
N. I. Rodnyj, J. I. Solowjew

Wilhelm Ostwald

Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Band 30
1977, BSB B. G. Teubner Leipzig

Abschrift und LaTeX-Satz: 2024

<https://mathematikalpha.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort der Autoren	4
2	Der Mensch	8
2.1	Kindheit und Jugend	8
2.2	Student der Universität Dorpat	12
2.3	Professor am Rigaer Polytechnikum	21
2.4	Organisator und Leiter des Leipziger Physikalisch-chemischen Instituts .	27
2.5	Als „freier“ Professor	40
2.6	Die letzten Jahre	47
3	Der Forscher	52
3.1	Der Beginn der wissenschaftlichen Tätigkeit	53
3.2	Die „Zeitschrift für physikalische Chemie“	56
3.3	Die Theorie der Lösungen	63
3.4	Reisender Verkünder neuer Theorien	74
3.5	Die Katalyse	82
3.6	Wissenschaftshistorische Arbeiten Ostwalds zur Katalyse	83
3.7	Experimentelle Untersuchungen	89
3.8	Allgemeine Probleme der Katalyse	94
3.9	Katalyse in der Natur	104
3.10	Die Farbenlehre	106
4	Der Lehrer	115
4.1	Lehrbücher	123
5	Der Naturphilosoph	135
5.1	Methodologische Prinzipien der Energetik	141
5.2	Ursprünge der Energetik	148
5.3	Der Antiatomismus Ostwalds	152
5.4	Kritik der Energetik	157
5.5	Kritik der Energetik durch W. I. Lenin	173
5.6	Ostwalds Revision seines Verhältnisses zur Atomistik und das weitere Schicksal der Energetik	176
6	Der Wissenschaftstheoretiker und Historiker	184
6.1	Ostwald über das Bildungswesen	186
6.2	Wie findet man Talente?	189
6.3	Lebensalter und wissenschaftliche Arbeit	191
6.4	„Klassiker“ und „Romantiker“	194
6.5	Der wissenschaftliche Schaffensprozess - die Rolle von Zufall und Phan- tasie in der Forschung	196
6.6	Die wissenschaftlichen Schulen	199
6.7	Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik - die Rolle von Organisatoren in der Wissenschaft	200

6.8	Die Rolle der Begriffe in der Entwicklung des Wissens	204
6.9	Die Klassifikation der Wissenschaften	210
6.10	Ursprünge der Wissenschaft von der Wissenschaft	215
6.11	Der Wissenschaftshistoriker	217
6.12	Die ‚Leitlinien der Chemie‘	222
6.13	Ostwalds wissenschaftshistorische Konzeption	225
7	Ostwalds allgemeine gesellschaftliche Tätigkeit	228
7.1	Die Weltsprache	232
7.2	Ostwald als streitbarer Atheist	240
8	Schluss	250
9	Literatur	256

1 Vorwort der Autoren

„Wilhelm Ostwald hat durch sein unermessliches pädagogisches und wissenschaftliches Wirken, durch seine bewundernswerten literarischen Werke und durch sein Organisationstalent mehr für die Verbreitung der physikalischen Chemie getan als sonst irgendjemand.“

J. van't Hoff

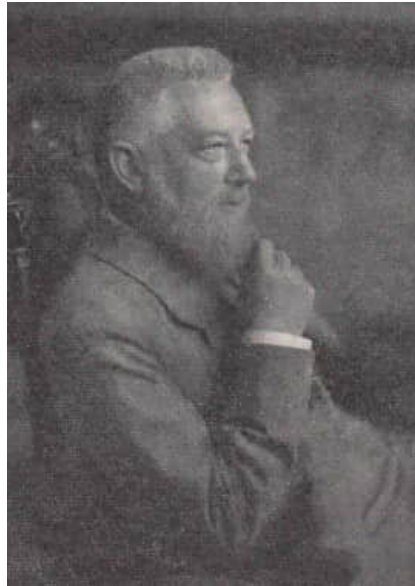


Abb. 1. Wilhelm Ostwald

Das vorliegende Buch befasst sich mit dem Leben und Wirken des großen deutschen Gelehrten und Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald.

Die Persönlichkeit des Naturforschers und Philosophen Ostwald ist vielschichtig und widersprüchlich. Ungewöhnlich weitgespannt war der Kreis seiner Interessen. Er liebte es, bei seiner schöpferischen Arbeit einen häufigen „geistigen Fruchtwechsel“ vorzunehmen, indem er von einem Forschungsthema auf ein anderes überwechselte.

Das, was in einem bestimmten Lebensabschnitt Ostwalds nur eine Nebenbeschäftigung war, wurde in einem anderen zu seiner Hauptarbeit. Er beteiligte sich besonders aktiv an der Entwicklung eines neuen Zweigs der Chemie - der physikalischen Chemie, er war der Begründer einer umfangreichen wissenschaftlichen Schule, er entwickelte sein eigenes naturphilosophisches System, befasste sich mit verschiedenen wissenschaftsorganisatorischen Problemen und wissenschaftshistorischen Untersuchungen, erarbeitete eine Farbtheorie - und all das tat er mit Begeisterung und der Leidenschaftlichkeit eines unbezähmbaren Temperaments, mit der völligen Hingabe seiner geistigen und seelischen Kräfte.

Ostwald machte nichts nur halb, wohl kaum etwas war ihm so fremd wie Oberflächlichkeit. Immer war sein Leben angefüllt mit Schöpfertum und Kampf, beide waren in ihm untrennbar miteinander verknüpft. Alles an ihm verrät seine reich begabte Natur - die klugen leuchtenden Augen, das von Tatkraft und Energie geprägte Gesicht.

An den verschiedenen Schauplätzen seines so umfangreichen und fruchtbringenden Schaffens traf Ostwald mit einer großen Anzahl anderer Menschen zusammen; da gab

es außer Mitstreitern auch viele Gegner, mit denen er oft „den Degen kreuzte“.

Er war ein ausgesprochener Kämpfertyp - er kämpfte für die Bestätigung und Anerkennung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, für die Schaffung und Verbreitung einer internationalen Sprache, für eine rationelle Organisation der geistigen Arbeit, er führte einen unerbittlichen Kampf gegen Religion und Kirche.

Ostwald brachte die Wissenschaft nicht nur durch eigene Forschungen voran, sondern auch durch eine gewaltige organisatorische Arbeit, durch die Fähigkeit, Hindernisse für den Fortschritt aus dem Weg zu räumen.

Als Begründer und Leiter einer großen wissenschaftlichen Schule, aus der viele hervorragende Physikochemiker hervorgingen, begeisterte Ostwald zahlreiche junge Wissenschaftler für neuartige Forschungen. Lange Zeit hindurch war er der Initiator von wahrhaft umwälzenden Unternehmungen. Wenn man bei einer wissenschaftshistorischen „Wägung“ nicht nur Ostwalds wissenschaftliche Leistungen, sondern auch die Resultate seiner Tätigkeit in verschiedenen anderen Richtungen auf die Waagschale legt, wird deutlich, dass Ostwald eine außerordentlich wichtige Persönlichkeit ist, deren Bedeutung für die Entwicklung der Chemie wesentlich über die des Begründers eines neuen Wissenschaftszweiges hinausgeht.

Allerdings war Ostwalds Leben nicht nur ein Schreiten von Erfolg zu Erfolg und erfüllt von Triumphen; es gab darin bedeutende theoretische Irrtümer und andere Misserfolge. Bei weitem nicht alles, was seiner erstaunlich produktiven Feder entsprang, wurde von seinen Zeitgenossen anerkannt und wird von der Wissenschaftsgeschichte positiv eingeschätzt. Viele seiner Schöpfungen überlebten ihn nicht nur nicht, sondern wurden bereits von der Wissenschaft seiner Zeit „zum Ausschuss erklärt“.

... Er hatte aber stets den Mut, seine Fehler einzugestehen. Ostwald war nicht immer und nicht in allen Dingen konsequent.

Deshalb ist das bis zum äußersten von Tätigkeit erfüllte Leben Ostwalds ein schwieriges, aber würdiges Thema für Biographen. Die Schwierigkeit wird dadurch noch erhöht, dass Ostwald in der Geschichte der wissenschaftlichen Erkenntnis eine widersprüchliche Rolle spielt, denn sein Name taucht nicht nur in der Naturwissenschaft, sondern auch in anderen Wissenschaftsbereichen auf, und dort fällt eine Charakteristik nicht so eindeutig positiv aus wie in der Geschichte der Naturwissenschaft.

W. I. Lenin bezeichnete Ostwald als „sehr bedeutenden Chemiker und sehr verworrenen Philosophen“¹.

In den letzten Jahren wurde der Persönlichkeit Ostwalds große Aufmerksamkeit zugewandt. In Westeuropa sind einige Bücher über Leben und Schaffen Ostwalds erschienen. Bei uns (in der UdSSR - der Übers.) gibt es kein Buch über diesen Gelehrten, nur vereinzelte Artikel.

Die Autoren des vorliegenden Buches - des ersten über Ostwald in russischer Sprache - haben sich, ohne auf eine umfassende Lebensbeschreibung Anspruch zu erheben, bemüht, die wesentlichen Momente seines vielschichtigen Schaffens objektiv zu analysieren

¹W. I. Lenin, Vollständige ges. Werke, Bd. 18, S. 173 (russ.)

und einzuschätzen. Dazu wurden zahlreiche Arbeiten aus Ostwalds Feder, Aufsätze und Bücher über sein Leben und Werk und auch einige Archivmaterialien herangezogen. Die Autoren danken den Mitarbeitern der Ostwald-Gedenkstätte „Energie“ in Großbothen für die Überlassung von Photographien Ostwalds, die in diesem Buch erstmalig veröffentlicht werden, und bedanken sich auch bei Prof. N. F. Owtschinnikow und bei D. N. Trifonow für wertvolle Anmerkungen und Ratschläge während der Drucklegung des Buches.

Moskau 1969

N. I. Rodny, J. I. Solowjew

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Je bedeutender eine Persönlichkeit ist, desto schwerer hat es der Biograph. Wilhelm Ostwald, zu dessen 125. Geburtstag diese Biographie erscheint, war einer der erfolgreichsten Naturwissenschaftler und außerdem unerhört vielseitig.

Sein Wirken beeinflusste nicht nur die Chemie und die Naturwissenschaft nachhaltig, sondern auch die Pädagogik, Wissenschaftstheorie, Wissenschaftsorganisation, Wissenschaftsgeschichte, die Farbenlehre, Psychologie und die Biographik. Dazu kam seine Fähigkeit, heranreifende Probleme zu erkennen, aufzugreifen, Lösungswege zu finden, Menschen für die Aufgaben zu gewinnen und zum gemeinsamen Handeln zu führen.

N. I. Rodnyj und J. I. Solowjew haben Ostwalds Persönlichkeit und Werk insgesamt und kritisch gewürdigt. Sie legten ihrer Biographie die Quellen zugrunde und bemühten sich um eine objektive Reproduktion dessen, wie und wodurch sich Ostwald zu einer faszinierenden Persönlichkeit entwickelte und in seiner Zeit wirkte. Zugleich lenkten sie die Aufmerksamkeit darauf, was von dem Werk Wilhelm Ostwalds für unsere Zeit relevant und deshalb nachdenklich kritisch nutzbar zu machen ist.

Ostwalds Wirken wird in seiner engen Verbindung mit den gesellschaftlichen, wissenschaftlichen und technischen Bewegungen seiner Zeit gezeigt, so dass Rodnyj und Solowjew mit der Biographie zugleich ein beträchtliches Stück Zeitgeschichte und Geschichte der Naturwissenschaften rekonstruierten. Dadurch gewinnt der Leser ein tieferes Verständnis für die geistigen Auseinandersetzungen und die daran beteiligten Personen. Ostwalds Publikationen umfassen viele Bände. Rodnyj und Solowjew hatten also eine Fülle von Material zu bewältigen. Es ist ihnen gelungen, die wertvollsten Arbeiten und Ideen herauszustellen und sie in schöpferischen Bezug zur Gegenwart zu bringen.

Wilhelm Strube

2 Der Mensch

2.1 Kindheit und Jugend

Ende der 40er Jahre des vergangenen Jahrhunderts ließ sich in einer Vorstadt von Riga die Familie Gottfried Ostwald nieder. Die Eltern waren aus Deutschland zugewandert; Gottfried Ostwald hatte lange Zeit in Russland gelebt und u. a. als Lehrer gearbeitet. Dabei hatte er ein kleines Vermögen gesammelt, von dem er sich in Riga ein Haus kaufte und eine Böttcherwerkstatt einrichtete. Das Geschäft ging nicht schlecht - die Werkstatt hatte zehn Arbeiter. Die Erzeugnisse brachten guten Gewinn, aber keine Reichtümer. Ostwald war seinem Charakter nach kein Unternehmer; er war ein impulsiver, temperamentvoller Mann, ein leidenschaftlicher Jäger. Seine Frau Anna Margarethe Elsa, geb. Leukel, war die Tochter eines deutschen Bäckers. Ihre Familie hatte lange in Moskau gelebt.

Am 2. September 1853 wurde in der Familie Ostwald der zweite Sohn geboren, der Wilhelm genannt wurde. Der Junge wuchs auf wie alle Kinder und verbrachte den größten Teil der Zeit beim Spiel und den Vergnügungen der Jungen. Abends setzte er sich gern auf den Schoß der Mutter und ließ sich von ihr etwas vorlesen.

Im sechsten Lebensjahr lernte Wilhelm unter Anleitung der Mutter lesen, und von da an mussten seine Freunde oft auf einen lustigen Kameraden verzichten. Er rollte sich in einem Sessel zusammen, vergaß alles um sich her und las ein Buch nach dem anderen - fast alles, was die Mutter aus der Leihbücherei mitbrachte.

Dann folgte eine Zeit, wo Wilhelm eine neue Beschäftigung begeisterte - er stand in der Werkstatt des Vaters an der Werkbank und bastelte. Für ihn gab es kein verträumtes Nichtstun; Wilhelm unterschied sich von seinen Brüdern, dem jüngeren Gottfried und dem älteren Eugen, durch seinen lebhaften und rastlosen Charakter. Die Brüder machten den Eltern weniger Sorgen, denn sie waren weniger temperamentvoll.

Alles Neue wurde von Wilhelm schnell aufgenommen und erfasst. Daher ist es nicht erstaunlich, dass er schon in der Volksschule als Wunderkind galt. Der Junge ging mit lebhaftem Interesse zur Schule, denn jeder Tag brachte irgend etwas Neues für ihn; oft baten ihn die Kameraden, ihnen eine schwierige Aufgabe zu erklären, was er stets bereitwillig tat. Wilhelm beendete die Volksschule mit guten Noten. Rein zufällig schickten die Eltern ihn nicht auf das klassische, sondern das Realgymnasium, was auf die weitere Entwicklung des Jungen einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hatte.² In diesem Gymnasium trafen nämlich zwei gleichermaßen besessene Naturen aufeinander - ein Lehrer und ein Schüler. Der eine wollte alles, was er wusste, weitervermitteln, der andere sog alles Interessante begierig in sich auf. Wilhelm fand in dem Lehrer G. Schweder, der in Mathematik, Physik und Naturkunde unterrichtete, einen ganz in seine Sache verliebten Menschen. Schweder eröffnete dem Jungen eine neue Welt - die Welt der ihn umgebenden Natur.

Das Sammeln von Schmetterlingen, Pflanzen und Käfern auf Spaziergängen außerhalb der Stadt war nicht nur interessant, sondern auch lehrreich. Begeistert verfolgte der

²Zu der Zeit hatte das Realgymnasium fünf Klassen, die Schüler verließen es mit 15, 16 Jahren.

Junge die physikalischen Experimente, die Schweder gekonnt demonstrierte. In Physik hatte Wilhelm immer gute Zensuren.³

In den Jahren am Gymnasium erlernte Wilhelm zwei Fremdsprachen (Englisch und Französisch) und las französische und englische Klassiker im Original. Von den deutschen Dichtern gefiel ihm besonders Goethe.

Überhaupt liebte Wilhelm Zeit seines Lebens das Buch als einen treuen und klugen Freund. Seine geistige Entwicklung verdankte er mehr den Büchern als den Lehrern.

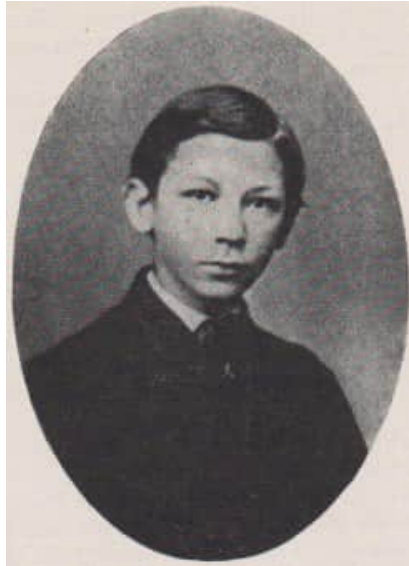


Abb. 2. W. Ostwald als Gymnasiast

Mit 11 Jahren kam Wilhelm zum ersten Mal ins Theater; dieser Besuch machte gewaltigen Eindruck auf ihn. Optische Eindrücke wirkten auf den Jungen stärker als akustische. Um diese Zeit begann Wilhelm auch, Geigenunterricht zu nehmen. Obwohl er kein feines musikalisches Gehör hatte, lernte er doch Geige spielen und wirkte bei Hauskonzerten mit. In der Schulzeit kam noch eine andere Leidenschaft Ostwalds zum Vorschein - die zu schreiben.

In der Schule gab er eine handgeschriebene Zeitschrift mit dem Titel „Humor“ heraus. Von dieser Zeitschrift erschienen insgesamt sechs Nummern.

Mit 11 Jahren geriet er zufällig an ein Buch über Pyrotechnik, und das interessierte ihn so sehr, dass er all seine Freizeit damit zubachte, nach Rezepten aus diesem Buch Feuerwerkskörper herzustellen. Durch die Beschäftigung mit der Pyrotechnik entwickelte er viele Fertigkeiten und Arbeitsmethoden, die ihm später halfen, ein hervorragender Experimentator zu werden.

Mit 12 Jahren begann Wilhelm sich für Photographie zu interessieren. Aus einem Fernglas baute er selbständig einen Photoapparat zusammen.

³Manchmal aber brachte der phantasiebegabte Junge die Lehrer aus dem Gleichgewicht. Er erinnerte sich im Jahre 1907: Wenn wir in der russischen Lehrstunde, was sehr oft vorkam, irgendeinen eklatanten Unsinn gesagt hatten, so pflegte unser Lehrer darauf zu reagieren mit den in un-nachahmlichem Tonfall gesprochenen Worten: „Eto mistizism“, zu deutsch: dies ist Mystik (W. Ostwald, Die Forderung des Tages, Leipzig 1910, S. 82).

14jährig erwachte in dem Jungen das Interesse für Zeichnen und Malerei, angeregt durch den Maler Schwendowski, der in der Nachbarschaft wohnte. Später, schon in fortgeschrittenem Alter, begann Ostwald, sich mit der Farbenlehre zu beschäftigen. Dabei spielte sein Interesse für Malerei eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Wilhelm war also in der Kindheit sehr leicht für etwas zu begeistern, und zeitweise hatte diese Besonderheit seines Charakters auch negative Folgen. Die schulischen Leistungen litten darunter; oft erledigte er die Hausaufgaben nicht. Er blieb in der Schule zurück und musste außer den obligatorischen fünf noch zwei weitere Jahre am Realgymnasium bleiben, um das Versäumte nachzuholen.

Bis hierher weist noch nichts darauf hin, dass Wilhelm ausgerechnet die Chemie als zukünftigen Beruf auswählen wird - seine Interessen waren außerordentlich vielseitig. Eines Tages aber geriet der Junge an die „Schule der Chemie“ aus der Feder des deutschen Agrochemikers Stöckhardt.⁴ Nach diesem Buch führte der Gymnasiast zahlreiche chemische Experimente aus, die nicht selten höchst effektiv verliefen, so dass Begeisterung ihn packte. Ostwald erinnerte sich später:

Dass mir ein günstiges Geschick gerade diese pädagogische Meisterleistung als erstes Lehrbuch der Chemie in die Hände geführt hat, ist bestimmend für meine ganze spätere Betätigung in dieser Wissenschaft geworden; der schlichten Unmittelbarkeit, mit welcher hier die Tatsachen dem Schüler vorgeführt werden, der Geschicklichkeit, mit welcher die Versuche dem physischen und geistigen Können des Anfängers angepasst sind, habe ich es zu verdanken, dass mir trotz meiner späteren vorwiegenden Beschäftigung mit allgemeinen Fragen der Wissenschaft - der Erfahrungsstandpunkt nicht abhanden gekommen ist. [45, 113]

Als die Gymnasialzeit zu Ende ging, gab es für Ostwald schon keinen Zweifel mehr über die Berufswahl. Er wollte Chemiker werden.

