chemie im Gefolge

¹ Bei diesem Beitrag handelt es sich um die weitgehend unveränderte Fassung eines am 11. Januar 1998 im Zusammenhang mit der 100-Jahr-Feier des Ostwald'schen Physikalisch-chemischen Instituts in Leipzig bzw. dessen Benennung in „Wilhelm-Ostwald-Institut“ in Großbothen gehaltenen Vortrages. Für Hilfeleistungen bin ich Herrn Mag. Elmar Schübl zu Dank verpflichtet.

² Zur Person Ostwald informieren:

Domschke, Jan-Peter ; Lewandowski, Peter: Wilhelm Ostwald. Chemiker, Wissenschaftstheoretiker, Organisator. Leipzig : Urania, 1982

Dunsch, Lothar: Wilhelm Ostwald – der Begründer. In: Dunsch, Lothar ; Müller, Hella: Ein Fundament zum Gebäude der Wissenschaften. 100 Jahre Ostwalds Klassiker. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1989. - S. 9-39 (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Sonderband)

Hiebert, Erwin: Ostwald, Friedrich Wilhelm. In: Dictionary of Scientific Biography / hrsg. von Charles Coulston Gillispie. 16 Bde. New York : Scribner, 1970-1980. - Bd. 15, Suppl. 1, S. 455-469

Zu Boltzmann sei verwiesen auf: Höflechner, Walter: Ludwig Boltzmann. Dokumentation eines Professorenlbens. In: Ludwig Boltzmann. Leben und Briefe / hrsg. von Walter Höflechner. Graz : Akad. Druck- u. Verlagsanst., 1994 (Publikationen aus dem Archiv der Universität Graz 30 = Ludwig Boltzmann Gesamtausgabe 9 = Veröffentlichungen der Historischen Landeskommission für Steiermark. Quellenpublikationen 37), wo sich weitere Literaturhinweise finden.

Liebigs und Wöhlers; er selbst hat bemerkt, daß er im Falle seines Studiums an einer der zentralen deutschen Universitäten zweifellos sich auf die organische Chemie gestürzt hätte.³ So aber wurde sein Augenmerk auf die physikalischen Erscheinungen im Ablauf chemischer Vorgänge gerichtet – thermochemische Erscheinungen und dann vor allem die Leitfähigkeit der Säuren etc. Und auf diese Weise stieß er – wie Erwin Hiebert hervorgehoben hat – auf die thermodynamischen Aspekte in der Chemie.

So waren es zwei miteinander eng gekoppelte Interessensbereiche, die Boltzmann und Ostwald zusammenführten – das Interesse an der Entwicklung der physikalischen Chemie als Fach und die Probleme der Thermodynamik – des „glänzendsten Gebietes der Physik und Chemie“.⁴ Für Ostwald als Energetiker war die Thermodynamik ein gewissermaßen fundamentales Gebiet, für Boltzmann hingegen war sie mit Hilfe der Mechanik zu deuten.

Hinsichtlich der physikalischen Chemie, die Boltzmann durch die frühen Anfänge dieses Faches im Wien der 1860er Jahre vertraut war,⁵ war es die Person des Svante Arrhenius, die die beiden zusammenführte. Ostwald hatte Arrhenius bereits 1884 kennen- und schätzen gelernt, nachdem ihn des Arrhenius Arbeit über die Leitfähigkeit der Elektrolyte und die damit erfolgreich in Angriff genommene Arbeit der chemischen Verwandtschaft zwischen Säuren und Basen fasziniert hatte, sodaß Ostwald Arrhenius in Upsala aufgesucht hatte. Boltzmann kam 1887 mit Arrhenius in Berührung, als dieser nach Graz kam, um an Boltzmanns Institut zu arbeiten, und zwar gemeinsam mit Walther Nernst. Als Ostwald auf einer Rundreise 1887 auch Boltzmanns Institut in Graz besuchte, kamen Boltzmann, Ostwald, Arrhenius und Nernst erstmals zusammen. Ostwald verstand sich sofort mit dem damals – vor allem im englischsprachigen Bereich – bereits hoch angesehenen Physiker Boltzmann und suchte ihn als Mitarbeiter für die im Entstehen begriffene Zeitschrift für physikalische Chemie zu gewinnen. Von da an standen die beiden in losem, zeitweise (1892/93 und 1899/1900) dichterem Briefverkehr, und Ostwald hat 1893 Boltzmann auch in München besucht.⁶

Als Boltzmann 1890 einen ersten Aufsatz für die Zeitschrift für physikalische Chemie lieferte, wurde Ostwald als deren Herausgeber sofort mit der intensiven Diskussion in Sachen Molekulartheorie in verdünnten Lösungen zwischen Hendrik Antoon Lorentz und Boltzmann konfrontiert, die auf der Grundlage der Atomistik stand.

Zu Ende der 1880er Jahre, zu einer für Boltzmann aus persönlichen Gründen ziemlich dramatischen Zeit – er vermochte sich nicht zu entscheiden, ob er seiner Ernennung in Berlin wirklich nachkommen oder doch lieber in Graz verbleiben sollte,

³ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 1. Berlin : Klasing, 1926 - S. 102 ff.

⁴ Ostwald, Wilhelm: Vorlesungen über Naturphilosophie, gehalten im Sommer 1901 an der Universität Leipzig, 2. Aufl. Leipzig : Veit & Comp., 1902. - S. 216

⁵ Ursprünglich sollte Josef Loschmidt eine Lehrkanzel dieser Bezeichnung erhalten, doch war dies an Systemisierungsfragen gescheitert.