Zwar wünschte sein Vater, er solle am Rigaer Polytechnikum studieren und Ingenieur werden, aber Wilhelm war damit nicht einverstanden - nicht etwa, weil er sich nicht zur Technik hingezogen fühlte, aber ihn reizte „die freie Forschung im grenzenlosen Meer des Unbekannten“ [105].

Von den wirtschaftlichen Aussichten her war der Beruf des Chemikers damals nicht attraktiv, denn in Russland gab es praktisch keine chemische Industrie, aber ökonomische Erwägungen standen für Ostwald nicht im Vordergrund. Das Höchste, was er sich wünschte war, bei dem Professor der Chemie in Dorpat⁵ Assistent zu werden [154].

Nicht zufällig hatte er die Universität Dorpat ausgewählt. Es war eine Tradition, dass die Kinder der baltischen Deutschen an dieser Universität studierten, wo in deutscher Sprache gelehrt wurde.

Außerdem wusste man in Riga ziemlich genau, dass an der Universität Dorpat die Chemieausbildung auf sehr hohem Niveau stand. An einem Augusttag des Jahres 1872 machte sich Wilhelm auf den Weg. Er wurde von der gesamten Familie verabschiedet,

⁴Es ist interessant, dass fast genau zur gleichen Zeit ein anderer Gymnasiast, Nikolai Kurnakow aus dem Dorf Shedrin im Kreis Nishegorodsk, der spätere Begründer der physikalisch-chemischen Analyse, Stöckhardts „Schule der Chemie“ mit der gleichen Begeisterung studierte.

⁵Dorpat (russ. Derpt), später russisch Jurjew, heute Tartu - Stadt in der Estnischen SSR (Anm. d. Übers.).

auch einige Schulkameraden waren gekommen. Wie immer in solchen Fällen, wurden verschiedene gute Wünsche mit auf den Weg gegeben, besonders für erfolgreiche Studien. Das letzte, was sich Wilhelm einprägte, waren die traurigen, verweinten Augen der Mutter.

Wie sollte sie nicht weinen, verließ doch ihr Liebling das heimische Nest. Aber schon hatte sich die Kutsche in Bewegung gesetzt, und schnell verschwand das Vaterhaus hinter einer Biegung.

Etwa 300 Kilometer waren von Riga nach Dorpat zurückzulegen. Nicht allzulange währte die Trauer des Jungen über den Abschied; bald nahm ihn die Reise gefangen. Nach einigen Tagen tauchte in der Ferne Dorpat auf.

In den 60er, 70er Jahren des 19. Jahrhunderts war Dorpat ökonomisch und kulturell nach Riga die zweitbedeutendste Stadt des damaligen „Gouvernements Livland“. Es hatte ungefähr 20000 Einwohner, größtenteils (zu 68%) Esten.

Malerisch an den Ufern des Flusses Embach gelegen, war Dorpat berühmt für seine altertümlichen Sehenswürdigkeiten.

Diese Stadt hat eine alte und verwickelte Geschichte, sie hat sich zu verschiedenen Zeiten unter russischer, deutscher, schwedischer und polnischer Herrschaft befunden. Mehrmals ist sie von großen Bränden fast vollständig vernichtet worden, aber stets wurde sie wieder aufgebaut und vergrößert. Im Stadtzentrum, dort, wo in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts das prunkvolle Gebäude der Universität mit seiner von sechs Säulen gestützten Eingangshalle erbaut worden war, ist die Kulturschicht, die sich aus den Überresten der durch zahlreiche Kriege und Brände zerstörten Häuser gebildet hatte, drei Meter stark.

Mitte des 19. Jahrhunderts hatte Dorpat ganz den Charakter einer kleinen, gemütlichen Universitätsstadt.

Hier eine Beschreibung Dorpats, die uns W. Weresajew hinterlassen hat:

Die Stadt wird von einem langen, in eigenwilligen Windungen verlaufenden Berg mit dem Namen Domberg (das war die deutsche Bezeichnung des Hügels Toomemiagi, auf dem eine Siedlung der alten Esten gestanden hatte - die Aut.) in zwei Teile geteilt. Auf dem Berg befinden sich ein herrlicher Park und die Ruinen eines alten deutschen Doms. Zu beiden Seiten des Berges liegt die Stadt mit ihren stillen, sauberen und gemütlichen Straßen.

Der Fluss Embach (deutscher Name des Flusses Emajogi- die Aut.) trennt die Stadt von der Vorstadt jenseits des Flusses. Nach allen Seiten gehen dicht mit Linden und Eschen bestandene Chaussees von der Stadt aus, ringsum liegen kleine Bauerngüter und sorgfältig bearbeitete Felder... Die alte Universität von Dorpat ist das Gehirn, das Lebenszentrum der Stadt... Die ganze Stadt lebt durch die Universität und für die Universität. [155]

Ob Wilhelm, als er in Dorpat ankam, wohl ahnte, dass er 8 Jahre dort verbringen würde? Dass in diese Zeit Ereignisse fallen würden, die seine ursprünglichen Pläne vollkommen verändern sollten? Wie sollte er voraussehen, dass er in dieser Stadt ein Mädchen finden würde, das seine Begleiterin durchs ganze Leben und die Mutter seiner Kinder werden würde...

2.2 Student der Universität Dorpat

Mit 19 Jahren wurde Wilhelm Ostwald an der physikalisch-mathematischen Fakultät der Universität Dorpat immatrikuliert.

Dort erfuhr er zum ersten Mal von der Existenz einer Studentenkorporation, der Burschenschaft. Verwundert beobachtete der junge Mann die Ausschreitungen der Burschenschaft und ihren Alkoholkonsum. Anfangs schreckte ihn all das ab, aber eines Tages erlebte er, wie ein Burschenschaftler, der die Universität beendet hatte, verabschiedet wurde, und die poetische Seite dieser Zeremonie machte so großen Eindruck auf ihn, dass er bereit war, die „alkoholischen Exzesse“ zu verzeihen.

Nun wollte der leidenschaftliche junge Mann selbst in die Studentenverbindung eintreten, und schon bald wurde er deren vollberechtigtes Mitglied.

Mit dem ihm eigenen Eifer stürzte er sich in das Leben der Verbindung, in der er schon nach kurzer Zeit eine führende Rolle spielte.

Er hatte fast vergessen, warum er nach Dorpat gekommen war, und gab sich ganz der „alten Burschenherrlichkeit“ hin und hatte seinen Spaß an allen Streichen.

Bald nach Ostwalds Eintritt in die Studentenverbindung feierte diese ihr 50jähriges Bestehen, an dessen Vorbereitungen er aktiv teilnahm. Er studierte das Archiv dieser Organisation, er trat mit einer Rede auf und hatte damit auf der Feier, zu der „Burschen“ aus vielen Gegenden Deutschlands und Russlands, die zu verschiedenen Zeiten an der Universität Dorpat studiert hatten, zusammengekommen waren, großen Erfolg.



Abb. 3. Die alte Universität in Dorpat

Ostwald begann, in der Verbindung eine zentrale Funktion einzunehmen; um ihn sammelte sich die studentische Jugend. Sie wurden von ihm als scharfsinnigem Gesprächspartner angezogen.

Das erste Jahr des Studiums war im Nu vergangen. Vorlesungen hatte Ostwald fast nicht besucht. Als er in den Ferien nach Hause nach Riga kam und dem Vater freimütig von seinem Zeitvertreib berichtete, erhielt er von diesem einen kräftigen Rüffel. Er musste dem Vater sein Wort geben, dass er seine Lebensweise ändern und sich mit dem befassen werde, um dessentwillen er in Dorpat war.

Nach Dorpat zurückgekehrt, hielt der Sohn sein Wort und fing an, Vorlesungen zu besuchen, aber das machte ihm wenig Freude.

Da beschloss er, den Weg zur Wissenschaft über die Bücher zu suchen.

Das Universitätsstudium dauerte drei Jahre; dreimal mussten in dieser Zeit Examen abgelegt werden, dabei wurden je fünf Fächer geprüft. Die ersten Examen legte Ostwald in folgenden fünf Fächern ab: Experimentalchemie, Physik, Mineralogie, Kristallographie und Mathematik.

Zwar überstand er die Examen mit Erfolg, aber er wurde von den Professoren, die ihn gut leiden konnten, taktvoll auf gewisse Unzulänglichkeiten seiner Bildung hingewiesen. Dazu schreibt Ostwald:

Die Beschämung darüber veranlasste mich, trotz des bestandenen Examens, meine Bücher wieder vorzunehmen, ... Nun tat sich mir das wissenschaftliche Paradies auf, ...dessen Tor ich mir durch eigene Schuld so lange zugesperrt hatte. Dies Paradies war das chemische, Laboratorium. [105, I, S. 92]

Wie schon gesagt, war die Chemieausbildung an der Universität gut. Den Lehrstuhl für Chemie hatte Professor Carl Schmidt inne.

C. Schmidt war 1822 in Lettland geboren. Anfangs hatte er Apotheker werden wollen, aber mit fremder Hilfe konnte er ein Universitätsstudium aufnehmen. Er hatte in Berlin, Gießen und Göttingen bei berühmten Gelehrten wie Liebig, Wöhler und Rose studiert. Schmidts Arbeitsgebiet waren die analytische und die physiologische Chemie. Er hatte die Bodenschätze im Baltikum⁶ erforscht (Ölschiefer, Torf und Tone) und befasste sich mit umfangreichen analytischen Untersuchungen von Fluss-, See- und Meerwasser; die Proben dafür brachte man ihm von verschiedenen geographischen Expeditionen mit.

Einige wesentliche Arbeiten Schmidts befassten sich mit dem Einfluss von Mineraldünger auf die Bodeneigenschaften - hier zeigte sich die Liebigsche Schule. Schmidt war ein unermüdlicher Arbeiter. Manchmal arbeitete er 17 bis 20 Stunden am Tag, und oft schlief er sogar im Laboratorium.

Seine Untersuchungen der Verdauungsvorgänge wurden später von I. P. Pawlow sehr hochgeschätzt. Schmidt arbeitete eng mit den russischen Wissenschaftlern W. W. Dokutschajew, D. I. Mendelejew und N. M. Prshewalski zusammen. 1873 wurde er zum korrespondierenden Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Petersburg ernannt.

Viele Chemiker, die in den verschiedensten Bereichen der Chemie später zu Erfolgen kamen, sind seine Schüler gewesen. Einer von ihnen, G. Tammann, schrieb später:

Er ließ seinen Assistenten in der wissenschaftlichen Arbeit völlig freie Hand, und er brauchte das nicht zu bereuen. Es war für ihn eine große Befriedigung, dass in seinem Labor hervorragende Arbeiten auf so verschiedenen Bereichen der Chemie entstehen konnten wie die von J. Lemberg, G. Bunge, W. Ostwald, J. Natanson, W. Richter, J. Schröder u. a. [156]

Für die wissenschaftliche Arbeit Schmidts ist es charakteristisch, dass er sich mit Grenzproblemen der Chemie - mit Physiologie und Bodenchemie - befasste. Das übertrug sich auch auf seine Schüler:

Lemberg beschäftigte sich mit chemischer Geologie, Ostwald und Tammann mit phy-

⁶Sammelbezeichnung für das Gebiet der heutigen Litauischen, Lettischen und Estnischen SSR (Anm. d. Übers.).

sikalischer Chemie, Bunge mit physiologischer Chemie. Nach Ostwalds eigenen Worten hat Schmidt auf ihn „einen gewaltigen Einfluss ausgeübt“.



Abb. 4. W. Ostwald als Student der Universität Dorpat (1873)

G. Tammann kam seinerzeit, als er die Chemieausbildung an der Universität Dorpat analysierte, zu dem Schluss, dass dort die Ausbildung der Chemiker „etwas anders verläuft als in anderen russischen oder ausländischen Universitäten. Da hier neben der Chemie in ihrem wissenschaftlichen Gesamtumfang Mathematik und Physik als Hauptfächer gelehrt werden, ist die Ausbildung der Studenten an der hiesigen Universität mehr physikalisch-chemisch orientiert und nicht naturkundlich wie an den anderen russischen Universitäten oder rein chemisch wie an den ausländischen Universitäten“. [160, S. 5]

Ostwald besuchte bei weitem nicht alle Vorlesungen, denn einige „versenkten ihn in tiefen Schlaf“, wie er selbst sagte. Schmidts Vorlesungen jedoch, besonders die zur „Geschichte der Chemie“, machten einen großen Eindruck auf ihn. Assistent bei Schmidt war J. Lemberg, ein hochbegabter Pädagoge und Gelehrter.⁷

Er verfolgte mit großer Aufmerksamkeit die laufende Literatur und führte Begriffe wie „Massenwirkung“ und „chemische Reaktionsgeschwindigkeit“ in die Lehre ein, als sie gerade erst in der wissenschaftlichen Literatur auftauchten. Lemberg unterstrich immer, dass nichts Absolutes existiert – es gibt keine Reaktion, die bis zum Ende verläuft, es

⁷Von Johann (Iwan Iwanowitsch) Lemberg (1842-1902) wurden die ersten Synthesen von Alkali-Alumosilikaten (Analzim, Nephelin, Nephelinhydrat [spätere Bezeichnung Lembergite] u. a. in Russland ausgeführt, und zwar überwiegend in wässriger Phase; außerdem stammen von ihm Arbeiten über die Umwandlungen von Silikaten unter der Einwirkung verschiedener Lösungen sowie erhöhter Temperaturen [157].

Lemberg gehört zu den Pionieren der „chemischen Geologie“, d. h. zu jenen Geologen, die erstmalig in großem Maße chemische Untersuchungsmethoden bei der Erforschung der Gesteinsbildung einsetzten.

Er war der Meinung, dass geotektonische und petrographische Methoden nicht ausreichen, um die Entstehung der Gesteine und Minerale zu erklären, sondern dass man die Gesteine auch chemisch untersuchen muss, indem man sie analysiert und dann versucht, das entsprechende Gestein unter Bedingungen, die den natürlichen nachgebildet sind, zu synthetisieren.

gibt keine absolut unlöslichen Verbindungen u. a. m.

„So legte er (d. h. Lemberg - d. Übers.) von vornherein in mir den Grund zu der chemischen Denkweise, die mich hernach zu jenen Arbeiten befähigte, in denen ich das Maß des Einflusses auf die Entwicklung meiner Wissenschaft betätigt habe, das mir zugeteilt war“, schreibt Ostwald über ihn [105, I, 5. 99].

J. Lemberg wandte Ostwald besondere Aufmerksamkeit zu und führte ihn in das „neue Reich des Messens“ ein. Unter Lembergs Anleitung absolvierte Ostwald die gesamte analytisch-chemische Ausbildung und erlernte die quantitative Analyse.

Bald darauf befasste sich Ostwald auch mit präparativer Chemie.

Zu der Zeit gab es, wie Ostwald schreibt, kein „chemisches Kochbuch“, deshalb beauftragte ihn Schmidt, das Buch von Erdmann über die Verbindungen des Indigo durchzuarbeiten und die entsprechenden Präparate danach herzustellen.

Dieser Ausflug in die organische Chemie war für Dorpat ungewöhnlich. Dort hielt man im allgemeinen wenig von den Organikern als den Vertretern der „Kochchemie“, während an vielen anderen Universitäten Russlands, Deutschlands und auch anderer Staaten gerade die organische Chemie eine führende Stellung innehatte, wobei die von Butlerow entwickelte Theorie des chemischen Baus der Stoffe weite Anerkennung fand. Trotz dieser Grundeinstellung in Dorpat sah Schmidt die Erfolge der sich stürmisch entwickelnden organischen Chemie sehr wohl.

Auf seinen Rat hin setzte sich Ostwald das Ziel, Indigo aus Verbindungen der Isatinreihe zu synthetisieren. In einem Brief an den bekannten deutschen Chemiker A. Baeyer legte er seine unfertigen Gedanken dazu dar, aber Baeyer lehnte in seiner Antwort Ostwalds Vorschläge ab. Als dieser Misserfolg bekannt wurde, war Ostwald vielen Spötteleien der mit ihm im Laboratorium arbeitenden Studenten ausgesetzt.

Dieser erfolglose Versuch, Forschungen auf dem Gebiet der organischen Chemie zu beginnen, konnte Ostwald nicht entmutigen; er veranlasste ihn jedoch, Forschungen in anderer, physikalisch-chemischer Richtung in Angriff zu nehmen.

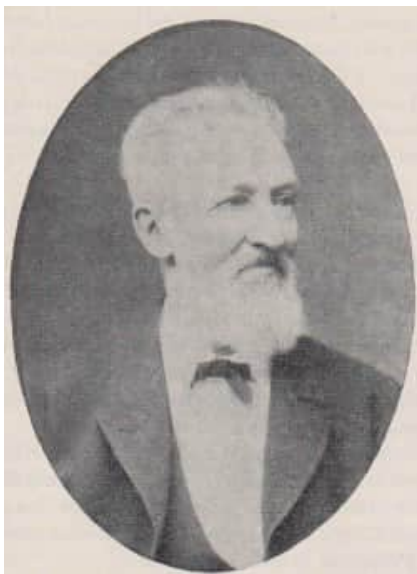


Abb. 5. C. Schmidt (1822-1894)

Im Januar 1875 legte Wilhelm Ostwald die letzten Abschlussexamen an der Universität ab. Er reichte seine Kandidatenarbeit „Über die chemische Massenwirkung des Wassers“ [1] ein und erhielt dafür am 26. April 1875 den akademischen Grad "Kandidat der Chemie"⁸ zugesprochen. Am 10. Mai nahm er sein Diplom in Empfang, auf dem unter anderem zu lesen war, dass „Wilhelm Ostwald in der russischen Sprache, und zwar in der mündlichen Übersetzung vom Russischen ins Deutsche, der schriftlichen vom Deutschen ins Russische und in einem Kolloquium ausreichende Kenntnisse nachweisen konnte; allerdings war er nicht in der Lage, schriftliche Korrespondenz in dieser Sprache zu führen“.

Nach dem Abschluss der Examen verblieb Ostwald noch drei Semester an der Universität Dorpat, denn er war der Meinung, dass seine Kenntnisse in Physik zwar für die Prüfung, nicht aber für die Arbeiten, die er vorhatte, ausreichten. Er begann, unter Prof. Oettingen in den physikalischen Laboratorien der Universität zu arbeiten.

Arthur von Oettingen, Professor der Physik und ein hochgebildeter, vielseitiger Mensch, der auf fast allen Gebieten der Physik zu Hause war, beeinflusste Ostwald merklich. Er war bestrebt, die physikalisch-mathematische Ausbildung der Chemiker zu verbessern. Nach den Erinnerungen von G. Tammann war Oettingen „ein hervorragendes pädagogisches Talent ..., einer von den Physikern, die die Entstehung der physikalischen Chemie begrüßten". [Zit. nach Kipnis, A. J.: *Razvitie chimiceskoj termodynamiki v Rossii*. Moskau/Leningrad 1964, S. 137.]

Zum 1. Juli 1875 wurde Ostwald als Assistent im physikalischen Kabinett Oettingens angestellt, und von diesem Zeitpunkt an widmete er sich ganz der Wissenschaft. Besonders interessierte ihn die chemische Verwandtschaft, ein Problem, an dem berühmte Chemiker des 18. und 19. Jahrhunderts beharrlich gearbeitet hatten.



Abb. 6. A. v. Oettingen (1836-1920)

Es ist dies eines der Grundprobleme der Chemie, denn es betrifft die Gründe dafür, warum bestimmte chemische Stoffe miteinander reagieren, sowie Wege, die die Stärke der „chemischen Kraft“ bestimmen. Dem beginnenden Wissenschaftler war klar, welch

⁸Zu dieser Zeit gab es an den russischen Universitäten die akademischen Grade „Kandidat“, „Magister“ und „Doktor“, wobei der „Doktor“ dem deutschen Dr. habil. (in der DDR jetzt Dr. sc.) entspricht (Anm. d. Übers.).

schwierige Aufgabe er sich da ausgesucht hatte, aber er erkannte auch, welcher Erfolg ihm beschieden sein würde, wenn es ihm gelänge, bei der Lösung dieses Problems weiter als die anderen vorzudringen.

Ostwald verfügte über einen starken Ehrgeiz, der aber in seinem Leben häufiger die Rolle eines positiven als eines negativen Katalysators spielte. Wissenschaftliche Verdienste seiner Kollegen wurden von ihm stets anerkannt und gewürdigt, anders hätte er nicht zum Begründer einer großen wissenschaftlichen Schule werden können.

Der junge Wissenschaftler machte sich also auf die Suche nach Methoden, das Problem der Affinität quantitativ zu verfolgen.

Als Untersuchungsgegenstand wählte Ostwald die Säuren und die Basen, da sie unterschiedliche Eigenschaften haben und aus ihnen Salze entstehen, in denen sich diese unterschiedlichen Eigenschaften neutralisieren. Dieses Untersuchungsobjekt beschäftigte die Chemiker schon seit langem. J. Thomsen, ein Zeitgenosse von Ostwald, widmete den ersten Band seines umfangreichen Werkes „Thermochemische Untersuchungen“ den Wärmeerscheinungen bei der Neutralisation von Säuren und Basen.

In den 60er und 70er Jahren des 19. Jahrhunderts legte man außerordentlich großen Wert auf die Massenumsetzungen bei chemischen Prozessen. In den Arbeiten von Berthelot und Payen-de-Saint-Gilles, von Beketow, Guldberg und Waage kam deutlich das Bestreben zum Ausdruck, die Stärke der chemischen Affinität, ähnlich wie die Stärke der Schwerkraft, über die Masse auszudrücken.

Guldberg und Waage schrieben:

In der Chemie wird wie in der Mechanik die natürlichste Methode sein, die Kräfte in ihrem Gleichgewichtszustand zu bestimmen. D. h. man wird die chemischen Reaktionen untersuchen müssen, in welchen die Kräfte, die neue Verbindungen erzeugen, durch andere Kräfte im Gleichgewicht gehalten werden. Dies ist der Fall bei den chemischen Reaktionen, ... wo:

a) die Addition und der Zerfall gleichzeitig stattfinden, und wo b) die Substitution und die Rückbildung sich gleichzeitig vollziehen können. [158, S. 20]

Auch Ostwald begann seine Arbeit in dieser Richtung. J. Thomsen hatte thermochemische Untersuchungen gemacht; Ostwald entschied sich für eine einfachere Methode, die Volumchemie. Er machte sich mit Enthusiasmus an die Arbeit und erreichte in kurzer Zeit hochinteressante Resultate.

Im Herbst 1877 reichte Ostwald seine Magisterdissertation zum Thema „Volumchemische Studien über Affinität“ ein; Gutachter war C. Schmidt. Am 5. November, auf einer Sitzung der physikalisch-mathematischen Fakultät, verteidigte W. Ostwald seine Dissertation glänzend, und ihm wurde einstimmig der Grad „Magister der Chemie“ verliehen.

Am 16. November 1877 wurde die Verleihung vom Rat der Universität bestätigt, und ihm wurde sein Diplom ausgehändigt.

Um zu charakterisieren, wie vielseitig der junge Ostwald interessiert war, sollen hier einige Thesen dieser Dissertation angeführt werden:

1. Die Wärmeentwicklung bei einer chemischen Verbindung gibt uns keinen Aufschluss über die dabei wirkende Verwandtschaft.

3. Das Wasser zersetzt alle Salze.
6. Der Satz von der konstanten Valenz der Elementaratome ist unhaltbar.
7. Die Wahl des spezifischen Gewichts zum Ausdruck der Beziehung zwischen Volumen und Gewicht ist ein Missgriff,
8. Die „moderne Chemie“ ist reformbedürftig [118, 5. 28].



Abb. 7. Ostwalds Kandidatendiplom

Im Alter von 23 Jahren erwarb Ostwald also den Magistergrad, wurde Privatdozent und begann, Vorlesungen in Chemie zu halten. Anfangs schrieb Ostwald seine Vorlesungen nieder und las vom Manuskript, später ließ er das aber sein, weil er merkte, dass er sich auf sein Gedächtnis verlassen konnte; er hielt seine Vorlesungen ohne Konspekt. Hörer hatte er nicht viele - nur sechs Mann.

Seine Freizeit widmete Ostwald der Musik, oder er traf sich mit Freunden, die meist bei dem jungen Astronomen Backlund, einem späteren Mitarbeiter des Observatoriums Pulkowo⁹, zusammenkamen. Ostwald interessierte sich für Harmonielehre. Von ihm stammt eine harmonische Analyse aller Klaviersonaten Beethovens.

Etwa zur gleichen Zeit gab es im persönlichen Leben Ostwalds größere Veränderungen. Er lernte die Familie des Arztes G. v. Reyher kennen. Oft verbrachte er seine Abende in dessen Haus, spielte Klavier und unterhielt die Anwesenden mit geistreichen Anekdoten. Besonders beflügelte ihn die Anwesenheit einer bezaubernden Verwandten des Hauses - Helene von Reyher.

Der Privatdozent erzählte der jungen, begeisterten Zuhörerin von all seinen Plänen und Interessen. Er verliebte sich in dieses Mädchen und machte ihr einen Heiratsantrag.

Sie lebten das ganze Leben hindurch glücklich zusammen. Ostwald widmete die „Grundlinien der Anorganischen Chemie“ „seinem treuesten Kameraden“, wie er seine Frau nannte, „zum Dank für treue Hilfe“. Sie hatten drei Söhne (Wolfgang, Walter und Otto) und zwei Töchter (Grete und Elisabeth).

Grete Ostwald veröffentlichte 1953 ein ausführliches Buch über ihren Vater, in dem sie viele Dokumente aus Ostwalds persönlichem Archiv, die ihn als Gelehrten, Menschen

⁹Die Sternwarte von Pulkowo (südl. v. Leningrad) war die größte im zaristischen Russland und ist auch heute die bedeutendste sowjetische Sternwarte (Anm. d. Übers.).

und Vater charakterisieren, erstmals veröffentlichte [135].

Nach der Hochzeit wohnten die Jungvermählten in einer Studentenbude, die mit Mühe und Not in zwei kleine Zimmerchen unterteilt worden war. Obwohl nun der „Ehefrühling“ begann, war jeder Tag mit viel Arbeit angefüllt.

Am Morgen ging Ostwald in die Realschule, wo er gerade begonnen hatte, als Physik- und Chemielehrer zu arbeiten, um etwas dazuzuverdienen. Den Unterricht gestaltete er „nach seinen eigenen Ideen und Forderungen“.

Um zwölf war die Arbeit in der Schule zu Ende, und nun fand man Ostwald im Labor der Universität, wo er bis zum Abend experimentierte. Schließlich musste er sich abends noch auf die Vorlesungen, die er an der Universität hielt, vorbereiten.



Abb. 8. Das Titelblatt von Ostwalds Doktordissertation

Zwei Jahre nach der Verteidigung der Magisterdissertation verteidigte Ostwald mit gleichem Erfolg seine Doktordissertation zum Thema „Volumchemische und optisch-chemische Studien“ [2]. Am 9. Dezember 1878 wurde ihm von, der Physikalisch-mathematischen Fakultät der Universität Dorpat der Grad „Doktor der Chemie“ verliehen.

Im Archiv der Universität Dorpat blieb eine interessante Beurteilung Ostwalds durch den Dekan der Physikalisch-mathematischen Fakultät, Professor L. Schwarz, erhalten:

In seiner Eigenschaft als Privatdozent hielt Herr Ostwald Vorlesungen über Stöchiometrie und leitete das Praktikum in physikalischer Chemie. Er erfüllte seine Verpflichtungen stets im strengen Geiste der Wissenschaft. Zahlreiche Mitglieder des Rates hatten wiederholt Gelegenheit, sich von der Klarheit und Genauigkeit seiner Darlegung zu überzeugen und sind zu dem Schluss gekommen, dass die Universität in der Person von Herrn Ostwald einen wertvollen Lehrer gewonnen hat. [159]

Vom 1. März 1880 an arbeitete Ostwald im chemischen Kabinett bei C. Schmidt.

Es war ein bemerkenswerter Tag im Leben Ostwalds, als ihm der Gedanke kam, ein Lehrbuch der allgemeinen (physikalischen) Chemie zu schreiben. Er war damals 25 Jahre alt. An anderen Universitäten hätte man wohl über diese tollkühne Idee eines jungen Dozenten ironisch gelächelt, aber an der Universität Dorpat geschah nichts dergleichen.

Mehr noch, sowohl C. Schmidt als auch A. Oettingen förderten diesen Plan Ostwalds auf jede Weise. Von diesem Zeitpunkt an verbrachte der junge Gelehrte den größten Teil seiner Zeit in der Bibliothek der Universität Dorpat, deren reicher Fundus ihm seine Schätze offenbarte.

Sich in jenen Jahren hinzusetzen und ein Lehrbuch zu schreiben, bedurfte es nicht nur der Kühnheit eines jungen Mannes, sondern auch eines gewaltigen Arbeitseifers, der ständigen Kleinarbeit des Sammelns und Systematisierens, der wissenschaftlichen und literarischen Verarbeitung einer gewaltigen Menge von Fakten. Das war eine schwere Arbeit, aber gerade dabei erweiterten sich Ostwalds Gesichtskreis und Wissensschatz sehr stark, was später den Vorlesungen am Rigaer Polytechnikum und an der Universität Leipzig zugute kam.

Ende 1881 musste Ostwald die Vorarbeiten zu seinem Lehrbuch, das er „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ nennen wollte, aus unvorhergesehenen Gründen unterbrechen. Im Herbst dieses Jahres hatte sich die Leitung des Rigaer Polytechnikums mit der Bitte an Schmidt gewandt, einen seiner Schüler für den freigewordenen Lehrstuhl für theoretische Chemie zu empfehlen - der vorherige Lehrstuhlinhaber, Prof. F. Weber, war gestorben. Schmidt nannte Ostwalds Namen. In einem Brief an den Rektor des Rigaer Polytechnikums prophezeite Schmidt:

... er wird ein Stern erster Größe auf dem Grenzgebiete zwischen Chemie und Physik, dessen Bearbeitung beiderseitige gleichgründliche Durchbildung zur unerlässlichen Bedingung tüchtiger Erfolge macht. [Zit. nach 118, S. 12]

C. Schmidt schrieb, Ostwald sei aus der gleichen Kombination von C, H, N, O, S und P (das sind alle organogenen Elemente - Aut.) geschaffen wie auch die Genies Bunsen, Kirchhoff und Helmholtz.

P. Walden führt diese Charakteristik Ostwalds an, bezweifelt aber ihre Richtigkeit. Er bemerkt, dass nicht die experimentellen Untersuchungen selbst die stärkste Seite in Ostwalds Schaffen wären, sondern deren Organisation und die Verallgemeinerung des gesammelten chemischen Materials in Lehrbüchern. Deshalb müsse man eher sagen, Ostwald vereinige in sich die hervorragendsten Züge von Alexander von Humboldt und Justus von Liebig.

Als Ostwald eine offizielle Einladung, den Lehrstuhl für Chemie am Rigaer Polytechnikum einzunehmen, erhielt, nahm er diese an und bereitete sich auf die Abreise vor.

Damit ging seine Arbeit an der alma mater von Dorpat zu Ende; es begann eine neue, fruchtbringende wissenschaftliche und pädagogische Tätigkeit am Rigaer Polytechnikum.

Das 1862 gegründete Rigaer Polytechnikum war die erste polytechnische Lehranstalt in Russland [160, 161]. Zahlreiche hochqualifizierte Spezialisten in den verschiedenen

technischen Wissenschaften wurden in seinen Mauern ausgebildet. Die ersten Chemie-dozenten am Polytechnikum waren die Professoren A. Toepler und F. Weber. Dem letzteren kommt das Verdienst zu, neue chemische Laboratorien geschaffen zu haben (1869). Weber bildete am Polytechnikum analytische Chemiker aus.

2.3 Professor am Rigaer Polytechnikum

Im Januar 1882 kam Ostwald in seine Heimatstadt Riga, wo er die Kindheit verbracht hatte, zurück. Er war 28 Jahre alt, als er die ehrenvolle Stellung eines Professors am Rigaer Polytechnikum erhielt.

Schon die ersten Vorlesungen des jungen Professors machten auf Studenten und Lehrer des Polytechnikums großen Eindruck. Klare, verständliche Ausdrucksweise, hervorragende experimentelle Vorführungen, wahrhafte Begeisterung für die Wissenschaft, hochkultiviertes Auftreten - all das wurde von der studentischen Jugend schnell anerkannt.

Ostwalds Vorlesungen wurden bald sehr beliebt. Das Interesse der Studenten für die Chemie wurde von Jahr zu Jahr größer. 1882, als Ostwald seine Vorlesungstätigkeit begann, gab es am Polytechnikum 120 Chemiestudenten, 1887 waren es schon 300.

Im Ausbildungsprozess legte Ostwald (neben dem gewöhnlichen Praktikum) großen Wert darauf, dass die Studenten selbständig im Labor an irgendeinem wissenschaftlichen Thema arbeiteten.

Um die Möglichkeit für solche Arbeiten der Studenten zu schaffen, regte Ostwald 1884 an, ein neues umfangreiches chemisches Laboratorium einzurichten; 1885 wurde es eröffnet.

W. Ostwald veränderte den Charakter der Diplomarbeiten der Studenten. Nach Abschluss der Laborpraktika in analytischer und präparativer Chemie gab er jedem Chemiestudenten ein selbständiges wissenschaftliches Thema für experimentelle Untersuchungen auf dem Gebiet der physikalischen, anorganischen oder analytischen Chemie. Nach Beendigung dieser Arbeit mussten die Studenten einen Abschlussbericht vorlegen, der eine der wichtigsten Voraussetzungen zum Erwerb des Diploms wurde.

Nach den Worten von P. Walden „begeisterten das Beispiel und das Schaffen Ostwalds Studenten wie Assistenten, sein umfangreicher wissenschaftlicher Weitblick, seine strahlende und unermüdliche Persönlichkeit prägten für immer den Charakter des chemischen Instituts am Rigaer Polytechnikum“ [160, S. 6].

Bald nach seiner Übersiedlung nach Riga begann Ostwald von neuem mit seinen Vorbereitungen für das Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Anfang des Jahres 1885 erschien in Leipzig der erste Band.¹⁰ Es war zu dieser Zeit das umfassendste Lehrbuch der allgemeinen Chemie, das die Aufmerksamkeit der Studierenden auf eine neue Entwicklungsrichtung der Chemie - die physikalische Chemie - lenkte.

Ostwald hielt Chemievorlesungen, leitete das Praktikum und führte im chemischen

¹⁰W. Ostwald leitete sein Buch mit folgender Widmung ein: „Seinen verehrten Lehrern, den Professoren an der Universität Dorpat Dr. Carl Schmidt und Dr. Arthur von Oettingen widmet dies Buch als Zeichen herzlicher Dankbarkeit der Verfasser.“

Laboratorium des Polytechnikums physikalisch-chemische Untersuchungen durch. Er setzte seine bereits in Dorpat begonnenen Arbeiten zur chemischen Affinität fort und veröffentlichte in den Jahren 1881 bis 1884 eine Serie von Artikeln unter der allgemeinen Überschrift „Studien zur chemischen Dynamik“. In diesen Untersuchungen traten Probleme der chemischen Kinetik und der Katalyse, abgehandelt am Beispiel des Einflusses von Säuren und Basen auf die Geschwindigkeit von Reaktionen, in den Vordergrund.

Schon an der Universität Dorpat hatte Ostwald große experimentelle Fähigkeiten bewiesen, er konnte ausgezeichnet die für wissenschaftliche Ziele nötigen Apparaturen zusammenstellen. In Riga und später auch in Leipzig begann er darüber hinaus, bestimmte Geräte, die er für irgendeinen Versuch brauchte, selbst zu bauen.

So konstruierte er z. B. in Riga ein Pyknometer, einen Gasofen, ein Viskosimeter und einen Toluol-Thermostaten - Geräte, von denen viele ihren festen Platz in der Laborpraxis gefunden haben. Er bastelte nicht nur selbst sehr gern, er regte auch seine zahlreichen Schüler dazu an. Dabei betonte er, dass es nicht ausreiche, dieses oder jenes Gerät auszutüfteln und zu bauen - man müsse auch lernen, das Höchstmögliche aus dem Gerät herauszuholen.

Als Ostwald eines Tages in Stockholm das Berzelius-Museum besichtigte, betrachtete er die äußerst einfache Analysenwaage, mit deren Hilfe Berzelius das Atomgewicht vieler Elemente bestimmt hatte, besonders aufmerksam. „Mir wurde unvergesslich klar“, erinnerte sich Ostwald später, „wie wenig es auf das Gerät ankommt, und wie viel auf den Mann, der daran sitzt“ [105, I, S. 222].

Im Jahre 1884 geschah etwas, das einen bedeutenden Einfluss auf Ostwalds wissenschaftliche Tätigkeit hatte. Am 4. Juni 1884, als Ostwald aus dem Laboratorium nach Hause kam, setzte er sich wie gewöhnlich an den Schreibtisch, um die wissenschaftliche Literatur durchzusehen und Briefe an Kollegen zu schreiben. Da sah er auf dem Tisch ein kleines Päckchen aus Stockholm.

Er war es schon gewöhnt, Sonderdrucke oder Dissertationen vieler junger Wissenschaftler geschickt zu bekommen; dieses Mal war es die Arbeit „Untersuchungen zur elektrischen Leitfähigkeit von Elektrolyten“ eines ihm unbekannten jungen Doktors aus Schweden. Das Thema war nicht neu.

Ostwald hatte in seiner Bibliothek Arbeiten von J. Hittorf, F. Kohlrausch, R. Lenz und G. Wiedemann zum gleichen Problem. Ostwald fing an, in der Broschüre zu blättern, anfangs ohne besonderes Interesse. Da fiel sein Blick auf die Thesen des Autors zum zweiten (theoretischen) Teil der Arbeit. Ostwald las, dass „der Aktivitätskoeffizient eines Elektrolyten das Verhältnis der in der Lösung faktisch vorhandenen Anzahl Ionen zur Anzahl Ionen, die in der Lösung enthalten wäre, wenn der Elektrolyt vollständig in einfache elektrolytische Moleküle aufgespalten wäre, angibt“.

Es folgte die Behauptung, dass „bei unbedeutender Verdünnung die Menge aufgespaltenen Salzes etwa der Quadratwurzel aus der zur Lösung verwandten Wassermenge proportional“ sei. Dieser Gedanke erregte Ostwalds Aufmerksamkeit, und er widmete, wie wir später sehen werden, seiner Weiterentwicklung eine seiner wichtigsten Arbeiten zur Theorie der Lösungen. Je weiter Ostwald las, um so mehr nahmen ihn die

Originalität und Kühnheit der Thesen des Autors gefangen.

Besonders die Schlussfolgerung, dass für Säuren und Basen eine strenge Proportionalität zwischen den Aktivitätskoeffizienten dieser Stoffe und ihrer elektrischen Leitfähigkeit bestehe, erregte Ostwalds Interesse. Säuren und Basen seien einerseits gute elektrische Leiter, andererseits seien sie auch sehr reaktionsfähig.

Zum Beispiel hänge der Unterschied in der Energie von Säuren und Basen, der sich in der Menge der unter bestimmten Bedingungen neutralisierten Basen oder Säuren äußere, nur von der unterschiedlichen Anzahl aktiver Teilchen dieser Stoffe in der Lösung ab - je mehr solcher Teilchen vorhanden seien, um so energiereicher sei die Säure (oder Base). Die Energie jedes einzelnen aktiven Teilchens nun sei bei verschiedenen Säuren ein und dieselbe, ebenso wie ihre elektrische Leitfähigkeit. und sei nicht abhängig von der Natur der Verbindung.

Deshalb könne die elektrische Leitfähigkeit als Maß für die chemische Aktivität dienen. Diese These beschäftigte Ostwald sehr, denn er erkannte, dass das wissenschaftliche Problem, an dem er bereits einige Jahre arbeitete, von einem anderen elegant und einfach gelöst worden war.

Man muss Ostwald Gerechtigkeit widerfahren lassen - die Erfolge anderer erfreuten ihn. So war es auch dieses Mal. Obwohl er genau wusste, dass diese Arbeit des völlig unbekannten Svante Arrhenius [162] seine wissenschaftlichen Pläne verändern würde, erkannte Ostwald ganz klar, dass die Arbeit von Arrhenius ein neues Kapitel in der Geschichte der physikalischen Chemie eröffnete. Später schrieb Ostwald in seinen Erinnerungen:

Ich werde in meinem ganzen Leben den Tag nicht vergessen, an welchem ich zum ersten Male den Namen Svante Arrhenius hörte. Ich hatte damals - es war im Juni 1884 - an jenem einen Tage gleichzeitig ein böses Zahngeschwür, ein niedliches Töchterchen und eine Abhandlung von Svante Arrhenius mit dem Titel „Etudes sur la conductibilite des electrolytes" bekommen.

Das war zu viel, um auf einmal damit fertig zu werden, und ich hatte eine fieberhafte Nacht mit schlechten Träumen davon... Die Abhandlung machte mir Kopfschmerzen und mehr als eine unruhige Nacht, was bei mir damals eine große Seltenheit war.