⁶ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 2. Berlin : Klasing, 1927. - S. 205

ein Dilemma, aus dem er erst durch die Annahme eines Rufes nach München im Jahre 1890 herausfinden sollte – war in Sachen Physik einiges geschehen; die Zeit, in der Philipp Johann von Jolly einem Max Planck versichert hatte, es rentiere sich nicht mehr Physik zu studieren, da es nichts mehr zu tun gebe, war vorüber. Mach hatte 1883 sein Buch „Die Mechanik in ihrer Entwicklung“ und 1886 die erste Fassung seiner „Analyse der Empfindungen“ herausgebracht und darin eine höchst rigorose Haltung eingenommen. Heinrich Hertz hatte die elektromagnetische Lichttheorie nach Maxwell experimentell bewiesen und völlig neuartige Vorstellungen zur Mechanik entwickelt, die für Boltzmann der Gott war, von dessen Gnaden die Könige regierten.⁷ Hertz' Mechanik ist allerdings erst posthum 1894 erschienen. Eine Reihe bahnbrechender Entdeckungen, die die Physik vor völlig neue Aufgaben stellen sollten, stand unmittelbar bevor – es sei hier nur auf Namen wie Röntgen, Becquerel, J. J. Thomson und Curie verwiesen.

An einer Auseinandersetzung mit Mach kam niemand vorbei. Boltzmann sah in Mach keinen persönlichen Gegner, sondern einen Wissenschaftler, der eine ihm, Boltzmann, erst fremd erscheinende, ihn dann aber doch mehr und mehr nachdenklich stimmende Position einnahm. Es ist keineswegs als leere Höflichkeit zu verstehen, wenn Boltzmann mehrfach ab der Mitte der 1890er Jahre und auch bei der Übernahme der einst Machschen Vorlesungen über „Philosophie, insbesondere Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften“ sich Mach zutiefst verpflichtet bekannte. Daran hatte auch Machs eher rüdes Benehmen Boltzmann gegenüber nichts zu ändern vermocht. Was Boltzmann von Mach übernahm, war dessen Kritik im Bereich der Erkenntnistheorie – was ist uns erlaubt? Was ist uns noch möglich? Was nicht?

Ostwald war von Machs Kritik der Atomistik als der Grundlage aller mechanistischer Welterklärung angetan und begrüßte sie als eine Art Legitimierung seiner Auffassung, „daß die mechanistische Auffassung der Naturerscheinungen unzulänglich [sei] und daß sie mit dem Erfolg der Beseitigung der Unzulänglichkeiten durch die energetische ersetzt werden“ könne.⁸ Diese Anschauung Ostwalds ist umso bemerkenswerter, als es gerade die Chemiker, und hier wieder insbesondere der von ihm so besonders geschätzte van't Hoff, waren, die früh schon, ganz selbstverständlich mit der Annahme der Existenz von Atomen operierten und sogar ihre Lage zueinander im Raum zur Grundlage der Molekularstruktur gemacht hatten.⁹ Mach war nun kein Energetiker, ebensowenig wie er Atomistiker war; Mach war Skeptiker und hielt im Prinzip beides für diskussionswürdig, die atomistische Vorstellung als die längst eingehender behandelte allerdings weit weniger – er wollte sie im Ockhamschen Sinne durch eine weniger komplizierte Annahme ersetzt sehen, als solche schien ihm das von ihm selbst bereits in den 1870er Jahren ventilierte Energieprinzip diskussionswürdig. Ostwald vereinnahmte Mach vollständig für sich.

Andererseits war Boltzmann nicht ein fanatischer Anhänger der Atomistik. Sein Credo lautete: es ist in erster Linie eine möglichst hypothesenfreie Naturbeschreibung

⁷ „Der Gott, von dessen Gnade die Könige regieren, ist das Grundgesetz der Mechanik“, so formulierte Boltzmann es in seiner Antrittsvorlesung „Über die Prinzipien der Mechanik“ in Leipzig im November 1900, vgl. Populäre Schriften Nr. 17, S. 317

⁸ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 2. Berlin : Klasing, 1927. - S. 181 f.

⁹ van't Hoff, Jacobus Henricus: Die Lagerung der Atome im Raum. Braunschweig : Vieweg, 1876. - 2. Aufl. 1894

anzustreben, und dabei ging Boltzmann von der Annahme aus, daß die Welt von einem Anfangszustand ausging, der bestimmte Bedingungen erfüllt und den er als einen unwahrscheinlichen Zustand bezeichnete.¹⁰ Boltzmann sah keinen triftigen Grund, die Theorie, die seiner Meinung nach gute Dienste leistete, über Bord zu werfen und durch eine andere, nicht nur ihm weitaus vagar erscheinende, zu ersetzen. Er war Argumenten zugänglich.

Es soll hier nicht einmal mehr die denkwürdige und damals schon als zentral erkannte Auseinandersetzung zwischen Boltzmann und Ostwald auf der Lübecker Naturforscherversammlung 1895 geschildert werden – das ist oft genug geschehen. Die eigentlich bedeutsame Folge von Lübeck war die Diskussion, die sich zwischen Boltzmann und Zermelo ergab und aus der heraus unter dem Einfluß Poincarés schließlich Max Planck auf der Grundlage der Boltzmannschen Statistik bzw. Wahrscheinlichkeitsrechnung das entwickelte, was Boltzmann bereits in Lübeck gewissermaßen nebenher in den Raum gestellt hatte, als er meinte, er sehe keinen Grund, weshalb nicht auch die Energie in diskontinuer, quasi atomarer Struktur vorliege¹¹ – Planck hat dafür den Begriff Quanten gesetzt. Ostwald hat diese Entwicklung an die 30 Jahre später mit großer Ergriffenheit in seinen Lebenslinien selbst skizziert und seine eigene Verblendung geschildert, die ihn daran gehindert habe, die Größe dieses Gedankens in seiner Tragweite auch für die Energetik zu erfassen.

So hat Ostwald Boltzmanns Weg an einem besonders ausgezeichneten Punkt gekreuzt: in der Frage nach der Grundstruktur der Naturerscheinungen – ob sie materiell-atomistisch oder energetischer Natur seien.

Unabhängig von ihren jeweiligen Standpunkten haben beide unter dem Einfluß nicht nur, vor allem aber Ernst Machs und ganz besonders im Gefolge der Lübecker Diskussion jeder für sich den Weg zur Philosophie beschritten. Zu mächtig war die Frage nach der Möglichkeit des Erkennens. Und es war unausweichlich, daß sie sich in diesem Bereich wieder begegnen würden. Es war möglicherweise nicht so sehr der physikalische Aspekt der von Ostwald initiierten und durchgezogenen Berufung Boltzmanns nach Leipzig, der sich für Boltzmann als belangvoll erweisen sollte, sondern die Konfrontierung mit Ostwalds energetischer Auseinandersetzung eben mit der Philosophie, die Boltzmann bewog, nach seine Rückkehr nach Wien die Nachfolge Machs als Philosoph anzutreten. Indem dieser Entschluß Boltzmanns weiteren Lebensweg wesentlich beeinflußt hat, ist Ostwald ohne sein Wollen und ohne aktives Eingreifen, allein durch seine Existenz und seine Tätigkeit für sich auch eine Art Schicksalsfigur für Boltzmann geworden.

Es will mir scheinen, als habe die Konkurrenzierung durch Ostwald auf philosophischem Gebiet Boltzmann ernstlich betroffen, jedenfalls in stärkerem Maße als auf physikalischem Terrain. In Lübeck war man auseinanderggegangen, hatte einander nichts zu sagen, warf sich aber persönlich – sieht man von Ostwalds Mitstreiter Helm Vorwürfen gegen Wislicenus und Boltzmann ab – auch nichts vor. Die Energetik war

¹⁰ s. Höflechner, Walter: Ludwig Boltzmann : Leben und Briefe. Graz : Akad. Druck- u. Verlagsanst., 1994. - S. 176 (Tl. 1)

¹¹ In Ostwald's Lebenslinien, Bd. 2, S. 188, wird Boltzmann wie folgt zitiert: „Ich sehe keinen Grund, nicht auch die Energie als atomistisch eingeteilt anzusehen!“

abgetan, Nernst sprach gar vom „Lübecker Quatsch“;¹² Ostwald war erschöpft, ließ sich aber nicht entmutigen. Für Boltzmann verlagerte sich die Diskussion in die Auseinandersetzung mit Zermelo resp. Planck und förderte damit, was damals freilich noch nicht abzusehen war, die epochale Erkenntnis Plancks.

Im Dezember 1898 nahm Ostwald den persönlichen Kontakt wieder auf, indem er Boltzmanns Berufung nach Leipzig zu betreiben begann. Boltzmann hat diesen Schritt als das begrüßt, was er auch war, nämlich als „eklatantes Beispiel der Vereinbarkeit wissenschaftlicher Meinungsdifferenz mit der besten persönlichen Freundschaft“,¹³ die sich zudem vielleicht auch hilfreich erweisen könnte für eine eventuelle Überbrückung von sachlich-fachlichen Differenzen. Ostwalds Einsatz in der Sache war fulminant: innerhalb von nicht einmal drei Tagen wickelte seine Fakultät in zwei Sitzungen das gesamte Verfahren für den *primo et unico loco* Vorschlag ab. Auf der ministeriellen Ebene dauerte es etwas länger.

In diesem Zusammenhang muß kurz darauf hingewiesen werden, daß in jenen Jahren das Empfinden des Ungenügens der erkenntnistheoretischen Situation der Naturwissenschaften allgemein war. Die Diskussion über den Wissenschaftscharakter der Geisteswissenschaften, die auf die Erweisung ihrer Selbstständigkeit und Ebenbürtigkeit gegenüber den Naturwissenschaften abzielte, einerseits, die radikale Phänomenologie Machs mit ihrer Relativierung aller Werte der weithin noch herrschenden realistischen Philosophie andererseits und das die Naturwissenschaftler nicht befriedigende Verhalten der Fachphilosophen bestimmten bei gleichzeitiger Nationalisierung der Wissenschaft das Bild. In dieser Lage hatte man in Wien – unter maßgeblichem Einsatz eines John Stuart Mill verpflichteten klassischen Philologen und Philosophiehistorikers – eine Lehrkanzel für Naturphilosophie geschaffen und mit Ernst Mach besetzt; ein als epochal empfundener Akt, der nicht ohne Einfluß blieb.

Im Sommersemester 1901 hielt Ostwald an der Universität Leipzig vor großem Auditorium eine Vorlesung über Naturphilosophie, die er auch gleich in Druck brachte und Mach widmete, den er kurz zuvor nach Leipzig hatte holen wollen. 1902 erschien bereits eine zweite Auflage dieses Werkes, 1905 die vermehrte dritte. Und um das Maß vollzumachen, begründete Ostwald im Oktober 1901 auch gleich eine eigene Zeitschrift zu diesem Thema, die „Annalen der Naturphilosophie“.