Was darin stand, war so abweichend vom Gewohnten und Bekannten, dass ich zunächst geneigt war, das ganze für Unsinn zu halten. Dann aber entdeckte ich einige Berechnungen des offenbar noch sehr jungen Verfassers, welche ihn bezüglich der Affinitätsgrößen der Säuren zu Ergebnissen führten, die gut mit den Zahlen übereinstimmten, zu denen ich auf ganz anderem Wege gelangt war. Und schließlich konnte ich mich nach eingehendem Studium überzeugen, dass ... das große Problem der Verwandtschaft zwischen Säuren und Basen, dem ich ungefähr mein ganzes Leben zu widmen gedachte, ...teilweise schon gelöst war. [105, I, S. 216-217]

Als er die Doktordissertation von S. Arrhenius gelesen hatte, beschloss Ostwald im August 1884, nach Schweden zu reisen, um den Autor und Urheber der kühnen und originellen Idee vom freiwilligen Zerfall der Elektrolyte in Ionen in der Lösung persönlich kennenzulernen.

Arrhenius schreibt in seinen Erinnerungen:

Am ersten Abend in Uppsala tranken wir den bekannten schwedischen Punsch, und Ostwald wurde von den während der Ferien in der Universitätsstadt zurückgebliebenen Studenten in

ehrfurchtsvoller Entfernung bewundert - alle wussten natürlich bald, wer der jugendliche blonde Fremde mit dem intelligenten Gesicht war. [163, S. 5]

In diesen Tagen machten Ostwald und Arrhenius zusammen einige Ausflüge in die Umgebung von Uppsala. Während ihrer Spaziergänge diskutierten sie über die weitere Entwicklung der Wissenschaft.

Ich erinnere mich sehr wohl, dass die Raoult'schen Bestimmungen über die Dampfspannungs-Erniedrigung ein großes Interesse bei uns wachgerufen hatten. Das richtige Verständnis dafür erhielten wir aber erst später, als van't Hoff dieses Kapitel so meisterlich behandelte. Wir machten einen großen Entwurf von den Konturen unserer künftigen Arbeiten. Teilweise folgten wir auch später diesem Arbeitsprogramm. Vieles kam anders heraus, als wir uns vorgestellt hatten, aber ich muss zugeben, dass die Wirklichkeit viel schöner war als die Vorstellung, die wir uns damals bildeten. [163, 5. 6]

Die Bekanntschaft mit Ostwald spielte für die weitere wissenschaftliche Arbeit von Arrhenius eine große Rolle.

Zwei Jahre nach seiner ersten Begegnung mit Ostwald in Uppsala reiste Arrhenius ins Ausland, vor allem, um Ostwald in Riga aufzusuchen. Zuvor hatte er in einem seiner Briefe an Ostwald um die Genehmigung gebeten, experimentelle Untersuchungen in den Laboratorien des Rigaer Polytechnikums durchführen zu können. Binnen kurzer Zeit erhielt Arrhenius die folgende Antwort von W. Ostwald:

Lieber Doktor!

Sie werden mir zum neuen Jahre auf das Beste willkommen sein; die Zeit passt mir sehr gut, da ich den ersten Teil vom 2. Bande meines Buches dann gerade fertig haben werde, und wieder experimentell zu arbeiten Zeit habe...

Soeben habe ich eine große Abhandlung beendet, in der ich von 120 Säuren die Leitfähigkeit bestimmt habe; es sind etwa 2000 Versuche; sowie sie publiziert sein wird, schicke ich Ihnen ein Exemplar zu. Es haben sich zahlreiche Anwendungen auf chemische Fragen ergeben, und der Einfluss der Verdünnung folgt immer denselben Gesetzen. [146]

In einem anderen Brief an S. Arrhenius vom 3. Februar 1886 schrieb W. Ostwald:

Lieber Freund!

Durch allerlei Geschäfte und Arbeiten aufgehalten, komme ich erst heute dazu, Ihnen meine Freude darüber auszudrücken, dass Sie nun wirklich kommen wollen ... Ich freue mich außerordentlich auf unsere gemeinsame Arbeit.

Was werden Sie an Apparaten hier nötig haben? Es wäre gut, wenn Sie mir bald darüber Nachricht gäben, damit ich das Fehlende besorgen kann...

An unseren Forschungen habe ich nur wenig arbeiten können, da ich fast alle meine freie Zeit für mein Buch gebraucht habe. Von demselben ist die erste Hälfte des zweiten Bandes (Thermochemie) eben im Manuskript fertig und wird bis Ostern im Druck erscheinen. Den letzten Teil beabsichtige ich während des Sommers fertig zu machen, und freue mich, mancherlei mit Ihnen durchzusprechen, was dazu gehört; die chemische Mechanik soll da hinein kommen ... [146]

Arrhenius führte in Riga, teils mit Ostwald gemeinsam, teils selbständig, eine Reihe von Untersuchungen der Leitfähigkeit von Lösungen durch. Er berichtet darüber:

Es ging sehr schnell vorwärts. Die Arbeitsmethoden waren, wie ja gewöhnlich in neuen Gebie-

ten, sehr einfach ... Überhaupt arbeitete man sehr fleißig im Polytechnikum, die zerstreuenen Momente waren sehr wenige, und Ostwalds Arbeitsfreude teilte sich allen mit. Nur in einem Punkt widersprach man im Stillen dem geehrten Leiter des Laboratoriums; er hasste den Tabak, während alle Studenten im Laboratorium rauchten, was strengstens verboten war.

Wenn der Chef eintrat, flogen alle Zigaretten in die Schublade, und man ließ etwas Schwefelwasserstoff oder anderes stark riechendes Gas heraus, um den Tabakrauch zu verdecken. Trotz aller Vorsicht wurden doch einige Sünder ertappt und unbarmherzig der Laboratoriumspolizei ausgeliefert, die eine entsprechende Geldstrafe einzog.

„Ich wüsste wirklich keinen Chemiker von Bedeutung, der rauchte“, sagte Ostwald ... Eine Zeitlang war Ostwald verhindert, ins Laboratorium zu kommen, wo ich in seinem speziellen Zimmer arbeitete. Ich benutzte die Abwesenheit des Chefs, um mich hin und wieder mit einer Zigarette zu erfrischen.

Als er dann wieder erschien, brummte er: „Sie qualmen wie eine Lokomotive“; ich wurde aber nicht der Strenge der Laboratoriumspolizei überliefert. Ich war übrigens der erste Ausländer, der kam, um in Ostwalds Laboratorium rein wissenschaftlich zu arbeiten. [163, S. 10-11]

Später schrieb Arrhenius in Erinnerung an seine Arbeit in Riga an P. Walden:

In dem für mich unvergesslichen und lieb gewordenen Laboratorium des Polytechnikums ... führte ich gemeinsam mit Ostwald Untersuchungen aus, die ich noch heute zu meinen Hebesten geistigen Kindern rechne

Im Frühjahr des Jahres 1886 erlebte ich viele frohe Minuten und arbeitete musterhaft und erfolgreich ... Möge der Erfolg dem Rigaer Polytechnikum steter Begleiter sein, möge es viele Persönlichkeiten hervorbringen, die imstande sind, die gewaltigen Reichtümer Russlands zu heben und auszunutzen. Möge der wissenschaftliche Glanz, von dem Ihre Hochschule dank der Arbeit so zahlreicher hervorragender Wissenschaftler umgeben ist, in den künftigen Jahrhunderten noch heller über Ihrer Heimatstadt, den alten baltischen Provinzen und dem ganzen Russland erstrahlen. [166]

Im Sommer 1886 reiste Ostwald gemeinsam mit Arrhenius aus Riga nach Berlin, wo er bald darauf auf einer Tagung der Naturforscher einen Vortrag über die Proportionalität zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und elektrischer Leitfähigkeit von Lösungen hielt. Dieser Vortrag und die veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten zeigten, dass Ostwald in Riga zu einem bedeutenden Physikochemiker herangereift war, dessen Namen im Ausland bereits viele Wissenschaftler kannten.

W. Ostwald war sich absolut darüber im klaren, dass es für eine erfolgreiche Propaganda der neuen physikalisch-chemischen Theorien und für die Konsolidierung der wissenschaftlichen Kräfte unbedingt erforderlich war, eine neue Zeitschrift und neue Lehrbücher für die verschiedenen Bildungsstufen von der Mittelschule bis zur Universität zu schaffen.

Mit bemerkenswerter Energie machte er sich an die Realisierung dieser Pläne.

In den Jahren 1886 und 1887 bereitete er die Herausgabe einer neuen „Zeitschrift für physikalische Chemie“ vor, die in der Entwicklung der modernen physikalischen Chemie eine gewaltige Rolle gespielt hat, und er gab ein grundlegendes zweibändiges Lehrbuch der allgemeinen Chemie heraus. Beides trug dazu bei, Ostwalds Rolle als Organisator und Haupt einer neuen Entwicklungsrichtung in der Chemie zu festigen.

Im Frühjahr 1887 erhielt Ostwald vom sächsischen Minister für Volksbildung eine Ein-

ladung, den Lehrstuhl für physikalische Chemie an der Universität Leipzig zu besetzen. Er nahm diese Einladung an, allerdings nicht ohne einiges Zögern.

Nach den Begegnungen mit Arrhenius in Uppsala und Riga und besonders nach ihrer gemeinsamen Arbeit war Ostwald endgültig von der Richtigkeit der von ihm auserwählten physikalisch-chemischen Forschungsrichtung überzeugt. Im Zusammenhang mit diesem neuen Entwicklungszweig in der Chemie hatte Ostwald große Pläne und Vorhaben, die er in Riga schwerlich würde wahrmachen können.

Aber Riga war seine Heimatstadt, hier lebten seine Eltern. Im Polytechnikum bekleidete er eine angesehene Stellung.

Die talentierte Jugend strömte in seinem Laboratorium zusammen. Es war nicht leicht, von alldem Abschied zu nehmen. Trotzdem beschloss er, nach Leipzig überzusiedeln, wo er in vielem ganz von vorn beginnen musste. Leipzig war eine bedeutende europäische Großstadt, und die Leipziger Universität hatte eine lange und große Geschichte.

Es war höchst ehrenvoll, an einer solchen Universität einen Lehrstuhl angeboten zu bekommen, und die Möglichkeiten zur wissenschaftlichen Arbeit waren dort viel günstiger als am Rigaer Polytechnikum.

Sein Weg führte ihn also nach Deutschland, wo es erst kurz zuvor bedeutende ökonomische und politische Umwälzungen gegeben hatte.

In den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts hatte die industrielle Revolution, die in Deutschland später eingesetzt hatte als in Westeuropa, einen solchen Stand erreicht, dass die Überwindung der staatlichen Zersplitterung, die Schaffung eines einheitlichen nationalen Marktes und seine Sicherung durch einen Nationalstaat zur Voraussetzung für die weitere kapitalistische Entwicklung wurde.

Gleichzeitig waren auf dem Lande die feudalen Produktionsverhältnisse abgelöst worden, und zwar auf dem „preußischen Weg“ (Lenin), d. h. unter Beibehaltung des adligen Großgrundbesitzes und Umwandlung der Feudalherren zu Agrarkapitalisten, vor allem in Ostelbien.

So trafen sich die Klasseninteressen der Bourgeoisie und der preußischen Junker, und im Ergebnis ihres Bündnisses entstand 1871 nach Auseinandersetzungen mit Österreich und anderen deutschen Staaten und zuletzt mit Frankreich als stärkstem Gegner einer deutschen Einigung das preußisch-deutsche Kaiserreich als militaristischer, junkerlich-großbürgerlicher Staat, der mit allen Mitteln nach Machtgewinn gegenüber den bis dahin führenden Großmächten strebte, wobei die herrschenden Klassen sehr wohl die Bedeutung einer hochentwickelten Industrie als Grundlage aller Macht erkannten.

Aus diesem Grunde wurden überall in Deutschland die Errungenschaften von Wissenschaft und Technik angewandt, entwickelte sich die technische Bildung, wurde ein Netz von höheren technischen Lehranstalten, Instituten und Versuchsstationen errichtet, so dass gegen Ende des 19. Jahrhunderts Deutschland in technischer Hinsicht die anderen europäischen Länder überholte.

Besonders entwickelten sich in Deutschland jene Industriezweige, deren technisches Niveau in bedeutendem Maße vom Entwicklungsstand der Chemie abhängt. An erster Stelle ist hier die Metallurgie zu nennen, deren schnelle Entwicklung in den 60er Jahren

des vorigen Jahrhunderts begonnen hatte; 1900 überholte Deutschland England in der Produktion von Gusseisen und Stahl und nahm hinter den USA die zweite Stelle in der Welt ein.

In den 40 Jahren von 1860 bis 1900 hatte sich die Produktion von Gusseisen in Deutschland auf das 16fache gesteigert. Die deutsche Stahlindustrie konnte in diesen Jahren beträchtliche Erfolge verbuchen.

Mit der Erschließung der natürlichen Reichtümer Deutschlands entstand die chemische Großindustrie, die gegen Ende des 19. Jahrhunderts nach ihrem Produktionsvolumen den dritten Platz hinter der Bergbau- und Hüttenindustrie sowie der Textilindustrie einnahm und sich stürmisch entwickelte.

Das starke Wachstum der chemischen Industrie (Produktion von Farben, Explosivstoffen, pharmazeutischen Produkten, Mineralsäuren, Düngemitteln, Salzen u. ä.) und die immer stärkere Durchdringung anderer Industriezweige durch die Chemie hingen in vielem von der Entwicklung der chemischen Wissenschaften und der Vervollkommnung der Ausbildung ab - man brauchte Chemiker, die in der Industrie und in chemischen Forschungsinstituten schöpferisch arbeiten konnten. Daher war es kein Zufall, dass Fragen der Chemikerausbildung seit den 70er Jahren in Deutschland breit diskutiert wurden.

2.4 Organisator und Leiter des Leipziger Physikalisch-chemischen Instituts

Im August 1887 siedelte Ostwald zusammen mit seiner Familie nach Leipzig über. Hier begann die fruchtbringendste Periode seiner wissenschaftlichen und pädagogischen Tätigkeit.

Der erste Eindruck von der Leipziger Universität war nicht besonders angenehm. Die Professoren begrüßten den neuen Kollegen überaus reserviert;¹¹ auch die Besichtigung der dunklen und schmutzigen chemischen Laboratorien der Universität machte Ostwald nicht viel Freude.

Ungewollt musste er an die hellen, großen Laboratorien im Rigaer Polytechnikum denken. Ja, hier musste vieles ganz von vorn begonnen werden, und das ohne Teilnahme und Unterstützung seiner Freunde aus Dorpat und Riga.

Im Gegenteil, Ostwald verstand sehr bald, dass er hier versteckten und offenen Widerstand eines bestimmten Teils der Wissenschaftler der Leipziger Universität zu überwinden hatte.

Das erste Arbeitsjahr an der Leipziger Universität verging damit, dass er den Lehrstuhl für physikalische Chemie nach seinen Vorstellungen einrichtete und reorganisierte. Nach den Worten des englischen Chemikers Donnan war „der Professorenposten in Leipzig nicht mit roten Rosen besät“, und bei seinen Bestrebungen, die Chemieausbildung und das Laborpraktikum umzugestalten, stieß der „russische“¹² Professor auf Schwierigkei-

¹¹W. Ostwald war vom Ministerium ohne Einverständnis des akademischen Senats der Universität zum Chemieprofessor nach Leipzig berufen worden; das wurde von einem Teil der Professorenschaft mit Unwillen aufgenommen.

¹²1888 nahm Ostwald die deutsche Staatsangehörigkeit an.

ten.



Abb. 9. W. Ostwald als Professor der Universität Leipzig (1887)

Wenn das wohlmeinende Klima Dorpats den jungen Wissenschaftler zu seinen ersten Schritten ermuntert hatte und die Freiheit in Riga es ihm erlaubt hatte, zu einem bedeutenden Gelehrten heranzureifen, so wurde Ostwald im widrigen Klima von Leipzig zum temperamentvollen Kämpfer für das Neue, zum Initiator und hervorragenden Organisator wissenschaftlicher Forschungsarbeit sowie zum bemerkenswerten Lehrmeister einer großen wissenschaftlichen Schule.

Ostwalds Tochter Grete schreibt dazu:

„Was kann aus Russland Gutes kommen? war die vorgefasste Meinung der meisten Mitglieder der philosophischen Fakultät, für welche Riga zu Russland gehörte. Dieser junge ‚russische‘ Professor war ihnen vom Ministerium sozusagen aufgepfropft worden, und wenn er auch so große Fürsprecher an der Universität hatte wie Wilhelm Wundt, Johannes Wislicenus und Carl Ludwig, er war doch ein unbequemer Außenseiter, den man kurzhalten musste.

Obschon diese Einstellung bei den näheren Fachgenossen (mit Ausnahme von seinem Amtsvorgänger G. Wiedemann) schnell verschwand unter dem Eindruck des strahlend von seiner Wissenschaft begeisterten, harmlos aufrichtigen... Balten, ... so ist ein unabreagierter Rest bei nicht naturwissenschaftlichen Fakultätsgenossen wirksam geblieben und hat sich noch 1915 in einer öffentlichen Erklärung gegen den verdächtigen ‚Russen‘ entladen. [135, S. 44]

Im Herbst 1887 trafen die Studenten der Leipziger Universität zum ersten Mal mit dem neuen Professor zusammen. Vor allem erregte sein imposantes Äußeres ihre Aufmerksamkeit - die ergrauten Haare, die hohe, helle Stirn, der feuerrote Bart und besonders die lebendigen, ausdrucksvollen Augen des Professors, aber auch die Begeisterung, mit der er seine Vorlesungen hielt.

Ostwalds Vorlesung in allgemeiner Chemie an der Universität Leipzig begann mit der in Form und Inhalt glänzenden Einführungsvorlesung „Die Energie und ihre Wandlungen“. Indem er auf die große Bedeutung der physikalischen Chemie als Grenzwissenschaft hinwies, deren Entwicklung er seine Kräfte widmen wolle, sagte Ostwald:

Die sogenannten Grenzgebiete umfassen nun nicht etwa, wie die Bezeichnung vermuten ließe, Fragen und Aufgaben, die einigermaßen abseits vom Mittelpunkt der fraglichen Wissenschaft

ten liegen, sondern in ihnen werden meistens gerade die allgemeinen und dementsprechend wichtigeren Probleme bearbeitet und entschieden. Und die Aussicht, auf solchen Grenzgebieten derartige Probleme zu lösen, ist um so größer, als die aus beiden Wissenschaften zu entnehmenden Hilfsmittel mannigfaltiger sind. [12, 5. 9]

Nach Meinung Ostwalds kann man die Grenze zwischen Chemie und Physik nicht in jedem Fall genau angeben, da es zwischen beiden ein Grenzgebiet gibt, in dem sowohl Physiker als auch Chemiker mit gleichgroßem Erfolg tätig sind.

Ostwald zeichnete einen geschichtlichen Abriss der Entwicklung des Affinitätsbegriffs als eines der Hauptprobleme der physikalischen Chemie. Dabei wies er auf die Bedeutung verschiedener Hypothesen hin - Hypothesen sind nach seinen Worten „unschätzbare Hilfen beim Forschen“.

Er benutzte, als er die Entwicklungsgeschichte der „chemischen Verwandtschaftslehre“ im 18. und in den 60er bis 80er Jahren des 19. Jahrhunderts beschrieb, das folgende anschauliche Bild:

Wie in der Sage die längst gefallenen Krieger nächtlicherweile wieder zum Leben erwachen, um den unentschiedenen Kampf fortzusetzen, so sehen wir noch in unseren Tagen jene beiden Theorien (die Theorien der chemischen Affinität von Bergman und Berthollet - die Aut.) nach langer Erstarrung wieder gegeneinander kämpfen. Freilich nicht mehr mit den alten Waffen: Berthollets Theorie hat den Panzer mathematischer Fassung angetan, während Bergmans Theorie durch das schwere Geschütz der Thermochemie verteidigt werden soll. [12, S. 21-22]

W. Ostwald beendete seine Vorlesung mit den Worten:

Mit der Erkenntnis, dass die chemischen Stoffe nur durch Umwandlungen der persistierenden wägbaren Materie entstehen, kam die Entdeckung der Gesetze, welche die Massenverhältnisse der chemischen Verbindungen regeln mit der Erkenntnis, dass die chemischen Vorgänge durch Umwandlungen der persistierenden Energie bedingt sind, kam die Erkenntnis der Gesetze der chemischen Verwandtschaft...

Einer der größten Meister der Chemie hat diese Wissenschaft mit den Worten gekennzeichnet: neunundneunzig Prozent Handwerk und ein Prozent Philosophie ... Ihnen aber, den studierenden Kommilitonen, die sich mit mir zu gemeinsamer Arbeit vereinigen, um das mühsame Handwerk zu überwinden, Ihnen sollen diese Worte eine Erinnerung sein, über dem Handwerk und der Aussicht auf seinen goldenen Boden jenes kostbare Hundertstel nie zu vergessen. [12, S. 24-25]

W. Ostwald überwand die alten Traditionen der Chemieausbildung. Er wollte Chemiker mit einem neuen, physikalisch-chemischen Profil heranbilden. Vom Herbst 1888 an veränderte er das Laborpraktikum der Chemiker grundlegend, da er selbständige physikalisch-chemische Untersuchungen der Praktikanten für das Wichtigste hielt.