Boltzmann hatte seinerseits im Zuge seiner Auseinandersetzung mit Mach nach der Lübecker Diskussion ab 1896 erhebliches philosophisches Interesse entwickelt und lehrte damals seit dem Sommer 1900 neben Ostwald in Leipzig. Im Unterschied aber zu Ostwald befand sich Boltzmann in psychischer Hinsicht in einer außerordentlich schwierigen Lage. Die Aktivitäten Ostwalds müssen ihm damals eine, vorerst nicht annehmbare, Herausforderung gewesen sein, die ihn aber nachhaltig beschäftigte, zumal Ostwalds Naturphilosophie nicht auf die Energetik verzichtete.

Ostwald hatte, als Boltzmann im Herbst 1900 auf Ostwalds Bemühen hin nach Leipzig kam und sich in der mittlerweile für ihn typischen aus Skrupeln hinsichtlich seines wie immer vorschnell gefaßten Entschlusses resultierende „Berufungskrise“ befand, alles unternommen, um ihm den Aufenthalt so angenehm als nur möglich zu

¹² s. Höflechner, Walter: Ludwig Boltzmann : Leben und Briefe. Graz : Akad. Druck- u. Verlagsanst., 1994. - S. 169 (Tl. 1)

¹³ ebenda, S. 205 (Tl. 1)

gestalten. Beider musische Begabung war nun das einende Band: beide führten eine gute Feder, Ostwald war sowohl als Musiker – er spielte Bratsche und schätzte es, im Streichquartett zu spielen; hat sich aber auch am Horn und am Fagott versucht – als auch als Maler hochbegabt; Boltzmann hatte bei niemand geringerm als Anton Bruckner das Klavierspiel erlernt und galt als hervorragender Pianist. Sams-tägliche Hauskonzerte bei Ostwald verbanden die beiden Familien, bis Boltzmann sich auch dazu nicht mehr imstande fühlte und sie wegen nervöser Erregung interes-santerweise schriftlich aufkündigte. In der Folge scheint der Kontakt etwas abgekühlt zu sein und nach der Rückkehr nach Wien hat Boltzmann Leipzig weitgehend verdrängt, und, was den persönlichen Kontakt anlangt, wohl auch Ostwald. Ostwald wiederum dürfte in seiner Fakultät durch das Boltzmannsche Leipzig-Debakel etwas an Boden verloren haben.

Als Boltzmann 1902 nach Wien zurückkehrte, hat er seinerseits im Zuge der da-mals laufenden Abklärung der Nachfolge des durch einen Schlaganfall ausgeschal-teten Ernst Mach sehr rasch seine Bereitschaft erklärt, die Vorlesungen über „Philosophie der Natur, insbesondere Theorie und Geschichte der induktiven Wissen-schaften“ selbst zu übernehmen, womit eine Lehrkanzel eingespart wurde, da Boltzmann ja weiterhin Professor der Theoretischen Physik blieb und die Naturphilosophie nur im Rahmen eines zusätzlichen Lehrauftrages versehen sollte und versehen hat.

Von dieser Lehrveranstaltung „Philosophie der Natur und Methodologie der Na-turwissenschaften“, wie sie schließlich hieß, erwartete sich Boltzmann eine enorme Belebung seiner eigenen Aktivitäten – er fühlte sich „in einer wahren Faust-Stim-mung“.¹⁴ Diese „Faust-Stimmung“ hat sich freilich bald verflüchtigt, und übrig blie-ben inhaltlich Zweifel und eine zunehmende Fülle offener Fragen und äußerlich eine Belastung, der er immer weniger Herr zu werden vermochte. Beides, innere wie äu-ßere Konsequenzen, waren wesentliche Faktoren, die Boltzmanns Leben in den letz-ten Jahren bis zu seinem Selbstmord im September 1906 bestimmten.

Als Ostwald für den November 1904 zu Vorträgen nach Wien kam, lud ihn Boltzmann sehr herzlich zum Mittagessen in Gesellschaft seiner Wahl ein. Der Auf-enthalt brachte aber dennoch – soweit feststellbar und sicherlich von seiten Boltzmanns – das Ende der Beziehung. Ostwald hielt nämlich in der mittlerweile von Boltzmann stark frequentierten Wiener philosophischen Gesellschaft einen Vortrag über die Theorie des Glücks. Darin definierte er „Glück“ mathematisch mit Hilfe einer Formel, die große Ähnlichkeit mit der mathematischen Definition des Gesetzes von der Erhaltung der Energie aufwies. Ostwald betrachtete den menschlichen Ener-gieaufwand unter zwei Aspekten aufgeteilt: einem willentlich in Form von Arbeit und unter Lustgefühl = Glück erbrachten und einem unwillentlich erbrachten, der aller-dings auch das Glücksgefühl der Menschen beeinflusse. Der Vortrag erzielte eine Wirkung, die Boltzmann – der seinerseits damals übrigens sein „erstes Werk über Metaphisik“¹⁵ plante – die Ostwaldschen Ausführungen in der anschließenden Diskus-sion „halb und halb“ als einen Scherz des Vortragenden einstufen und in einer schrift-lichen Entgegnung scharf als einen „Faustschlag“ gegen die exakte Methode, ja als

¹⁴ ebenda, S. 250 (Tl. 1)

¹⁵ ebenda, S. 255 (Tl. 1)

eine Gefährdung der Wissenschaft angreifen ließ, wobei er vor allem auf die Unschärfe des von Ostwald verwendeten Energiebegriffs hinwies, welche bald physische, bald psychische Energie meinte; und Boltzmann begriff die psychische Energie als eine naturwissenschaftlich nicht faßbare, nicht reelle Analogie; Ostwald hingegen faßte sie im Sinne der Physiologie als eine tatsächlich gegebene und naturwissenschaftliche faßbare für die Gehirntätigkeit aufzubringende Energie auf. Boltzmann schien ein Ostwaldsches Mißverständnis der Auffassung Machs vorzuliegen.¹⁶

Die Schärfe der Auseinandersetzung wird wohl erst so recht verständlich, wenn man bedenkt, daß Ostwald durch seine Theorie auch zu erklären suchte, weshalb sich ein Paralytiker (seiner Meinung nach) glücklich fühle, ein Neurastheniker aber unglücklich; und dabei gab er eine Beschreibung des Neurasthenikers: „Den entgegengesetzten Zustand bietet der Neurastheniker dar. Bei diesem sind die Widerstandsempfindungen exzessiv gesteigert; er ist außerstande, den kleinsten Entschluß zu fassen weil er die entgegengesetzten Widerstände nicht überwinden kann; und er gehört [deshalb] zu den unglücklichsten Menschen, die es gibt“.¹⁷ Deutlicher, zutreffender und unverblümt konnte man Boltzmann nicht beschreiben, dessen Diagnose damals bereits seit zwei Jahrzehnten auf „Neurasthenie“ gelautet hatte und im Jahr darauf letale Folgen zeitigen sollte.

Für Boltzmann war das Kapitel Ostwald damit wohl abgeschlossen. In Sachen Philosophie offenbar auch für Ostwald: in seinen Erinnerungen als Philosoph¹⁸ wird Boltzmann nicht erwähnt.

Verfolgt man die Schicksale bedeutender Wissenschaftler des ausgehenden 19. Jhs., insbesondere solche von Naturwissenschaftlern, so stößt man ganz besonders in der Zeit des Übergangs in unser Jahrhundert immer wieder auf Hinweise, daß diese Männer – um solche handelte es sich so gut wie ausschließlich – auffallend häufig an die Grenzen des physisch wie psychisch Machbaren vorstießen. Welche Konsequenzen das zeitigte, hing von der Konstitution und dem Umfeld der jeweiligen Person ab. Um nur einige Beispiele anzudeuten: der berühmte Meteorologe Julius von Hann vollzog seine Kapitulation, indem er aus Wien flüchtete; der berühmte Chemiker Viktor Meyer beging 1897 in völliger Erschöpfung Selbstmord wie 1906 auch die Physiker Paul Drude und eben Boltzmann. Neben individuellen Dispositionen mag einer der Gründe für dieses Phänomen in der außerordentlichen Belastung des Überganges von als Ganzes durch Individuen eben noch faßbaren Disziplinen zu hochkomplexen wissenschaftlichen Theoriegefügen liegen, ein Übergang, der sich für viele dieser Wissenschaftler innerhalb einer Generation, innerhalb ihrer persönlichen Wirkungsphase vollzog und die Kapazitäten noch so leistungsfähiger Individuen hoffnungslos überforderte. Und zweitens in der von uns heute nicht mehr in all ihrer

¹⁶ vgl. Boltzmann, Ludwig: Über den Begriff des Glücks. In: Die Umschau : Übersicht über die Fortschritte und Bewegungen auf dem Gebiete der Wissenschaft, Technik, Litteratur und Kunst 9 (1905) Nr. 1, S. 1-4.

¹⁷ Aus der 1905 erfolgten deutschen Veröffentlichung seines Vortrages in den Annalen der Naturphilosophie, der zuerst auf englisch erschien: Ostwald, Wilhelm: A theory of happiness. In: The International Quarterly 11 (1905), Nr. 2, S. 316 ff.

¹⁸ Schmidt, Raymund: Die Philosophie der Gegenwart in Selbstdarstellungen. Bd. 4 Leipzig : Meiner, 1923. - S. 127-161

Intensität begreifbaren Krise des wissenschaftlichen Weltbildes um 1900, wie sie oben bereits angedeutet worden ist und zu der auch die durch Felix Klein wesentlich mitbestimmte Diskussion hinsichtlich der „reinen“ und der „angewandten“ Wissenschaften zählte, die vor allem die Geisteswissenschaften beunruhigte und in Abwehrhaltung gehen ließ.¹⁹

Selbst Ostwald, doch wesentlich jünger und von seiner Konstitution her weit robuster als Boltzmann, war – nach seiner eigenen Darstellung²⁰ – in der Mitte der 1890er Jahre und insbesondere nach Lübeck – wohl nicht nur wegen Lübeck, aber zweifellos auch nicht ohne dessen Auswirkung – dermaßen erschöpft, daß er sich auf Anraten des berühmten Leipziger Psychiaters Flechsig – den auch Boltzmann konsultieren sollte – ein halbes Jahr Ruhe gönnen mußte, um die Depressionen zu überwinden, die ihn befallen hatten.²¹ Es war eine tiefgehende Krise, die praktisch das Ende der Laborarbeit und der Freude an der akademischen Lehre mit sich gebracht hatte, vielleicht nicht gerade die „Colleg-Angst“,²² von der Ostwald später unter Bezug auf Boltzmann wissend spricht, aber eben doch der Umstand, daß ihm die Lehre eine meidenswerte Belastung wurde. So bedeutet Lübeck 1895 – nach Ostwald eine Anstrengung, die „auch einen vollkräftigen Mann umwerfen konnten“²³ – ganz zweifellos eine Wende in Ostwalds Leben, und zwar eine sehr bewußt wahrgenommene Wende. Boltzmann, der sich in einem, vielleicht sogar dem Hoch seines Lebens befand, hatte aus der psychisch günstigeren Position des Siegers die Anstrengungen jener Tage gut weggesteckt.

Beide – Ostwald wie Boltzmann – haben aber auf ihre Weise sich dem Druck, der auf ihnen lastete, dauerhaft entzogen; Boltzmann setzte seinem ab 1900 zwischen Tief und Hoch oszillierenden Leben 1906 ein Ende, im Alter von 62 Jahren und zweifellos nach zerstörerischen Qualen.