Die Leipziger physikalisch-chemischen Labors befanden sich im Gebäude des landwirtschaftlichen Instituts und waren in einigen äußerst unansehnlichen Räumen ohne jegliche Spezialausstattung untergebracht.

Ostwald musste ein neues Forschungsprogramm erarbeiten und die Laboratorien mit den allernotwendigsten Gerätschaften für physikalisch-chemische Untersuchungen ausstatten. Seine Messgeräte stellte Ostwald in der Regel aus ganz alltäglichem Material selbst her - aus Kork, Karton, Glas, Graphit, Siegelack und Leim.

Seiner Meinung nach konnte man grobe Messungen, die jedoch ausreichten, um allgemeine Gesetzmäßigkeiten festzustellen, auch mit Hilfe von primitiven Geräten durchführen. Dabei berief er sich oft auf Faraday, der mit ganz einfachen Hilfsmitteln die Gesetze der Elektrolyse entdeckt hatte.

Andererseits ist es bei so einfacher Ausführung der Geräte leicht, sie zu vervollkommen, indem man bestimmte Details auswechselt. Bei einem Gerät aus Stahl oder Messing ist es schon schwieriger, bestimmte Veränderungen vorzunehmen.¹³

Wissenschaftliche Geräte haben genauso ihre Entwicklungsgeschichte wie Lebewesen. Eine ganze Reihe ungenügend ausgestatteter Formen geht zugrunde, bis schließlich eine siegreich aus dem Existenzkampf hervorgeht und das Recht auf ein langes Dasein erkämpft,

schrieb Ostwald einmal. Darin, dass Ostwald so gern Geräte „aus Korken und Karton“ baute, kamen persönliche Gewohnheiten, die er seit seiner Jugendzeit beibehalten hatte, zum Ausdruck. Er erinnerte sich später:

Die Herstellung von Apparaten mit eigenen Mitteln ergab sich nicht so sehr aus einer äußeren Notwendigkeit, sondern mehr aus einer Angewohnheit, die ich mir seit frühester Jugend bewahrt hatte, wo ich all meine wissenschaftlichen Leidenschaften bei minimalem materiellem Aufwand befriedigen musste. [87]

Im Jahre 1888 stellte Ostwald auf Arrhenius Rat hin Walter Nernst als Assistenten an. Die beiden begannen mit großem Erfolg, „das Feld der physikalischen Chemie zu bearbeiten“.

Von 1888 an wurde das Leipziger physikalisch-chemische Labor zum Hauptentwicklungszentrum der Arrheniusschen Theorie der elektrolytischen Dissoziation sowie von van't Hoffs osmotischer Lösungstheorie. Ostwald führte selbst umfangreiche Studien zur Leitfähigkeit von Säuren aus; Nernst untersuchte die elektromotorische Kraft galvanischer Elemente; Beckmann suchte nach der zweckmäßigsten Konstruktion für Präzisionsthermometer, wie sie für Molekulargewichtsbestimmungen gelöster Stoffe nach der kryoskopischen und ebullioskopischen Methode gebraucht werden.

Im Sommersemester 1889 arbeitete der Urheber der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, Arrhenius, selbst bei Ostwald. „Wenn überhaupt irgendwo Arbeitsfreude in höchstem Maß geherrscht hat, so war es da“, schrieb er später darüber [163, 5. 16]. Er erforschte bei Ostwald in Leipzig den Einfluss von Neutralsalzen auf die Rohrzuckerinversion. Das Resultat dieser Arbeiten war der in der Geschichte der chemischen Kinetik berühmte Aufsatz Arrhenius, in dem zum ersten Mal der Begriff „aktivierte Moleküle“ verwendet wurde.

Als glühender Verfechter neuer Theorien warb Ostwald aktiv um Mitstreiter im Kampf

¹³Der gleichen Meinung waren auch Faraday und Helmholtz. Letzterer sagte einmal: „Ich habe mir angewöhnt, und ich halte das für eine sehr nützliche Angewohnheit, vorläufige Modelle meiner Geräte zu bauen, wenn ich mich an völlig neuartige Untersuchungen mache; zwar sind sie zerbrechlich und aus schlechtem Material (Korken, Siegellack, Draht, Zwirnrollen - die Aut.), aber man kann mit ihnen erste Spuren der erwarteten Erscheinung entdecken und die Haupthindernisse bei ihrem Studium ermitteln.“ [Zit. nach Lebedinski, A. W.; Frankfurt, U. I.; Frenk, A. M.: Helmholtz. Moskau 1966, S. 43.]

für neue Anschauungen. Oft sagte er zu seinen Schülern und Kollegen, dass sie das Glück hätten, ein jungfräuliches Feld zu bearbeiten, und überall sei eine reiche Ernte zu erwarten. Ähnlich wie in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts Schüler aus allen Teilen Europas in dem kleinen Städtchen Gießen bei Justus von Liebig zusammenströmten, arbeiteten im letzten Viertel desselben Jahrhunderts Chemiker von allen Enden der Welt in Leipzig bei Ostwald.

Nach einem kurzen Sommerurlaub stürzte sich Ostwald buchstäblich in die Arbeit. Er hielt Vorlesungen und populärwissenschaftliche Vorträge, saß bis zum frühen Morgen im Arbeitszimmer an einem fälligen neuen Lehrbuch, diskutierte im Laboratorium mit den Mitarbeitern neue Arbeitsthemen. Ich habe nie verstehen können, wie Ostwald es schafft, das alles zu tun,

erzählte Arrhenius seinen Freunden. In den Jahren 1887 bis 1906 gingen aus Ostwalds Arbeitsgruppe über 60 Gelehrte hervor, die als Professoren Leiter von Lehrstühlen und Laboratorien in den verschiedensten Ländern wurden,

Im Jahre 1889 begründete Ostwald die bekannte, breit angelegte Reihe "Klassiker der exakten Wissenschaften". Das ist ein gewaltiges Verdienst Ostwalds. Die „Klassiker“ trugen wesentlich zur Verbreitung und Popularisierung der Arbeiten großer Wissenschaftler bei, deren Namen Meilensteine auf dem Entwicklungsweg der Wissenschaft sind.¹⁴

Schon bald, nachdem er dieses große Vorhaben in Angriff genommen hatte, begriff Ostwald, dass er es nicht bewältigen konnte.

Deshalb begann er, nach jemandem zu suchen, der das Begonnene fortführen könnte. Zum Glück für Ostwald und für die „Klassiker“ fand sich ein solcher Mensch, und es war kein anderer als Professor A. v. Oettingen, Ostwalds Lehrer.

Oettingen beendete 1893 seine 30jährige wissenschaftliche und pädagogische Tätigkeit an der Universität Dorpat und siedelte, allem Anschein nach auf Ostwalds Betreiben hin, nach Leipzig über.

Hier befasste er sich auf Ostwalds Bitten mit der Vorbereitung und Herausgabe der fälligen Nummern der „Klassiker der exakten Wissenschaften“. Oettingens Teilnahme an der Herausgabe dieser Serie trug wesentlich zu deren hohem wissenschaftlichem Niveau bei.¹⁵

Anfang der 90er Jahre wurde für Ostwald besonders deutlich, dass die Zeit gekommen war, wo zur Lösung wissenschaftlicher Probleme ein großes Kollektiv von Mitarbeitern erforderlich war.

Eine beliebte Devise Ostwalds - wie seinerzeit Liebig's - waren die Worte: „Um ein großes Haus zu bauen, braucht es viele Arbeiter.“

Es setzten Bestrebungen ein, große Forschungsgruppen von Chemikern zu schaffen, vereint von dem Gedanken des Internationalismus in der Wissenschaft, denn ohne gemeinsame geistige Anstrengungen eines Kollektivs war ein schneller wissenschaftlicher

¹⁴Im Jahre 1966 erschien Heft 250 der „Klassiker der exakten Wissenschaften“, das Arbeiten des Begründers dieser Reihe zur chemischen Affinität enthält.

¹⁵Nach Oettingens Tod im Jahre 1920 schrieb Ostwald einen Nekrolog, in dem er den Lebensweg und die vielseitige wissenschaftliche, pädagogische und publizistische Tätigkeit seines Lehrers und Freundes umriss [167].

und technischer Fortschritt schon nicht mehr denkbar. Was war nötig, um die neuen Formen der Organisation wissenschaftlicher Arbeit zu verwirklichen?

Ostwald selbst beantwortete diese Frage klar und bestimmt. Es mussten neue wissenschaftlich-technische Gesellschaften geschaffen und neue profilierte wissenschaftliche Forschungsinstitute mit guter Ausstattung und einem auserwählten Stab hochqualifizierter Mitarbeiter aufgebaut werden.¹⁶

Am 21. April 1894 wurde in Kassel die Deutsche Elektrochemische Gesellschaft gegründet, die 65 Wissenschaftler und Ingenieure vereinte. Die Hauptinitiative zur Gründung der Gesellschaft ging von W. Ostwald, A. Wilke, W. Nernst und M. Leblanc aus. Ostwald wurde zum Präsidenten der Gesellschaft gewählt. Bis zur ersten Hauptjahrestagung im Oktober 1894 in Berlin war die Mitgliederzahl schon auf 271 angewachsen. Ostwald hielt auf dieser Tagung einen Vortrag über Leben und Schaffen von J. Ritter, einem deutschen Elektrochemiker des frühen 19. Jahrhunderts.

Die neue Gesellschaft benutzte für ihre Veröffentlichungen die „Zeitschrift für Elektrotechnik und Elektrochemie“, die ab Oktober 1894 in zwei Teilen erschien: einem elektrochemischen („Zeitschrift der elektrochemischen Gesellschaft“) und einem elektrotechnischen. Zwei Jahre lang hatten Ostwald und Borchers die Redaktion des elektrochemischen Teils inne.

Die Tätigkeit der elektrochemischen Gesellschaft war ein zusätzlicher Antrieb zur Entfaltung theoretischer und angewandter Forschungen in der Elektrochemie. Nach der Gründung dieser Gesellschaft wurden an einigen Hochschulen Deutschlands Lehrstühle für Elektrochemie geschaffen.

1898 trat Ostwald, der in seinem Institut mit Arbeit überlastet war, vom Posten des Präsidenten der elektrochemischen Gesellschaft zurück; 1899 wurde er als Organisator und Leiter dieser Gesellschaft zum Ehrenmitglied ernannt.

W. Ostwald nutzte die Möglichkeit, in den Gesellschaften Vorträge zu halten.¹⁷ Die wichtigsten Themen waren: „Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft“ (1894); „Über den Ort der elektromotorischen Kraft in der Voltaschen Kette“ (1895); „Über wissenschaftliche und technische Bildung“ (1897); „Ingenieurwissenschaften und Chemie“ (1903).

Auf der VIII. Tagung der Gesellschaft 1901 in Freiburg trat Ostwald mit einem Vortrag über den hervorragenden Physikochemiker Bunsen auf. Nach einer Analyse von Bunsens

¹⁶Die Idee von der Schaffung profilierter Institute zur tiefgreifenden und allseitigen Bearbeitung einzelner, besonders aktueller Probleme der Chemie fand Unterstützung und wurde schon bald realisiert. 1896 wurde in Göttingen ein physikalisch-chemisches Institut für W. Nernst erbaut; zwei Jahre darauf erhielt in Leipzig W. Ostwald sein Physikalisch-chemisches Institut, und 1903 entstand ein neues Institut in Göttingen, dessen Leiter G. Tammann wurde.

¹⁷Auf Tagungen der „Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte“ hielt er Vorträge zu den Themen „Altes und Neues in der Chemie“ (1890) und „Fortschritte der physikalischen Chemie in den letzten Jahren“ (1894).

Eine Reihe von Auftritten war dem wissenschaftlichen Wirken verschiedener Gelehrter gewidmet (J. Ritter, 1894; E. Mitscherlich, 1894; F. Stohmann, 1897; G. Wiedemann, 1899; J. van't Hoff, 1899; J. Wislicenus, 1903). All diese und noch einige andere Vorträge gab Ostwald 1904 in einer speziellen Sammlung heraus [46], die er seinem Freund W. Ramsay widmete.

Weltanschauung und wissenschaftlicher Tätigkeit charakterisierte Ostwald die Entwicklung der physikalischen Chemie Ende des 19. Jahrhunderts und umriss ihre Züge für die Zukunft. Er wies auf die große Rolle hin, die die elektrochemische Gesellschaft in dieser Entwicklung spielte. Sie sei ein Organisationszentrum, das einen engen Kontakt zwischen Wissenschaft und Technik gewährleiste.

1902 wurde auf einer Hauptversammlung der Gesellschaft in Nürnberg der Beschluss gefasst, sie in „Deutsche Bunsengesellschaft für Angewandte Physikalische Chemie“ umzubenennen.¹⁸ Anfang der 90er Jahre setzte Ostwald mit der ihm eigenen Aktivität und Energie die Frage des Neubaus eines spezialisierten physikalisch-chemischen Instituts auf die Tagesordnung. Für den Bau des neuen Instituts wurde ihm eine bedeutende Geldsumme (365000 Mark) bewilligt. Den Plan für den Neubau entwarf Ostwald selbst. Am 2. Januar 1892 schrieb er nicht ohne Stolz an Arrhenius:

... Nach 3 oder 4 Jahren wirst Du mich also im neuen Heim besuchen können; ich muss sagen, dass ich mich auf diesen Bau freue, da er doch, wie ich hoffe, ein Vorbild für andere künftige physiko-chemische Institute werden wird. [146]

Vorerst aber waren langwierige Vorbereitungen zum Bau des neuen Instituts zu treffen. In den alten Labors ging die intensive wissenschaftliche Arbeit mit einer großen Anzahl Praktikanten, die aus den verschiedensten Ländern zu Ostwald gekommen waren, weiter.

1897 erschienen vier umfangreiche Bände mit zahlreichen Arbeiten Ostwalds und seiner Schüler, Ergebnisse 10jähriger wissenschaftlicher Arbeit der physikalisch-chemischen Laboratorien der Universität Leipzig (1887-1896) [33]. Diese 4 Bände sind ein anschaulicher Beweis für die intensive schöpferische Arbeit der Physikochemiker zur Zeit der Entstehung der modernen physikalischen Chemie.

Die gleichzeitig mit der Eröffnung des neuen Instituts erfolgende Herausgabe dieser 4 Bände zeigte, dass man mit dem nötigen Enthusiasmus auch in alten, baufälligen Laboratorien wertvolle Forschungsarbeit leisten kann.

Ende 1897 wurde der Bau des neuen Physikalisch-chemischen Instituts, in den Ostwald viel Sorgen, Zeit und Arbeit investiert hatte, beendet. Zur feierlichen Eröffnung des Instituts, die am 3. Januar 1898 stattfand, hatte Ostwald viele bedeutende Gelehrte aus verschiedenen Ländern eingeladen, Arrhenius, Waage, van't Hoff, Landolt, Nernst, Walden u. a. In der Eröffnungsrede legte er Probleme und Aufgaben des neuen Instituts

¹⁸Das Publikationsorgan dieser Gesellschaft ist die „Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie“.

Im September 1953 versammelten sich etwa 2500 Chemiker in Hamburg zum „Chemikertag“. Zahlreiche Vertreter chemischer Gesellschaften der verschiedensten Staaten waren zugegen. Am 16. September fand in der Hamburger Musikhalle eine von der Deutschen Bunsengesellschaft aus Anlass des 100. Geburtstags von W. Ostwald veranstaltete festliche Gedenksitzung statt. Auf der Festsitzung wurden in Anwesenheit zahlreicher deutscher und ausländischer Chemiker die folgenden Vorträge gehalten: „Wilhelm Ostwalds Wirken in seiner Zeit“ von Prof. P. Günther aus Karlsruhe, „Das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz und der Begriff der elektrolytischen Dissoziation“ von Prof. G. Kortüm aus Tübingen, „Die wissenschaftliche und technische Bedeutung von Ostwalds Katalysarbeiten“ von Prof. G. M. Schwab aus München und „Wilhelm Ostwalds Anregungen für die physikalische Chemie elektrobiologischer Vorgänge“ von Prof. U. F. Franck aus Göttingen.

dar.

Anschließend sprach er vor der zahlreichen Zuhörerschaft zum Thema „Das Problem der Zeit“ [35], indem er die Zeitkonzeptionen Newtons und Kants charakterisierte und neue Wege zur Lösung dieser Probleme, die sich Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Entwicklung der Physiologie der Empfindungen abgezeichnet hatten, aufzeigte.

Arrhenius, der bei der Eröffnung zugegen war, schrieb am 17. Januar 1898 an Tam-mann: „Ostwald hat wirklich ein hervorragendes Institut.“

In der Geschichte der physikalischen Chemie, ja, überhaupt in der Wissenschafts-geschichte spielte Ostwalds Physikalisch-chemisches Institut eine besondere Rolle als ers-tes Beispiel für ein spezialisiertes wissenschaftliches Forschungsinstitut mit einer be-stimmten Arbeitsthematik (hauptsächlich chemische Kinetik und Katalyse).

Die Schaffung eines solchen Instituts, in dem wissenschaftliche Ideen und Pläne koor-diniert und zur Lösung bestimmter Probleme Experimente konzentriert durchgeführt wurden, entsprach den Anforderungen der stürmischen Entwicklung von Wissenschaft und Technik.

In den 90er Jahren hatten Ostwald und seine Schüler eine andere Richtung in der Forschungsarbeit eingeschlagen. Interessant ist, welche neue Entwicklungsrichtung der physikalischen Chemie Ostwald für die aussichtsreichste hielt: Er war der Meinung, am ergiebigsten wären Untersuchungen auf den Gebieten Kinetik und Katalyse. Aus diesem Grund orientierte er die Arbeit seiner Mitarbeiter in diese Richtung.

1890 veröffentlichte Ostwald einen Aufsatz mit dem Titel „Autokatalyse“, der den An-fang seiner und seiner Schüler Arbeit auf dem Gebiet der Katalyse bildete [42].

1895 erschien sein programmatischer Artikel „Zum Wesen katalytischer Prozesse“. Am 20. November 1895 schrieb Ostwald an Arrhenius:

... Katalytische Dinge erscheinen mir jetzt als die interessantesten ... Überall haben wir es mit Katalyse zu tun und haben allen Grund, uns sehr ernsthaft damit zu befassen. [146]

In einem Brief vom 2. Januar 1897 an Arrhenius berichtet Ostwald:

Ich habe ein recht mühsames Semester, da die Zahl der Spezialpraktikanten größer ist als je zuvor; es sind etwa drei Dutzend, fast alle mit selbständigen Arbeiten. Um diesen Unterricht besser durchführen zu können, habe ich jetzt wöchentlich einmal Besprechungen, in denen die im Gange befindlichen Arbeiten eine nach der anderen in Gegenwart aller übrigen durchgespro-chen werden; dabei ergeben sich allerlei neue Gedanken und Pläne, und die Leute haben mehr voneinander. Bredig und Luther (den Du wohl noch nicht kennst) helfen mir wacker dabei; allein wäre es mir ganz unmöglich.

Inzwischen habe ich auch angefangen, etwas experimentell zu arbeiten, über polymorphe Um-wandlungen, Kristallisationsgeschwindigkeit und dergleichen...

Im Laboratorium wird viel über Katalyse gearbeitet; es scheint einiges herauszukommen, doch sind die Sachen noch unreif ... [146]

In Ostwalds Erinnerungen können wir nachlesen, dass er in den 90er und den darauf-folgenden Jahren schon nicht mehr über solche Reserven an Kraft und Energie wie in seiner ersten Arbeitsperiode verfügte. Er schrieb, er habe zu seinem tiefen Leidwesen, das er aber nie zu einer Tragödie auswachsen ließe, seinem eigenen Kind (der Katalyse)

nie die Pflege angedeihen lassen können wie seinen angenommenen Kindern (d.h. den Arbeiten der Jahre 1887-1897).

In der Periode, in der er sich mit der Katalyse befasste, verwandte Ostwald noch mehr Aufmerksamkeit als zuvor auf die Forschungsarbeit seiner jungen Mitarbeiter. Er erklärte das damit, dass die Gesamtausbeute aus der Arbeit des Instituts trotz der Abnahme seiner persönlichen Produktivität nicht zurückgehen dürfe, sondern durch erfolgreicherer Arbeiten seiner Mitarbeiter sogar anwachsen müsse, wofür er alle notwendigen Bedingungen zu schaffen habe.

Von den Arbeiten seiner Mitarbeiter hob er besonders die Untersuchungen G. Bredigs zur heterogenen Katalyse und M. Bodensteins zur Kinetik homogener Reaktionen hervor. So Ostwald im Jahre 1926:

Während ich dieses schreibe, liegt vor mir ein zusammenfassender Bericht, der hauptsächlich die technischen Anwendungen der Katalyse zum Gegenstand hat, wie sie an der größten chemischen Fabrik Deutschlands und wohl auch der Welt von meinem damaligen Schüler A. Mittasch entwickelt wurden. Es handelt sich um Millionen-, ja Milliardenwerte. [105, II, S. 270]

Der polnische Wissenschaftler M. G. Zentnerschwer arbeitete von 1895 bis 1897, nach Beendigung seines Studiums an der Universität Leipzig, bei Ostwald und führte Untersuchungen zum Thema „Der katalytische Einfluss verschiedener Gase und Dämpfe auf die Oxydation des Phosphors“ durch.