Ostwald hat 1904 Schritte unternommen, um sich seiner Lehrverpflichtung zu entledigen, und als es dabei zu Schwierigkeiten mit seiner Fakultät kam, in der ihm nicht alle eben wohlgesonnen waren und wo man ihn daran erinnerte, daß die wichtigste Aufgabe des Universitätsprofessors im Lehren bestehe, kam Ostwald 1905 um seine Entlassung aus der Professur ein. Den Abschluß seiner professoralen Tätigkeit bildete die Gastprofessur an der Harvard University im WS 1905/06. 1906 fühlte er sich dann „Frei!“²⁴

1906, in demselben Jahr, in dem Boltzmann aus dem Leben schied, schied Ostwald im Alter von 53 Jahren aus der akademischen Existenz und zog sich nach

¹⁹ Es sei hier nur auf die Verunsicherung im Zuge der Relativierung nicht nur im Bereich der Physik, sondern auch der Werte verwiesen, auf die Bemühungen um ein neuerliches Erfassen des Gesamten vor dem Hintergrund der als erdrückend empfundenen Spezialisierung etc.

²⁰ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 2. Berlin: Klasing, 1927. - S. 176 ff.

²¹ Es ist bezeichnend, daß Ostwald diesen Problemen in seinen Lebenslinien ein eigenes Kapitel „Überlastung, Zusammenbruch und Wiederaufbau“ gewidmet hat, in dem er ganz offen von seinen Depressionen spricht.

²² Ostwald, Wilhelm: Große Männer. Bd. 1. Leipzig: Akad. Verlagsges., 1909. - S. 405

²³ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 2. Berlin: Klasing, 1927. - S. 214

²⁴ So der Titel des 17. Kapitels des zweiten Bandes der Lebenslinien

Großbothen zurück,²⁵ trat damit in eine andere Existenz hinüber, in der er verschiedentlich als „der andere, der zweite Ostwald“ apostrophiert wird.

Der „zweite Ostwald“ hat, wie wir wissen, bis zu seinem Tod im Jahre 1932 noch eine ungeheure und in ihrer Vielseitigkeit kaum überschaubare Aktivität als Privatgelehrter entfaltet. Anders als Boltzmann (der allerdings auch nicht so restlos unpraktisch war, wie er dargestellt wird) war Ostwald in hohem Maße auch an Fragen der Anwendung interessiert. Die Ausgewogenheit von Theorie und Praxis ist – in großem Unterschied zu Boltzmann – mehr und mehr ein wesentliches Thema in Ostwalds Leben, der sich mehrfach mit den grundsätzlichen Fragen der Erkenntnisarbeit, der Wissenschaftssystematik auseinandergesetzt, letztlich den erfolgreichen Organisator über den Entdecker gestellt hat.²⁶ Sein Erfolg in der Praxis hat ihm – sehr im Unterschied zu Boltzmann – ja auch die Entscheidung des Jahres 1905/06 überhaupt ermöglicht, indem er jenseits der Professur über ein gesichertes Einkommen verfügte.

Die faktische Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnis in für den Menschen, für die Gesellschaft Nützliches hat ihn immer und mehr und mehr bewegt. Auf dieser Grundlage gelangte er zur Ausgestaltung eines in sich geschlossenen, auf der Grundlage seiner Energetik beruhenden und möglichst alle Bereiche der menschlichen Existenz einschließenden philosophischen Gesamtsystems, für dessen Absicherung er sich auf zwar berühmte, aber nicht durchweg allgemein anerkannte Verbündete zu berufen suchte: auf seinen Freund Wilhelm Wundt, dessen Völkerpsychologie ein altes Thema in quasi-naturwissenschaftlicher Fassung wiederbelebte (und den Boden für mancherlei weniger erfreuliche Spekulationen vorbereiten sollte), auf den nachmals unter spezifischen Gesichtspunkten hochgeschätzten Geopolitologen Friedrich Ratzel und insbesondere, was seine Hinwendung zur „energetischen Kulturwissenschaft“ anlangte, auf Karl Lamprecht.

Mit seiner von dem für ihn typischen Anspruch, das Ganze zu erfassen, getragenen Expansion der Energetik auch auf den Bereich der klassischen Geisteswissenschaften,²⁷ wie sie sich bereits um 1900 abzuzeichnen begann, mußte sich Ostwald die innige Feindschaft seiner geisteswissenschaftlichen Fakultätskollegen zuziehen.²⁸ Einmal war die Fakultät stark geisteswissenschaftlich, spezieller noch: stark philologisch dominiert – von allen analogen Fakultäten in Europa vielleicht am stärksten; zum anderen stand Karl Lamprecht in ihren Reihen, der für viele dem „Leibhaftigen“ nahestehen schien und als ein Vertreter einer den positivistischen Vorstellungen nahestehenden kollektivistischen Geschichtsauffassung bereits seit geraumer Zeit die geballte Wut der Historikerzunft und der traditionalistisch geprägten Geisteswissenschaftler auf sich gezogen hatte; Lamprecht als Verbündeter war eine Garantie für schlechte Presse in der eigenen Fakultät.

²⁵ vgl. Universitätsarchiv Leipzig (Akte Ostwald, PA 787)

²⁶ Hiebert, Erwin: Ostwald, Friedrich Wilhelm. In: Dictionary of Scientific Biography / hrsg. von Charles Coulston Gillispie. 16 Bde. New York : Scribner, 1970-1980. - Bd. 15, Suppl. 1, S. 466.

²⁷ 1909 erschien schließlich sein Buch „Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaft“; man vergleiche aber auch eine Fülle von Beiträgen verschiedener Autoren in seinen „Annalen der Naturphilosophie“.