An russischen Chemikern arbeiteten in diesen Jahren bei Ostwald in Leipzig N. A. Schilow, L. W. Pisarschewski, A. W. Rakowski, A. A. Titow u. a.

Am 15. Februar 1901 schildert N. A. Schilow in einem Brief T. A. Kablukow seine Eindrücke über Ostwalds Institut und Ostwald selbst:

Jetzt sind es bald zwei Monate, dass wir in Leipzig sind, und wir konnten uns in dieser Zeit mit den häuslichen Dingen einrichten, auch hatte ich Zeit, mich schon ein wenig im Institut umzusehen. Dort herrscht die Katalyse.

Beginnen wir bei Ostwald selbst; seine Rolle ist gegenwärtig im vollsten Sinne des Wortes eine katalytische - er arbeitet selbst fast nicht, nimmt wenig an Institutsdingen Anteil, hält eine wenig interessante Vorlesung über Naturphilosophie - so etwas wie „Philosophie in der Westentasche“. Er lässt täglich einen Korb mit Butterbrot und einen Strauß Rosen in sein Labor schicken, und bei oberflächlicher Betrachtung ist das seine ganze Teilnahme am Institutsleben; er ist aber zweifellos ein guter Katalysator - die meisten Ideen seiner Assistenten und Doktoranden werden durch seine Ratschläge oder die kurzen kritischen Resümees, mit denen er die Berichte über die Laborarbeit auf den regelmäßig jede Woche stattfindenden Besprechungen begleitet, angeregt; dabei hat er sich ungeachtet seiner „Generalstellung“ einen sehr guten Kontakt mit allen bewahrt und kann unverändert schnell fremde Gedanken erfassen und seine eigenen in zwei Worten prägnant ausdrücken.

Es laufen Gerüchte um, dass Ostwald die Professorenstelle ganz aufgeben will, viele prophezeien Leblanc an seiner Stelle, aber das sind nur kaum ernstzunehmende Gerüchte...

Bredig hat eine industrielle Methode zur SO_2 -Oxydation an Platinschwamm entwickelt ... Meyer ist - neben seiner Photochemie - auf den interessanten Gedanken verfallen, man könne das chemische Potential verschiedener Oxydationsstufen angeben. Dieser Gedanke kann sicherlich weiterentwickelt werden und ziemliche theoretische Bedeutung gewinnen.

Was meine persönliche Arbeit angeht, so habe ich mich auf Meyers Rat hin an eine Erscheinung gemacht, die schon sehr lange bekannt ist, aber in letzter Zeit nicht mehr bearbeitet worden ist, nämlich die chemische Induktion im buchstäblichen Sinne oder die sogenannten komplexen Reaktionen, $A + B = O$ bei denen gleichzeitig eine Reaktion $C + B$, die die erste anregt, abläuft.

Ich befasse mich mit der Oxydation von Weinsäure durch Chromsäure, die bei bestimmten Konzentrationen nur dann vor sich geht, wenn gleichzeitig eine Oxydation von FeSO_4 , SnCl_2 , As_2O_3 u. dgl. erfolgt. Außerdem ist mir ein eigenes Thema aus dem Gebiet der organischen Fermente in den Sinn gekommen.

Meyer war in diesem Fall skeptisch, aber Ostwald hat mich unterstützt, so dass ich bald bestimmte Vorversuche in Angriff nehmen werde. Mit der Atmosphäre im Institut bin ich sehr zufrieden, ich wurde sehr liebenswürdig aufgenommen, besonders von Meyer; man gab mir ein eigenes kleines Labor, dann ließ man mir die Freiheit zu tun, was und wie ich es will, dabei habe ich die Möglichkeit, jederzeit, wenn es erforderlich wird, um Rat nachzusuchen. [168]

Die Ausbeute von N. A. Schilows Untersuchungen bei Ostwald war die hervorragende Arbeit „Zu gekoppelten Oxydationsreaktionen“ (1905).

Ostwalds intensive und vielseitige Arbeit als Pädagoge und Leiter brachte ihm jedoch nicht nur Befriedigung, sondern auch übermäßige Sorgen und Übermüdung. Die „bestialische Verschwendung seiner Energie“ führte manchmal zu traurigen Ergebnissen, zu schwerer nervlicher Zerrüttung, wodurch Ostwald aus dem Arbeitsrhythmus gerissen wurde.

Als Charakteristikum für Ostwalds Leistungsfähigkeit in diesen Jahren kann seine Zeitschrift dienen. Fast in jedem Band der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ finden sich von ihm eine oder 2 wissenschaftliche Arbeiten, rund 20 Referate anderer Arbeiten und Rezensionen von zehn, zwanzig neuen Büchern zu verschiedenen Fragen der Chemie. Um diese Rezensionen zu schreiben, musste Ostwald die neuerschienenen Bücher lesen oder wenigstens aufmerksam durchsehen - alles, von kleinen Broschüren bis zu dicken Wälzern.

Vieles von dem, was Ostwald leistete, konnte er nur schaffen, weil ihm junge, talentierte Mitarbeiter, die später selbst zu bedeutenden Gelehrten wurden, bei der wissenschaftlichen und pädagogischen Tätigkeit zur Seite standen. Assistenten und engste Mitarbeiter Ostwalds in Leipzig waren W. Nernst (sein erster Assistent), M. Leblanc, R. Luther (ab 1898 Privatdozent, ab 1901 stellvertretender Direktor des Physikalisch-chemischen Instituts)¹⁹, M. Bodenstein, G. Bredig, C. Drucker, G. Freundlich, J. Wagner, W. Böttger, E. Beckmann, A. Mittasch u. a.

W. A. Kistjakowski bemerkte dazu:

Gewöhnlich wird geschrieben, W. Ostwald habe eine große Anzahl von Schülern hervorgebracht, man könnte es aber manchmal auch umgekehrt sagen - die Schüler haben Wilhelm Ostwald groß gemacht! Die jungen, talentierten Wissenschaftler trugen zum besonders hohen wissenschaftlichen Niveau des Leipziger Instituts wesentlich bei... Das Leben selbst kam dem jugendlichen

¹⁹Am 11. Januar 1902 schrieb Ostwald an Arrhenius: "... Im Laboratorium geht alles gut und munter weiter. Die Verwaltung (auch die wissenschaftliche) wird jetzt von Luther besorgt, mit dem ich sehr zufrieden bin. Meist wird über Katalyse gearbeitet. Ich selbst tue fast nichts, da meine ganze Zeit mit allerlei Geschäften und Korrekturen hingeht." [146]

Enthusiasmus Ostwalds entgegen. Die ganze Umgebung war durchdrungen von wissenschaftlichem Interesse. [128]

Gegen Ende der 90er Jahre spürte Ostwald deutliche Ermüdungserscheinungen. Die 20jährige ununterbrochene, fieberhafte Arbeit als Organisator, Lehrer und Propagandist wirkte sich aus. Die Pflichten des Professors, die ihn einmal begeistert hatten, waren ihm jetzt eine Last.

Der Strom wissenschaftlicher und anderer Information, der jeden Tag buchstäblich über ihn hereinbrach, quälte und schreckte ihn.

Er konnte nicht gleichgültig sein gegenüber dem, was im Institut und an der Universität geschah, und auch seine Position als wissenschaftlicher Leiter einer großen Schule verpflichtete zu vielem. Alle, die bei ihm arbeiteten, hatten sich längst angewöhnt, den Professor nach vielem zu fragen und von ihm Rat und Hilfe zu erwarten.

Ostwald schrieb dazu folgendes:

Überlegt man sich, dass es sich darum handelt, täglich sich in den Gedankengang von mehreren Dutzend wissenschaftlichen Arbeiten hineinzufinden, deren jugendliche Inhaber die Annahme, der Professor wisse ganz genau, wo sie eben sind, als selbstverständlich empfinden, so erkennt man, welche Erschöpfung diese tägliche Einstellung des intellektuellen Auges auf beständig wechselnde Gebiete mit sich bringen muss. Außerdem erfordern die Ratschläge jedes Mal eine so intensive Versenkung in das Wesen der vorliegenden Arbeit, ... dass die schöpferischen Fähigkeiten . . . eine beständige, sehr starke Beanspruchung erfahren. [59, S. 197]

Immer seltener vermochten Institutsangelegenheiten ihn von seinem Schreibtisch fortzubringen, und er bekannte Freunden gegenüber, dass er „bis zum Hals im Tintenfass sitze“. Immer häufiger versetzte er sich, wenn er in seinem Arbeitszimmer saß, in Gedanken in sein geliebtes Landhaus „Energie“, das er nicht weit von Leipzig, in Großbothen, gekauft hatte und wo er sich so angenehm im Kreis der Familie erholen konnte.

Es gab Tage, wo er sich nur unter Anspannung aller Willenskraft zwingen konnte zu arbeiten, Konsultationen und Vorlesungen zu halten, so groß war seine Erschöpfung. Als Folge davon wurde er apathisch gegen alles, und er fasste den Entschluss, „rechtzeitig von der Bühne abzutreten“, ehe ihn die Kraft und die Fähigkeit, Neues zu verstehen, verließen.

Am 4. Februar 1895 schrieb Ostwald, von der übermäßigen Arbeit ermüdet, voll Trauer an Arrhenius:

Im Laboratorium ist die übliche Zahl von Praktikanten, welche die üblichen Arbeiten machen; die schöne Zeit, wo jede Woche ein neues Naturgesetz entdeckt wurde, ist vorüber und wird nicht wiederkehren...

Ich sage Dir, in dem neuen schönen Hause wird lange nicht das an Bedeutung gemacht werden, was wir in den alten schmutzigen Räumen fertiggebracht haben, und dann heißt es: wer hätte gedacht, dass der Ostwald so bald sich verbraucht haben sollte! Wieviel hätte ich noch vor fünf Jahren für ein neues Institut gegeben, jetzt denke ich mehr mit Schrecken als mit Freude daran...

Diese Abspannung scheint ein Naturgesetz zu sein; ich lese eben viele Biographien, und finde die Erscheinung immer wieder. Davy wurde nach seiner Entdeckung der Alkalimetalle todkrank, und Faraday wurde nach dem Abschluss seiner elektrochemischen Arbeiten auf vier Jahre halb

blödsinnig, und hatte sich seitdem nie ganz erholt. Nun aber genug davon... [146]

Ernsthaft machten sich Anzeichen von Übermüdung, die früher mit Leichtigkeit durch ein paar Wochen Einsamkeit und Beschäftigung mit Malerei zu beheben gewesen waren, erstmalig im Jahre 1895 bemerkbar, so dass Ostwald gezwungen war, seine wissenschaftliche Arbeit ein halbes Jahr lang ganz einzustellen.

Am 9. Oktober 1895 schrieb Arrhenius an Ostwald:

Lieber Freund!

Durch eine briefliche Mitteilung von Deiner Frau erhalte ich soeben die Nachricht, dass es Dir leider nicht ganz so gut geht. Ich habe schon in Lübeck bemerkt, dass Dir etwas fehlte, Du sahst so ermüdet aus. Nun ist es ja nicht schwer zu verstehen, dass Du überanstrengt bist, denn niemand hat so außerordentlich fleißig wie Du gearbeitet in den letzten Jahren; es ist viel eher ein Wunder, dass Deine Natur kräftig gewesen ist, um Dich so lange aufrecht zu erhalten. Und nun fürchte ich, dass Dein rastloses Arbeitsbestreben Dich wieder verleiten wird, die Krankheit der Überanstrengung für eine Kleinigkeit zu halten ... [146]

Ein langer Urlaub stellte Ostwalds Kräfte wieder her, allerdings nicht in vollem Umfang. Er war schon nicht mehr mit solchem Enthusiasmus dabei, wenn er mit seinen Schülern, die selbständig arbeiteten, im Labor diskutierte. Früher waren solche Diskussionen für ihn ein „reicher Quell angenehmer Empfindungen“ gewesen, aber allmählich kam er zu dem Schluss, dass es, um für die späteren Jahre Kräfte zu sparen, besser sei, nur die „geistige Leitung ohne ständige persönliche Einmischung in Laboratoriumsdinge“ in der Hand zu behalten. Um Ostwalds Zustand in jenen Jahren zu beschreiben, sollen noch einige Auszüge aus seinen Briefen an Arrhenius angeführt werden:

Ich habe namentlich das Colleglesen und Unterrichten gründlich satt und träume immer davon, meine Professur aufzugeben und als Privatgelehrter meine Tage zu beschließen. Nur das eigene Laboratorium, in welchem ich von Zeit zu Zeit arbeite (wenn auch nicht viel dabei herauskommt), hält mich fest. [146, Brief vom 31. 1. 1899]

In einem anderen Brief lesen wir:

... Die Vorlesungen und ganz besonders die Laborpraktika machen mich direkt krank, weil ich mich jedes Mal mit Mühe dazu aufrufen muss...

In diesen Jahren vollzog sich in Ostwalds Leben der Umschwung, wo er fühlte, dass ihm die Fähigkeit, von der er sagte, dass sie sich beim Gelehrten als letzte entwickelt und als erste beginnt zu verschwinden, nämlich die zu leiten, ein wissenschaftliches Kollektiv zu führen, Seele und Gehirn dieses Kollektivs zu sein, allmählich abhanden kam.

Aus der Wissenschaftsgeschichte kannte Ostwald jene psychologischen Erscheinungen, die mit dem Altern des Gelehrten zusammenhängen. Da war der Abscheu vor dem Laboratorium, der bei Liebig in höherem Alter auftrat, oder die Furcht Boltzmanns vor Vorlesungen, „die schrecklichste Krankheit, an der ein Professor leiden kann“.

Im Zusammenhang damit schrieb Ostwald:

Solche Invaliden gibt es in der Wissenschaft mehr als man glaubt, und die ungezählten Leiden, welche ihnen auferlegt sind, haben noch keinen Homer gefunden. Man hält jeden einzelnen Fall solcher Art für ein persönliches Unglück und übersieht, dass es sich um eine Erscheinung

von naturgesetzlicher Regelmäßigkeit handelt. Die Wissenschaft fordert ihr Opfer mit derselben unheimlichen Unabwendbarkeit wie der Tod.

Meist saugt sie es in jungen Jahren aus, und glücklich, wer dann alsbald dahingeht, wie Galois, Abel oder Heinrich Hertz: sein Name bleibt glänzend, er hat die herrlichen Heldenjahre durchkämpft und durchlebt, und die traurigen Invalidenjahre sind ihm erspart geblieben.

Aber den anderen wird es nicht so gut. Sie müssen ihre Kräfte schwinden, ihre Leistungen sich vermindern sehen, während gleichzeitig die Ansprüche an sie und die Verantwortlichkeit ihrer Bestätigung ständig wachsen. [59, 5. 446]

Am 9. Dezember war es genau 25 Jahre her, dass sich Ostwald in Dorpat habilitiert hatte. Aus diesem Anlass gaben seine Schüler den Band 46 der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ heraus, eingeleitet von einem glänzenden Artikel van't Hoff's, in dem der 25jährige Weg Ostwalds in der Wissenschaft beleuchtet wird. In diesem Artikel wird Ostwalds organisatorische Tätigkeit gewürdigt.

Van't Hoff unterstreicht, dass Ostwald sich nie damit zufrieden gab, selbst neue Ideen entwickelt zu haben, sondern sich stets aktiv darum bemühte, diese Ideen anderen nahezubringen, und dieser Charakterzug Ostwalds habe eine große Rolle bei der Entstehung und Entwicklung der modernen physikalischen Chemie gespielt.

Im gleichen Band der Zeitschrift ist eine vollständige Bibliographie von Ostwalds Arbeiten bis zum Jahre 1902, zusammengestellt von P. Walden, enthalten.²⁰

Zur festlichen Jubiläumssitzung kamen viele bekannte Physiker und Chemiker. Nach den Worten von Arrhenius, der ebenfalls bei diesem Jubiläum zugegen war, empfing Ostwald viele Zeichen der Anerkennung. Ostwald selbst trat mit einem Vortrag auf, in dem er in sehr bescheidenen Worten von seinen Arbeiten auf dem Gebiet der physikalischen Chemie berichtete.

Im Frühjahr des Jahres 1904 fuhr Ostwald nach England, wo er am 19. April vor der Royal Society mit dem Faraday-Vortrag „Elemente und Verbindungen“ [47] auftrat.

Nach seiner Rückkehr aus England, Ende 1904, stellte Ostwald an das Rektorat der Universität den Antrag, ihn von den Vorlesungen für die Studenten zu befreien.

Dieser Antrag stieß seitens der Professorenschaft der Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig auf starken Widerstand, denn man hielt es für unzulässig, dass sich ein Professor auf diese Weise von der Erfüllung seiner, wie man meinte, wichtigsten Pflicht, nämlich den Vorlesungen, freimachen wollte.

Deshalb entschied die Fakultät auf Ablehnung des Antrags.

Dessen ungeachtet erhielt er vom Ministerium die Erlaubnis, die Vorlesungstätigkeit einzustellen und lediglich die Leitung der Laborarbeit in der Hand zu behalten. Ostwald nahm jedoch diese Erlaubnis nicht in Anspruch; das Verhältnis der Mehrheit der Professorenkollegen ihm gegenüber veranlasste ihn, um seine Kündigung zu bitten, die ihm auch gewährt wurde. In diesem Zusammenhang schrieb er:

²⁰1904 erblickte das erste Buch über Leben und Schaffen von W. Ostwald, geschrieben von P. Walden, das Licht der Welt. Walden hatte nachgezählt, dass Ostwald schon bis 1904 mehr als 6000 Seiten an Lehrbüchern, Nachschlagewerken und anderen Büchern zu bestimmten Themen verfasst hatte; dazu kamen noch 300 wissenschaftliche Veröffentlichungen, etwa 4000 Referate und ungefähr 900 Rezensionen von Büchern.

Die Beurteilung, welche mein Gesuch und meine Person in der entsprechenden Fakultätsversammlung erfuhr, waren von solcher Beschaffenheit, dass diese Fakultätssitzung die letzte blieb, die ich besucht habe. Ich beantragte bei der vorgesetzten Behörde meine Versetzung in den Ruhestand...

Im August 1906 schloss ich meine Lehrtätigkeit an der Universität Leipzig ab, ohne von dieser, der ich in meinem besonderen Lehrgebiete die Stellung der ersten in der Welt erworben hatte, ein Zeichen der Anteilnahme an diesem Vorgange zu erfahren. [67, S. 7]

Bald nach seiner Entlassung erschien eine Meldung in den deutschen Zeitungen, dass der erste Professor, der bald „im Rahmen des kulturellen Austauschs“ in die USA reisen würde, W. Ostwald sei. Er schrieb dazu:

Für mich war dies ein moralischer Ausgleich für den Konflikt mit der Mehrheit der Professorenschaft der Leipziger Universität und eine erneute Anerkennung meiner Verdienste. [105, III]

Seine Reise in die USA war der erste Austausch von Gelehrten zwischen Deutschland und den USA. Seitens der deutschen Regierung wurde diesem Vorhaben größtes Interesse entgegengebracht. Dass die erste Wahl gerade auf Ostwald fiel, zeugt davon, dass seine Verdienste auch in deutschen Regierungskreisen gut bekannt waren.

In den USA hielt Ostwald an der Universität von Kalifornien einen Vorlesungszyklus in Naturphilosophie, allgemeiner Chemie und Katalyse. Die Vorlesungen zur Naturphilosophie hielt er in englischer Sprache, sie wurden nach seinen Worten „mit großem Interesse, aber auch mit nicht geringen Einwänden aufgenommen“.

An Arrhenius schrieb er:

Ich bearbeite gleichzeitig meine Vorlesungen für den Druck in englischer Sprache und bin neugierig, welchen Eindruck meine ketzerischen Ansichten auf die frommen Amerikaner machen werden. Denn eine starke Abhängigkeit von religiösen Traditionen ist hier immer noch vorhanden... [146]

2.5 Als „freier“ Professor

Von 1905 an verbrachte Ostwald den größten Teil der Zeit zusammen mit seiner vielköpfigen Familie in seinem Landhaus „Energie“ in Großbothen, einer großen, in einem herrlichen Park gelegenen Villa. Am 28. Dezember 1906 schrieb Ostwald an Arrhenius:

... Nur habe ich zu lange im Joch gesteckt, um unmittelbar meine Freiheit vollständig zu genießen, ich ertappe mich vielmehr immer wieder in der Stimmung, dies oder das tun oder lassen zu müssen ... [146]

Die Vorlesungen, die ihm in den letzten Jahren viele Schwierigkeiten bereitet und von ihm eine große Nervenanspannung verlangt hatten, lagen hinter ihm. Die Stille des Parks hatte den Lärm der Universitätshörsäle abgelöst.

In Großbothen verlief Ostwalds Leben im Kreise seiner großen Familie ziemlich ruhig. Drei Söhne - Wolfgang, Walter und Otto - und zwei Töchter - Grete und Elsbeth mit ihrem Gatten Dr. Brauer - lebten bei ihm. Er war mit seinen Kindern zufrieden.

Wolfgang, der älteste Sohn, war ein bedeutender Spezialist auf dem Gebiet der Kolloidchemie, Begründer der „Zeitschrift für Kolloidchemie“ (seit 1904) und Autor einiger

Lehrbücher über Kolloidchemie.

Walter wurde Chemieingenieur, und Otto lebte später als Ingenieur und Beamter in Berlin.

Abends musizierte Ostwald oft, er spielte Geige oder mit seiner Frau auf dem Klavier vierhändig. Die Zeit verging ruhig und heiter. Etwa um 7 Uhr morgens machte er einen ausgedehnten Spaziergang rings um die Villa. Am Tag konnte man ihn oft vor der Staffelei, entweder in irgendeinem malerischen Winkel des Parks oder in der Umgebung von Großbothen, antreffen.

1904 fand die erste Ausstellung von Ostwalds Bildern statt. Es wurden etwa 30 seiner Bilder gezeigt. In den darauffolgenden Jahren veranstaltete er noch mehrere solche Ausstellungen, und sie hatten alle Erfolg.

Diese Zeit des „Nichtstuns“ dauerte aber nicht lange an. Die begeisterungsfähige, tätige Natur Ostwalds ließ ihn nicht „in der Hängematte ausruhen“.

Ende 1906 richtete Ostwald auf seinem Landsitz kleine Laboratorien und eine Werkstatt ein, wo er beliebig Experimente anstellen konnte. Laboratorien hatte er vier, deren Fenster nach vier verschiedenen Seiten des Hauses lagen. Er wollte in einem Raum arbeiten, der jeweils so hell war, wie er es für seine Arbeit brauchte. Manchmal arbeitete er im sonnigen Laboratorium, manchmal im schattigen. Seinen Schülern und Assistenten sagte er, dass dieser Laboratoriumswechsel seine schöpferische Arbeit günstig beeinflusse.

In diesen Jahren widmete sich Ostwald mit Begeisterung dem Literaturstudium. Ihm war klar geworden, dass es an der Zeit war, sich in der komplizierten Struktur der gesamten Wissenschaft, deren vielgestaltiger Organismus in intensiver Entwicklung begriffen war, zurechtzufinden. Ostwald beschäftigten Fragen wie:

Gibt es Gesetze der Wissenschaftsentwicklung? Kann man den wissenschaftlichen Schaffensprozess verstehen lernen? Wo soll man eine Methode zur Analyse dieser Probleme suchen? Darüber dachte er nach, wenn er durch die schattigen Wege seines Parks spazierte.

In den 30 Jahren seiner wissenschaftlichen und pädagogischen Tätigkeit waren gewaltige Veränderungen im Tempo und in der Organisation der wissenschaftlichen Forschung vor sich gegangen. Ostwald war sich bewusst, dass er in nicht geringem Maße zu diesem Prozess beigetragen hatte.

Jetzt war es an der Zeit, die reiche Erfahrung des Organisators, Gelehrten und Pädagogen zu überdenken und zu verallgemeinern, seine Meinung über die Evolution des chemischen Wissens und über den Prozess wissenschaftlichen Schöpfungstums zu sagen.

Die große Bibliothek, die laufend durch neue Literatur ergänzt wurde, gestattete es ihm, mit vielen Literaturquellen ständig zu arbeiten, ohne dabei aus dem Haus zu gehen.

Seine Lage als wohlversorgter, freier Professor gab ihm viel Raum und die Möglichkeit, sich mit dem zu beschäftigen, wozu er Lust hatte. Er hatte noch sehr viel vor. In seinem Gehirn entstanden große Pläne, in denen es um die Erarbeitung einer künstlichen internationalen Sprache und die Herausgabe einer philosophischen Zeitschrift ging.



Abb. 10. Landhaus „Energie“

Einige seiner Neider und Gegner hatten gemeint, Ostwald habe mit seinem Weggang von der Universität den „wissenschaftlichen Tod“ erlitten. Aber Ostwald bewies mit den mehr als 10 Büchern über Chemie, Farbenlehre und andere Probleme der Wissenschaft und Kultur, die er nach 1905 noch verfasste, dass er noch genügend „Pulver zu verschießen hatte.“

Anfang November 1909 erhielt Ostwald die freudige Nachricht aus Schweden, dass ihm der Nobelpreis verliehen worden war. Daran, dass Ostwald als Kandidat für diesen Preis aufgestellt wurde, hatte auch der bekannte russische Physikochemiker I. A. Kablukow bedeutenden Anteil. Ende 1908 wandte sich das Nobelkomitee mit der Bitte an ihn, einen Kandidaten für den Nobelpreis in Chemie zu benennen.

Kablukow schlug vor, W. Ostwald für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Katalyse den Nobelpreis für Chemie zu verleihen.²¹ Dieser Vorschlag wurde von vielen Seiten unterstützt. Am 9. November 1909 schrieb Ostwald an Arrhenius:

Lieber Freund!

Ich danke Dir viele, viele Male ganz herzlich für die wunderbare Nachricht; ich hatte schon durch ein Telegramm des Sekretärs von meinem Glück erfahren. Besonders freut es mich, dass ich den Preis für die Katalyse bekommen soll. [164]

S. Arrhenius schrieb am 9. Dezember 1909 an I. A. Kablukow:

²¹I. A. Kablukow schrieb aus diesem Anlass an S. Arrhenius: „Ich möchte Sie um Rat bitten – ist es möglich, Herrn Professor Ostwald als Kandidaten aufzustellen? Er arbeitet zwar in letzter Zeit nicht mehr so intensiv wie früher, aber seine vorhergehenden Arbeiten haben noch großen Einfluss auf viele der neuesten Entdeckungen und rufen das Erscheinen vieler neuer Arbeiten hervor. Deshalb möchte ich Sie fragen, ob er den bekannten Bedingungen für den Nobelpreis genügt“ [165]. In Beantwortung dieses Briefes Kablukows schrieb Arrhenius (9. November 1908):

„Lieber Freund Kablukow!

... Was den Vorschlag auf Ostwald betrifft, so ist er wohl immer möglich, obgleich ja seine chemischen Verdienste schon etwas alt geworden sind, falls Sie nicht seine energetischen Arbeiten vorschlagen wollen. Laut den Statuten sollen eine (oder mehrere) Entdeckung(en) oder Verbesserung(en) auf chemischen Gebieten angegeben werden, als Gegenstand. Dieselben können von theoretischer oder von praktischer Bedeutung sein. Deshalb können kaum die Lehrbücher in Betracht kommen, wenn nicht angegeben wird, welche theoretischen Verbesserungen oder eventuell Entdeckungen darin enthalten sind. In Ostwalds Lehrbüchern sind schon eine große Zahl von originellen Ideen enthalten, aber es wird doch schwer, dieselben gegen bedeutende Originalarbeiten hervorzuheben ...“ [169]

Ostwald ist jetzt gerade bei mir, morgen erhält er den Nobelpreis. Er lässt Sie grüßen. [169]

Am 10. Dezember 1909 händigte der König von Schweden in einem feierlichen Zeremoniell dem 56jährigen Gelehrten den Preis aus. Es war eine sehr hohe Ehrung, nach van't Hoff, Arrhenius, Marie und Pierre Curie, Becquerel u. a. mit diesem Preis ausgezeichnet zu werden.



Abb. 11. W. Ostwald im Park seines Landhauses „Energie“ (1917)

Nach dem Festbankett ging Ostwald zu seinem alten Freund Arrhenius. Die zwei Nobelpreisträger taten bis zum Morgengrauen kein Auge zu, sie erinnerten sich gemeinsam der Tage, als sie, jung und begeistert, freundschaftlich in das Neuland der physikalischen Chemie vorgedrungen waren. Da gab es viel, was des Erinnerns wert war - sie hatten ja gemeinsam mit van't Hoff wie drei Musketiere den neuen physikalisch-chemischen Ideen in Kämpfen einen Weg bereitet.

Davon sprach Ostwald auf der Feier zum 25jährigen Jubiläum der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, ebenfalls im Jahre 1909.

Nach Arrhenius' Worten war das eine denkwürdige Feier, Ostwald hielt mit großem Schwung eine Rede, die nicht so bald aus dem Gedächtnis der Zuhörer verschwinden wird.²²

Im Jahre 1909 hatte Ostwald die Idee, gemeinsam mit Arrhenius eine wissenschaftliche Biographie von J. Berzelius zu schreiben, dessen Leben und Schaffen ihn sehr interessierten.

Dazu existiert ein interessanter Brief Ostwalds vom 21. November 1909, den wir hier vollständig abdrucken wollen:

Lieber Svante!

Eben ist mir etwas sehr Gescheutes eingefallen. Ich schlage Dir vor, dass wir zusammen eine große Biographie von Berzelius schreiben wollen. Wie Du weißt, habe ich mich sehr eingehend mit seiner Persönlichkeit beschäftigt, kann aber, da ich nicht schwedisch verstehe, das Detail

²²Zum 25jährigen Jubiläum der Theorie der elektrolytischen Dissoziation schrieb Ostwald auch einen eindrucksvollen Artikel für die Zeitschrift für physikalische Chemie, in dem Svante Arrhenius als Urheber dieser Theorie gewürdigt wird [63].

nicht selbst zusammensuchen. Du aber kennst die Quellen und hast die Möglichkeit, alles Erforderliche zu beschaffen. Es wäre mir eine ganz besondere Freude, wenn unsere Namen zusammen auf einem Werk stehen könnten, das monumental gestaltet werden kann.

Nach einigen Wochen werden wir mündlich darüber verhandeln können; ich schreibe Dir die Sache schon jetzt, damit Du nicht überrascht wirst und schon vorher einen Überblick über die vorhandenen Möglichkeiten gewinnst. Eure Akademie könnte die Sache protegieren; das Werk müsste gleichzeitig deutsch und schwedisch erscheinen.

Herzliche Grüße von Haus zu Haus

Dein getreuer W. Ostwald [164]

Die großen Sorgen, die ihm andere Arbeiten bereiteten, lenkten Ostwalds Aufmerksamkeit von diesem Thema ab; unter anderen Umständen hätten wir jetzt sicherlich ein hervorragendes Buch über Berzelius.

Im Ostwald-Archiv befinden sich Materialien, die er für die wissenschaftliche Biographie Berzelius' gesammelt hat. Interessant ist dabei ein Manuskript Ostwalds „Berzelius Jahresberichte und die internationale Organisation der Chemiker“, das 1955 veröffentlicht wurde [115].

In diesem Artikel wendet sich Ostwald dem Problem der wissenschaftlichen Information zu. Er war der Meinung, man müsse ernsthaft darüber nachdenken, wie der moderne Mensch „in dem Meer von Literatur, das ihn zu überfluten droht, schwimmen will“. Ostwald erinnert daran, dass Berzelius, wenn er sich an die Abfassung seiner „Jahresberichte“ machte, gewöhnlich das Laboratorium für einige Wochen nicht betrat, sich mit allen Büchern und Periodica, die er referieren wollte, umgab und nicht mit der Außenwelt in Kontakt trat, bevor die Arbeit abgeschlossen war.

Diese Arbeit, die mit der Zeit immer aufwendiger wurde, machte er länger als ein Vierteljahrhundert hindurch, und obwohl er schon bald in seinen Berichten die Arbeiten aus der Physik und der Geologie wegließ, wuchsen seine „Jahresberichte“ aus der Chemie allmählich auf einen Umfang von 1000 Seiten an.

Lange Zeit hindurch war die Chemie die einzige Wissenschaft, in der jedes Jahr mit einer solchen Bilanz abgeschlossen wurde. Ostwald weist darauf hin, dass die moderne Wissenschaft mehr denn je die Information braucht, deren internationaler Charakter zunimmt und die Kooperation der verschiedenen Länder erforderlich macht.

Nach Ostwalds Meinung gab es schwere Unzulänglichkeiten in der Organisation der wissenschaftlichen Information, da das existierende System einen gewaltigen Zeit- und Arbeitsaufwand erforderte, da ein und derselbe Artikel in mehreren Ländern referiert wurde. Im Zusammenhang damit spricht Ostwald von der Notwendigkeit, eine internationale Sprache zu schaffen, deren Existenz die Sprachbarrieren zwischen den Wissenschaftlern verschiedener Länder beseitigen würde.

1909 legte Ostwald mit der Herausgabe des Buches „Große Männer“ [59] den Grundstein zu einer Buchreihe unter dem Obertitel „Große Männer. Studien zur Biologie des Genies, herausgegeben von W. Ostwald“.

In dieser Reihe sind Bücher über van't Hoff (1912, Autor E. Cohen), V. Meyer (1917, Autor R. Meyer), E. Abbe (1922, Autor F. Auerbach), Sir H. Roscoe (1919, Autor R. Tessing, mit einer Einführung von Wilhelm Ostwald), S. Arrhenius (1931, Autor E.

Riesenfeld) und andere bedeutende Gelehrte erschienen.

Im Frühjahr 1911 fand in Hamburg der erste Kongress der Monistenunion statt, auf dem Ostwald mit einem Vortrag über die Wissenschaft auftrat.

In den Jahren 1913 und 1914 hielt Ostwald auf den Sommerkursen der deutschen Monistengesellschaft in Jena eine Vorlesungsreihe über hervorragende Persönlichkeiten der Wissenschaft, dabei verwendete er Material aus seinem Buch „Große Männer“.

1913 kamen seine „Monistischen Sonntagspredigten“ heraus, die schon bald große Verbreitung fanden. Am 2. September 1913 feierte Ostwald in seinem Landhaus „Energie“ im Kreise der Familie seinen 60. Geburtstag. Zu diesem Festtag bekam er ein Geschenk von S. Arrhenius - die Broschüre „Aus meiner Jugendzeit“.

Am 15. September 1913 schrieb Ostwald an Arrhenius:

Lieber Freund Svante!

Herzlichen Dank für Deine Schrift Aus meiner Jugendzeit, die mir die schönen Tage in Riga und was darauf folgte, in die lebhafteste Erinnerung gerufen haben. Es war wirklich schade, dass Du nicht am 2. September noch auf Energie sein konntest, denn der ganze Tag verlief überaus erfreulich und erquicklich. Und es hätte Dich gefreut, auch unseren alten Arbeitsgenossen Beckmann wiederzusehen, der als einziger Repräsentant meiner physikalisch-chemischen Tätigkeit an der Feier teilnahm.

Unmittelbar darauf musste ich nach Düsseldorf, um den Monistenkongress zu leiten, der gut verlaufen ist und in vielen Punkten Schwierigkeiten überwunden hat, die vorher fast unüberwindlich schienen. Die ganze Arbeit geht womöglich noch schneller und wirksamer vor sich als seinerzeit die Arbeit für die physikalische Chemie. Und ich muss nur bedauern, dass ich jetzt sechzig und nicht wie damals dreißig Jahre bin, um dieser Arbeit etwas mehr und andauernde Energie widmen zu können.

Mit nochmaligem herzlichen Dank und den schönsten Grüßen von Haus zu Haus

Dein alter Freund W. Ostwald [164]

Einige Zeit später (am 30. Dezember 1913) schrieb Ostwald wieder an Arrhenius:

Oft genug habe ich in den letzten Monaten an Dich gedacht, wenn ich das Heft mit Deinen Erinnerungen, das unter meinen vielen Geburtstagsgeschenken mir eines der wertvollsten ist und deshalb beständig in der Nähe meines Schreibtisches sich herumtreiben muss, wieder einmal vorgenommen und die alten schönen Tage neu belebt hatte. [164]

Als der erste Weltkrieg begonnen hatte, konnte Ostwald viele seiner Pläne und Hoffnungen nicht mehr verwirklichen.

W. Ostwald gehörte nicht zu jener sehr kleinen Gruppe von Menschen in Deutschland, die nicht von dem chauvinistischen Taumel vergiftet war und den Mut hatte, ihre Stimme gegen den verbrecherischen, vom deutschen Imperialismus begonnenen Krieg zu erheben. Unter den deutschen Gelehrten waren das nur A. Einstein und ein paar andere.

Ostwald war mit unter den 93 bedeutenden Wissenschaftlern und Kulturschaffenden (wie auch E. Haeckel, W. Nernst u. a.), die bald nach Kriegsausbruch einen „Aufruf an die Kulturwelt“ unterzeichneten; darin wurde das Vorgehen der deutschen Militaristen gerechtfertigt, die Regierungen der Länder, mit denen Deutschland im Krieg war, wurden verurteilt. In diesem Appell wird Wilhelm II. als „Garant des Friedens für die

ganze Welt" bezeichnet, der deutsche Militarismus als eine Kraft, die die Existenz und das Aufblühen der deutschen Kultur garantiere.

Ostwald wandte sich mit einem Aufruf, alle Kraft für den Sieg Deutschlands einzusetzen, an die Mitglieder der Monistenunion.

Die chauvinistische Atmosphäre hatte das Bewusstsein einiger deutscher Wissenschaftler derart vergiftet, dass sie sich aktiv in die Arbeiten zur Stärkung des deutschen Kriegspotentials einschalteten. Viele bedeutende Chemiker (z. B. F. Haber²³) beteiligten sich an umfassenden Untersuchungen zum Studium und zur militärischen Anwendung von Giftstoffen. Andere deutsche Wissenschaftler (z. B. Nernst und seine Schüler) arbeiteten mit nicht geringerem Eifer als Haber auf anderen Gebieten daran, die militärische Stärke Deutschlands zu erhöhen.

Diese allgemeine Stimmung, die während des Krieges unter der wissenschaftlich-technischen Intelligenz Deutschlands herrschte, hatte auch Ostwald erfasst, obwohl er selbst nicht an militärisch wichtigen Forschungen teilnahm.

1914, während eines Aufenthalts in Schweden, gab Ostwald dem Korrespondenten einer Stockholmer Zeitung ein Interview, in dem er seine Meinung über den Aufbau des Nachkriegseuropas darlegte. Dabei äußerte er den Gedanken einer Föderation der baltischen Staaten unter der Obhut Deutschlands.

Es ist klar, dass dieses Interview Ostwalds eine äußerst negative Reaktion der skandinavischen Öffentlichkeit zur Folge hatte, aber auch die extremistischen Kreise in Deutschland, die weitgehende Pläne zur radikalen Umgestaltung der Welt unter dem Diktat Deutschlands hegten, waren nicht damit zufrieden.

Als die fortschrittlichen deutschen Wissenschaftler der Vereinigung „Kulturbund deutscher Gelehrter und Künstler“ den Inhalt dieses Interviews erfuhren, verurteilten sie Ostwald ebenfalls aufs schärfste. Über das Verhältnis der Mitglieder dieser Vereinigung zu den politischen Äußerungen Ostwalds erfahren wir aus einem Brief von Planck an Arrhenius vom 15. November 1914:

Vor allem liegt uns daran, neben unserer Missbilligung auch der Befürchtung Ausdruck zu geben, dass Ihr Kollege Ostwald durch den von ihm getanen Schritt den Zwecken des Kulturbundes, dem er selbst als Mitglied angehört, recht empfindlichen Schaden bereitet haben möchte. Denn wenn schon diesem Bunde überhaupt nichts ferner liegt, als Politik zu treiben, so ist es uns erst recht unerwünscht, wenn der Kulturbund mit Lobeserhebungen über die Höhe der deutschen Kultur in Verbindung gebracht wird, oder wenn gar versucht wird, mit Bezugnahme auf ihn den Neutralen Ratschläge für ihre eigene Politik zu geben, noch dazu, wenn dieselben so durchsichtig das deutsche Interesse durchblicken lassen, und wir begreifen vollkommen, dass die Neutralen sich derartige Versuche auf das entschiedenste verbitten.

Wie leid es mir persönlich tut, dass Ihr Kollege Ostwald, mit dem mich wissenschaftlich trotz aller Meinungsverschiedenheiten so viel verbindet; sich von seinem einseitigen Monismus so weit treiben lässt, brauche ich kaum besonders zu betonen,

Was wir im Kulturbund anstreben, ist nicht mehr, aber auch nicht weniger, als die Unterstützung aller derjenigen Bestrebungen, welche darauf abzielen, der Wahrheit Anerkennung zu verschaffen - Bestrebungen, bei denen sich alle wirklich Gutgesinnten, mögen sie sich nun

²³Als nach Beendigung des Krieges E. Rutherford auf irgendeinem internationalen Forum mit F. Haber zusammentraf, weigerte er sich wegen Habers "Verdiensten" um die Anwendung von Giftstoffen zu militärischen Zwecken, diesem die Hand zu geben.