²⁸ Dies ist insofern belangvoll, als die Geisteswissenschaften innerhalb der Philosophischen Fakultät gegenüber den Naturwissenschaften in Leipzig damals so stark waren wie wohl in kaum einer anderen Fakultät (es herrschte hinsichtlich der Lehrkanzeln ein Verhältnis von etwa 3:5).

Ostwalds Ausscheiden aus der Professur hatte aber auch andere Konsequenzen, deren Ostwald nicht wirklich gewahr wurde, die er nicht vorausgesehen hatte: er schied in weit höherem Maße, als er es wohl vorgehabt hatte, aus der akademischen Sphäre aus und verlor dadurch die Wirkung des Korrektivs dieser Gemeinschaft. Er war frei von den Zwängen, die ihn seinem Empfinden nach behindert hatten; er war aber auch frei von der mehr oder weniger latenten korrigierenden Wirkung einer solchen Gemeinschaft. Und er wurde auch nicht jünger. So konnten sich seine eigenen energetisch-philosophischen Vorstellungen immer konzentrierter, in zunehmend abstrakter werdender Rationalität eigener Prägung entwickeln, was wiederum Konsequenzen zeitigte, die heute Vorwürfe gegen Ostwald laut werden lassen, wie sie freilich aus heutiger Sicht, aus der Kenntnis der weiteren Entwicklung gegen viele Wissenschaftler wie Künstler jener Zeit vorbringbar wären. Während Ostwald im konkret naturwissenschaftlichen Bereich wie auch in dem der Anwendung u.a. mit seiner Farbenlehre und auch als Individuum in vielen Einzelfragen nach wie vor imponierende Leistungen setzte, begannen seine philosophischen Bemühungen zunehmend ins Leere zu laufen.

Im Zusammenhang mit der von ihm erhobenen Frage, was denn nun bedeutende Persönlichkeiten (ihm waren im Sinne Wortsinne von „Männer machen Geschichte“ eben nur Männer als solche vorstellbar) ausmache, ist Ostwald in seinem 1909 erschienen Werk auch auf Boltzmann zurückgekommen; er hat ihm die Rolle des letztlich imperfekten, weil zu sensiblen und zu einseitigen Genies zugesprochen,²⁹ das „ein Fremdling in dieser Welt“, „von der Harmlosigkeit und Unerfahrenheit eines Kindes“ sei. In seinen „Lebenslinien“³⁰ hat Ostwald 1927 noch den Anspruch erhoben, daß die Freundschaft mit Boltzmann bis zu dessen Tod angedauert habe. Und so wird er es wohl auch wirklich gesehen haben.

²⁹ Ostwald, Wilhelm: Große Männer. Bd. 1. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1909. - 404f., auch in: Höflechner, Walter: Ludwig Boltzmann : Leben und Briefe. Graz : Akad. Druck- u. Verlagsanst., 1994. - S. 263 (Tl. 1)

³⁰ Ostwald, Wilhelm: Lebenslinien. Eine Selbstbiographie. Bd. 1. Berlin : Klasing, 1926 - S. 257

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. Dr. Klaus Wetzel
Am Schaddeler Dreieck 12
04668 Großbothen

Prof. Dr. Walter Höflechner
Karl-Franzenius-Universität Graz
Institut für Geschichte
Universitätsplatz 3
A-8010 Graz

Gesellschaftsnachrichten

Wir begrüßen neue Mitglieder

Herrn Doz. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Meiler, Leipzig
Herrn Facharzt Konrad Rosenkranz, Leipzig

Veranstaltungsankündigungen

- **29. August 1998** 14 Uhr
60 Jahre Atomenergie - Otto Hahn und Fritz Straßmann entdecken
die Kernspaltung
Referenten: Herr Dr. K.-P. Dostal und Herr Prof. Dr. Dr. K. Wetzel, Leipzig

Die Veranstaltungen finden auf dem Landsitz „Energie“ in 04668 Großbothen,
Grimmaer Str. 25 statt.

Zugänge zum Ostwald-Archiv

Herr Zeugner (Leipzig) vermittelte eine komplette Ostwald'sche Farbenorgel aus der
ehemaligen Kunsthochschule Berlin-Weißensee.

Herr Dr. J. Stocklöv stellte sein Buch „Arthur Rudolf Hantzsch im Briefwechsel mit
Wilhelm Ostwald“ zur Verfügung. Es erschien 1998 im ERS-Verlag Berlin, ISBN 3-
928577-30-1.

Herr Schröter (Leipzig) stellte zur Verfügung:

Ostwald, Wilhelm: Einführung in die Farbenlehre. 2. Aufl. Leipzig : Reclam, 1919. -
(Reclams Universal Bibliothek Nr. 6041-6044, Bücher der Naturwissenschaft 26)

Ostwald, Wilhelm: Die Farbenfibel. 1. Aufl. Leipzig : Unesma, 1930

Müller-Lyer, F.: Phasen der Liebe. München : Langen, 1923. - (Die Entwicklungsstu-
fen der Menschheit 5)

Die Redaktion dankt den Spendern.

Sonstiges

Die Zeitschrift der Universität Leipzig setzt in ihrer Nummer 2 vom April 1998 im FORUM die Diskussion „Wilhelm Ostwald – Pro und Kontra“ fort.

Da, wie die Zeitschrift begründet, Herr Prof. Nowak in der ersten Etappe der Diskussion gegenüber Frau Prof. Riha im Nachteil gewesen sei – schließlich habe ihr der Beitrag von Herrn Prof. Nowak vorgelegen – wird ihm die Möglichkeit einer Entgegnung eingeräumt. Im 2. Punkt derselben stellt Prof. Nowak fest, *Nicht Ostwald habe ich im Zusammenhang mit der Euthanasiedebatte dem Nationalsozialismus zugeordnet, sondern Binding und Hoche*. Und zwei Sätze weiter heißt es: *Der Übergang von der „Tötung auf Wunsch“ (Diskussion in Ostwalds „Monistischem Jahrhundert“) zur Krankenvernichtung war gleitend. Daran war im Zusammenhang mit Ostwald – auf dem Hintergrund der Rassenhygiene, die im „Monistischen Jahrhundert“ 1914 einen prominenten Platz erhielt! – zu erinnern*.

Weiterhin werden zwei Briefe an Prof. Nowak abgedruckt. Prof. Knut Borchardt (Icking) ist überzeugt, daß es sehr gut war, sich kritisch zur Namensgebung des Institutes zu äußern, und schreibt weiter: *Sie haben sicher viele Mitglieder der Universität zum Nachdenken angeregt – gerade auch über die Rolle von Wissenschaftlern. ... Ich bin sicher, daß kein Physiker auf die Idee käme, das Heidelberger Physikalische Institut nach dem Nobelpreisträger Lenard zu benennen. Aber es liegt auf der Hand, daß Antisemitismus und NS-Gefolgschaft einen genialen Physiker auch in der Person disqualifizieren – nicht aber die spezifische Ideologie Ostwalds, die man heute wohl eher für privat hält ...*

Der zweite Partner, Prof. J. Mittelstraß (Konstanz) bedankt sich bei Prof. Nowak für die spannende Lektüre in Sachen Ostwald. *Dies gilt besonders für Ihre ebenso kritische wie abgewogene Ostwald-Studie. Sie lehrt, daß auch große wissenschaftliche Leistungen nicht vor philosophischer Dummheit schützen. ... Immerhin bleibt noch anzumerken, daß im Falle Ostwald die Transformation von Wissenschaft und Weltanschauung eher als Kuriosität denn als ideologische Bedrohung anzusehen ist.*

„Pro“ ist mit einem Beitrag von Prof. Kaden (Meinsberg): „Gültiges und Zeitströmung“ und einem Beitrag von Prof. Domschke (Chemnitz): „Ist der Physikochemiker Wilhelm Ostwald ein ‘Fall’ Wilhelm Ostwald“ vertreten, die von der Redaktion aus Platzgründen gekürzt wiedergegeben werden. Außerdem ist der Eingang eines Beitrages von Dr. Fritzsche und Dr. Ebert (Leipzig) erwähnt.

Die Redaktion der Universitätszeitschrift möchte damit die Diskussion um Ostwald auf ihren Seiten beenden, lädt aber gleichzeitig zu einem weiterführenden Dialog zwischen Natur- und Geisteswissenschaftlern ein.

Da bekannt ist, daß über die hier genannten hinaus weitere Stimmen „Pro“-Ostwald abgegeben wurden, möchten wir auch den namenlos gebliebenen Beteiligten herzlich danken. Die Redaktion





LANDSITZ ENERGIE

Großbothen/Sachsen

des sächsischen Nobelpreisträgers

Wilhelm Ostwald

- seit 90 Jahren ein Ort kreativen Arbeitens

Sie finden beste Arbeitsbedingungen für:

- Seminare
- Trainings
- Tagungen
- Workshops
- Klausurtagungen
- Studienaufenthalte

Die Tagungsstätte
Haus „Glückauf“

bietet Ihnen modern ausgestattete Arbeitsräume und Gästezimmer (7 Einzel- und 3 Doppelzimmer) für mehrtägige Besprechungen in kleinerem Kreis.

Die Tagungsstätte
Haus „Werk“

eignet sich mit seinem großen Veranstaltungsraum (für ca. 60 Personen), zwei Seminarräumen und einer Cafeteria besonders für Tagesveranstaltungen.

Die beiden Tagungshäuser liegen in einem weitläufigen, abwechslungsreichen Park und zeichnen sich durch persönliche Atmosphäre, unaufdringlichen Komfort und ein historisches Ambiente aus.

Unsere Gäste schätzen diese Abgeschiedenheit für ungestörtes Arbeiten und kommen gern wieder.

Bei Bedarf können Gästezimmer im Ort vermittelt werden.

Wir empfehlen Ihnen auch einen Besuch der musealen Räume im
Haus „Energie“

Rufen Sie an: Dr. Hansel, Tel.: 034384/7 12 83
e-mail-Adresse: ostwald.energie@t-online.de

Internet-Adresse: <http://www.wilhelm-ostwald.de>
Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen

Ostwald ~ Gedanken

Der energetische Imperativ
vermeidet unnötige Reibung,
schafft Freude an der Arbeit
und ermöglicht höchstwertige Leistungen.



Der energetische Imperativ lehrt,
wo und wie man am besten sparen kann.



Das Gesetz von der Erhaltung der Energie
hat alle Stürme überdauert
und gilt noch heute
uneingeschränkt.



Nur eine Größe können wir auf keine Weise
nach Belieben neu entstehen lassen -
die Energie!
Man ist gezwungen,
mit dem vorhandenen Betrage
sein Auskommen zu finden.



Während früher der Forscher danach trachten mußte,
daß seine Lehren mit denen der Kirche
nicht in Widerspruch gerieten,
beschäftigt sich gegenwärtig die Kirche damit,
daß ihre Lehren sich mit denen der Wissenschaft
vereinigen lassen.

Sie erkennt mit anderen Worten die Wissenschaft
als die obere Instanz an.

Über Katalyse, Nobel-Rede 1909