Deutsche, Schweden, Engländer, Franzosen oder Russen nennen, notwendig zusammenfinden müssen. Allerdings wird die Frage: Was ist Wahrheit? in sehr vielen wichtigen Fällen vorläufig gar nicht zu beantworten sein; aber das darf uns nicht abhalten, trotzdem fortwährend nach der Wahrheit zu suchen... andererseits wissen wir ebenso gut, dass nach dem Krieg ein Frieden kommen muss, und dass dann gerade den Gelehrten in vorderster Linie die Aufgabe zufallen wird, die abgerissenen Fäden wieder anknüpfen zu helfen. Hier mitzuarbeiten, die noch vorhandenen Reste internationaler Achtung sorgfältig zu pflegen und einer durch leidenschaftliche Verleumdungen genährten Verbitterung und Vergiftung der öffentlichen Meinungen, so weit es möglich ist, entgegenzuwirken, betrachten wir als unsere Aufgaben.

Nach dieser Geschichte, die ihm nicht wenig Kummer einbrachte, hörte Ostwald auf, sich aktiv in die Politik einzuschalten, und lebte von da an ständig auf seinem Landsitz „Energie“ in Großbothen.

Ostwald hat später darauf hingewiesen, dass er während des Krieges in keinerlei Weise an der Vorbereitung militärischer Aktionen teilgenommen habe. Bei den Arbeiten zur Herstellung von Salpetersäure über die Oxydation von synthetischem Ammoniak wurde Ostwald, wie er schreibt, aus ihm unbekannten Gründen nicht mit herangezogen. Während des Krieges wurde ihm von der militärischen Führung nur ein Angebot gemacht - er sollte an der Entwicklung von Methoden zur Ortung von Minen mitarbeiten. Da das aber für ihn ein zu fremdes Arbeitsgebiet war, lehnte er ab.

2.6 Die letzten Jahre

Wir nähern uns dem Ende von Wilhelm Ostwalds Lebensweg.

Der Krieg hatte dem ökonomischen und kulturellen Leben Deutschlands schwere Wunden zugefügt. Zwei Millionen Deutsche waren an der Front ums Leben gekommen. Im Land herrschten Not und Hunger. Die Inflation verstärkte sich. Die Industrieproduktion ging zurück, die Landwirtschaft war in einer sehr schwierigen Lage. Nicht anders sah es bei den Verbündeten Deutschlands aus.

So fand das Beispiel der russischen Arbeiter, Bauern und Soldaten, die im Oktober 1917 unter der Führung der Bolschewiki den Krieg durch den bewaffneten Aufstand beendet hatten, gerade in Deutschland und Südosteuropa starken Widerhall. Im November hatte sich die Situation so zugespitzt, dass sich Arbeiter- und Soldatenräte bildeten, die im Verlauf weniger Tage im ganzen Reichsgebiet die Macht übernahmen.

Der Kaiser und alle deutschen Könige und Fürsten wurden gestürzt. Die herrschenden Klassen Deutschlands konnten jedoch mit Hilfe der rechten Sozialdemokraten in den folgenden harten Klassenkämpfen die Oberhand behalten; es begann die Zeit der Weimarer Republik.

Ostwalds Familie wurde vom Krieg wenig betroffen. Seine Kinder blieben am Leben. Ersparnisse waren vorhanden. Ostwald zeigte kein besonders tiefes Verständnis für die Situation, die in Europa nach dem ersten Weltkrieg entstanden war.

Sein Verhältnis zur deutschen Revolution von 1918 und zum Sturz des Kaisers drückte er auf folgende Weise aus:

... Ich begrüße die Fürstenenteignung - sie haben das schon deshalb verdient, weil sie die Re-

volution nicht verhindern konnten.

Die Revolution brachte jedoch seiner Meinung nach keine Verbesserung der Lebensbedingungen für das Volk und rief wachsende innere Meinungsverschiedenheiten hervor. In seinem Verhältnis zur Revolution teilte Ostwald damit die trivialen Vorurteile breiter Kreise der bürgerlichen Intelligenz.

Für einen Mangel der deutschen Revolution hielt er auch, dass nichtkompetente Männer, die den Staat nicht regieren könnten, an die Macht gekommen wären. Den alten Professor, der an die ein für allemal bestehende „Ordnung“ gewöhnt war, schreckte das Durcheinander, das im Lande herrschte.

In den 20er Jahren tobte im Inneren Deutschlands ein schwerer politischer Kampf, der zuweilen tragisch verlief. So hatte im Jahre 1919 das gesamte fortschrittliche Deutschland Karl Liebknecht und Rosa Luxemburg zu Grabe getragen, die von der Konterrevolution bestialisch ermordet worden waren.

1923 geriet Deutschland im Zusammenhang mit der Besetzung des Ruhrgebiets durch Frankreich und Belgien in eine schwere politische Krise. In Hamburg kam es unter der Führung Ernst Thälmanns zu einem Aufstand, der von Regierungstruppen unterdrückt wurde. Auf Anordnung des Regierungschefs G. Stresemann begann eine Kommunistenverfolgung. Ende 1923 wurde die KPD verboten.

1925 wurde Feldmarschall Hindenburg zum Präsidenten der Republik Deutschland gewählt. Von diesem Moment an begann ein bedrohliches Anwachsen der revanchistischen Bestrebungen der deutschen Bourgeoisie, nahm die Restaurierung des militärisch-industriellen Potentials des Landes ihren Anfang.

Das Echo all dieser Ereignisse kam auch bis zu Ostwald (meist aus den Zeitungen), und er zeigte eine gewisse Teilnahme daran.

Das gesunde Selbstbewusstsein des „patriotisch“ gesinnten Professors, der in den Jahren 1914 bis 1916 von der Macht der deutschen Armee begeistert gewesen war, war in diesen Jahren von Niedergeschlagenheit und Enttäuschung abgelöst worden. Die an den Fronten vergossenen Ströme von Blut (Ostwald wusste sehr wohl, dass die Söhne vieler seiner Freunde ums Leben gekommen waren) hatten die chauvinistische Glut gelöscht.

Die zügellosen Militaristen, die während des Krieges ihre gierigen Pläne zur Versklavung anderer Völker nicht verborgen hatten, riefen in den Nachkriegsjahren bei Menschen wie Ostwald Abscheu und Ablehnung hervor.

Die Folgen der Politik des kaiserlichen Deutschlands waren zu schwerwiegend, als dass man hätte übersehen können, wohin die aufs neue ausgesprochenen revanchistischen Pläne führen würden.

1923 fanden in Deutschland die ersten Reichstagswahlen der Nachkriegszeit statt. In Großbothen kandidierten Vertreter von zwei Parteien, den Sozialdemokraten und den Deutschnationalen. Einer der Assistenten, die in den 20er Jahren bei Ostwald arbeiteten, schreibt:

Ich erinnere mich, wie er im Jahre 1923, bei den ersten Reichstagswahlen nach dem Krieg, in dem kleinen Ort Großbothen eine Sensation auslöste. Er hielt eine Rede, welche mit den Worten

endete: ‚Wenn ich die Wahl zwischen diesen zwei Parteien habe, so sage ich dem Nationalismus nein und wähle besser den Sozialismus‘. Das war natürlich für einen Herrn Professor und Geheimrat, für einen reichen Mann etwa sehr Ungewöhnliches. [129]



Abb. 12. W. Ostwald an der Werkbank in seinem Landhaus "Energie"

In den 20er Jahren blieb Ostwald gleich arbeitsam und tätig wie früher. Er schrieb an seine Freunde: „Die Herbsttage des Lebens haben auch ihre Schönheiten.“

Im Frühjahr 1920 teilte Ostwald Arrhenius mit:

Ich habe hier in Großbothen eine kleine Fabrikation neuer Lehr- und Arbeitsmittel für Volks- und Gewerbeschulen eröffnet, die mein jüngster Sohn Otto leitet. Schon jetzt sind gewisse Fortschritte erkennbar, und man kann auf einen zukünftigen Erfolg hoffen. [164]

Ostwalds 70. Geburtstag rückte näher. Seine Schüler und Mitarbeiter taten alles nur Erdenkliche, um ihrem Lehrer Freude zu bereiten. Im Mai und Juni 1923 versandten sie Briefe an alle Wissenschaftler, die irgendwann einmal unter Ostwalds Leitung gearbeitet hatten. Ein solcher Brief kam auch in die Sowjetunion, an Prof. W. A. Kistjakowski. Am 16. Juni 1923 schrieb ihm C. Drucker aus Leipzig:

Wie Sie wahrscheinlich wissen werden, wird. Prof. W. Ostwald am 2. September dieses Jahres 70 Jahre alt. Einige seiner ehemaligen Schüler, die ihm damit ihre Verbundenheit beweisen wollen, haben sich an den Unterzeichneten mit dem Vorschlag gewandt, dem verehrten Lehrer eine Grußadresse zu überreichen. Darin sollen die Glückwünsche all derer, die als Freunde und Schüler mit ihm zusammengearbeitet haben oder aus irgendwelchen anderen Gründen seines Geburtstags gedenken wollen, zum Ausdruck kommen.

Deshalb wenden wir uns auch an Sie mit der Bitte, sich unserer Grußadresse anzuschließen bzw. Ihr Einverständnis zu erklären, dass wir Ihren Namen darunter setzen, und uns außerdem eine signierte Photographie von sich zu schicken, auf der auch angegeben sein sollte, in welchen Jahren Sie an Ostwalds Institut waren...

Schließlich wären wir Ihnen außerordentlich verbunden, wenn Sie diesen Aufruf mündlich weitergeben würden, denn es ist durchaus möglich, dass uns hier nicht alle Personen bekannt sind, an die man ihn richten müsste. [171, Nr. 57]

Auf diesen Brief hin schickte Kistjakowski einen herzlichen Glückwunsch an Ostwald,

in dem er schrieb:

34 Jahre sind vergangen, seit ich unter Ihrer erfahrenen Leitung im physikalisch-chemischen Laboratorium der Leipziger Universität meine ersten Schritte in der Wissenschaft machte.

Sehr geehrter Herr Professor, Sie waren der Mittelpunkt höchster wissenschaftlicher Bestrebungen, und wir alle lebten damals in einer fesselnden Atmosphäre der Wissenschaft. [171, Nr. 58]

Am 2. September bekam der Jubilar Ostwald viele Glückwünsche von Freunden und Kollegen aus den verschiedensten Ländern. Als Antwort auf Arrhenius' Glückwunsch aus Schweden schrieb Ostwald am 17. September 1923:

Mein lieber Svante!

Dem gedruckten Dank lasse ich den geschriebenen folgen, um Dir zu sagen, wie herzlich mich Dein treues Gedenken gefreut hat. Können wir doch beide auf ein ganzes Menschenleben voll gemeinsamer Arbeiten und Kämpfe zurückschauen, in welchem nie ein Missklang das gegenseitige Vertrauen und die Freundschaft getrübt hat, die unsere Tage erhellt hat. Und wenn auch nach den großen Jahren, wo wir das gleiche bearbeitet und gelegentlich auch gedüngt haben, jeder von uns einen etwas anderen Weg gegangen ist, so war doch unser 'Verhältnis' schon so fest begründet, dass es dadurch nicht beeinflusst werden konnte.

Der Geburtstag verlief in jeder Beziehung sonnig. Meine Kinder und Enkel nebst Frauen waren alle da; zusammen 9 von der zweiten und 9 von der dritten Generation, Auch alte Freunde aus Leipzig und Berlin waren gekommen, dazu hundert und einige Briefe und Telegramme. Dazu sind meine Farbarbeiten eben an einem wichtigen Punkt angekommen, so dass ich wie in jenen Leipziger Tagen alle Hände voll zu tun habe, was mit den bereits überschrittenen 70 Jahren nicht stimmen will...

Mit den herzlichsten Grüßen von Haus zu Haus

Dein Wilhelm Ostwald [164]

In einem Brief vom 9. Juni 1913 hatte Ostwald gesagt:

Ich habe nun wohl genug Bücher verfasst und denke, die Welt wird nicht daran zugrunde gehen, wenn ich endlich damit Schluss mache.

Ostwald machte aber nicht Schluss „damit“. 1923 nahm er sich vor, ein letztes Buch zu schreiben, in dem er ausführlich über seinen Lebensweg berichten wollte. Er bewahrte in seinem Gedächtnis eine Unmenge von Ereignissen und interessanten Begegnungen mit bedeutenden Menschen.

Vor seinem geistigen Auge erstanden die ungezählten Freunde, Schüler und Kollegen, mit denen er in den 80er bis 90er Jahren die moderne physikalische Chemie entwickelt hatte. Einige davon (van't Hoff, Abegg, Jones) weilten schon nicht mehr unter den Lebenden. 1927 traf aus Schweden eine besonders schmerzliche Nachricht ein:

Sein alter Freund Svante Arrhenius war gestorben. In Ostwald wurden alle Erinnerungen lebendig, wie er zusammen mit Arrhenius für die Theorie der elektrolytischen Dissoziation gekämpft hatte.

All dies und noch vieles andere hielt Ostwald in den drei Bänden seiner Autobiographie fest, die in den Jahren 1926 bis 1927 herauskamen. Dieses Buch ist bis heute eine sehr interessante Lektüre und eine reiche Quelle für jeden Ostwald-Biographen.

Der letzte Akt in Ostwalds Schaffen ist ein Buch über Goethe, das 1932, schon nach dem Tod des Autors, erschienen ist.

Wilhelm Ostwald starb am 4. April 1932 im Alter von 79 Jahren.



Abb. 13. Das Grab W. Ostwalds im Park des Landhauses „Energie“

21 Jahre danach, am 27. August 1953, fasste das Präsidium des Ministerrats der Deutschen Demokratischen Republik einen Beschluss, über den wir in einem Brief von Ministerpräsident Otto Grotewohl an Ostwalds Tochter Grete²⁴ vom 7. September 1953 lesen:

Die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik hat dem Vorschlage der Deutschen Akademie der Wissenschaften entsprochen und beschlossen, anlässlich des 100. Geburtstages des großen deutschen Naturwissenschaftlers Wilhelm Ostwald am 2. 9. 1953 das Haus ‚Energie‘ in Großbothen als ‚Wilhelm-Ostwald-Archiv und -Forschungsstätte‘ in die Deutsche Akademie der Wissenschaften zu übernehmen und in diesem Hause ein Forschungsinstitut für die Farblehre einzurichten ...

²⁴Grete Ostwald kommt das Verdienst zu, das wissenschaftliche Erbe des Vaters bewahrt und systematisiert zu haben. Sie behütete in den Kriegsjahren sein Archiv und das Landhaus „Energie“ und übergab das gesamte Erbe Ostwalds der Regierung der DDR.

3 Der Forscher

Ostwald begann seine wissenschaftliche Laufbahn in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Diese Zeit erwies sich als ausgesprochen günstig. Der „Garten“ der physikalischen Chemie war noch nicht erblüht, aber die Bäume waren schon von den vorsorglichen Händen von Wissenschaftlern vorhergehender Generationen gepflanzt worden.

Der Entstehungsprozess der physikalischen Chemie als selbständige Wissenschaft an der Grenze zwischen Chemie und Physik war langwierig [172]. Er begann schon im 18. Jahrhundert und zeigt sich deutlich in den Arbeiten M. W. Lomonossows, der mehrfach betonte: „Meine Chemie ist eine physikalische Chemie!“

Eine Reihe bedeutender physikalisch-chemischer Forschungen wurde in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausgeführt. So erstklassige Gelehrte wie Dalton, Avogadro, Berzelius, Davy, Grothus, Gay-Lussac, Kopp, Regnault und Heß waren im Grunde genommen Physikochemiker - mit ihren Entdeckungen bereicherten sie gleichzeitig die Chemie und die Physik.

Mit der Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung und Umwandlung der Energie (1842 durch Mayer bzw. Joule) erhielten physikalisch-chemische Forschungen eine sichere theoretische Basis, und ihr Umfang nahm laufend zu.

In den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts zeichnete sich eine weitere Annäherung zwischen Physik und Chemie ab. Der Grund dafür war, dass aus der Chemie atomistische Vorstellungen in die Physik hinüberzuwandern begannen. Die erste Form der physikalischen Atomistik war die kinetische Gastheorie, die später großen Einfluss auf die Entwicklung der physikalischen Chemie hatte.

In der Chemie war nach den klassischen Arbeiten von Sainte-Claire-Deville über die thermische Dissoziation von chemischen Verbindungen die Suche nach Verfahren und Methoden zur Realisierung solcher Prozesse in den Vordergrund gerückt. Die Entwicklung dieser Richtung führte zur Herausbildung der chemischen Statik und schließlich auch dazu, dass der erste und später auch der zweite Hauptsatz der Thermodynamik in die Chemie Eingang fanden.

Grundlage für die sich mit den Jahren immer mehr vertiefende Annäherung von Physik und Chemie war die Erforschung der Gleichgewichtszustände als eines bestimmten Aspekts jedes chemischen Vorgangs.

Die Vorstellungen über das chemische Gleichgewicht entwickelten sich, beginnend in den 50er Jahren, auf dem Boden der Atom- und Molekültheorie. Die erste bedeutende Arbeit in dieser Richtung stammt von Williamson (1851).

Es war also nicht nur so, dass in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts physikalisch-chemische Ideen „in der Luft lagen“ - nein, ihre Auswirkungen waren schon in der Chemie zu spüren. Deutliches Zeugnis dafür sind die Arbeiten von Berthelot, Guldberg und Waage, Thomsen sowie Mendelejew.

Diesen Wissenschaftlern war schon deutlich bewusst, dass die Chemie sich nicht länger lediglich auf die Beschreibung von Eigenschaften und Zusammensetzung der verschiedenen chemischen Verbindungen und auf ihre Darstellung beschränken durfte

- sie musste es sich auch zur Aufgabe machen, die Abhängigkeit des Verlaufs chemischer Reaktionen von verschiedenen Faktoren (Temperatur, Medium, Druck) zu erforschen, Gesetze zu finden, auf denen die chemischen Wechselwirkungen beruhten.

Zur Bewältigung dieser neuen Aufgaben mussten sich die Chemiker neue physikalische Untersuchungsmethoden aneignen, Methoden der Berechnung und der theoretischen Erklärung von Fakten, die auf der breiten Anwendung physikalischer und mathematischer Grundsätze beruhten.

Das war der Zeitpunkt in der Geschichte der physikalischen Chemie, als Wilhelm Ostwald seine Arbeit begann.

Ostwalds Freunde und Kollegen haben oft auf seine Fähigkeit, neue Ideen im Handumdrehen aufzugreifen und kühn weiterzuentwickeln, hingewiesen. So lesen wir bei Ostwald selbst:

Ich habe von Anfang an das gute Glück gehabt, meine Kraft an solche Probleme zu wenden, für deren Verwirklichung der Boden hinreichend vorbereitet war... Das deutlichste Beispiel ist die Entwicklung der physikalischen Chemie, für welche eine ganze Summe von günstigen Umständen kurze Zeit nach meiner ersten Beschäftigung mit ihr sich zusammenfanden. [67, S. 9]

3.1 Der Beginn der wissenschaftlichen Tätigkeit

Ostwald erkannte die neue physikalisch-chemische Strömung wahrscheinlich schon ganz am Anfang seiner wissenschaftlichen Laufbahn. Hierbei halfen ihm in nicht geringem Maße auch die Ratschläge von J. Lemberg, die ihn anregten, in dieser neuen Richtung zu arbeiten. Die Probleme der analytischen und präparativen Chemie, mit deren Methoden er durch seine Arbeit bei C. Schmidt vertraut gemacht wurde, waren für den jungen Wissenschaftler offensichtlich nicht von solchem Interesse.

Einen neuen Stoff lediglich herzustellen, seine Zusammensetzung und Eigenschaften zu studieren - all das interessierte den jungen Ostwald nur in geringem Maße. Viel stärker fühlte er sich zu einem anderen Problem hingezogen, nämlich zu der Frage, warum bestimmte Stoffe miteinander reagieren, zur chemischen Verwandtschaftslehre. Schon allein diese Wahl des wissenschaftlichen Themas charakterisiert Ostwald als Wissenschaftler mit einer ausgeprägten Individualität und unabhängigen Denkweise. Sehr großen Eindruck hatte die Arbeit „Untersuchungen über die chemischen Affinitäten“ der beiden norwegischen Wissenschaftler C. M. Guldberg und P. Waage auf Ostwald gemacht, die 1867 in französischer Sprache veröffentlicht worden war [173]. In dieser klassischen Arbeit wurde erstmals das Massenwirkungsgesetz mathematisch formuliert.

C. M. Guldberg und P. Waage nahmen an, dass die zwischen zwei miteinander reagierenden Stoffen A und B wirkende „Hauptkraft“ sich durch das Produkt $k \cdot p \cdot q$ ausdrücken lasse, wobei p und q die „wirkenden Massen“ (Massen pro Volumeneinheit) der Stoffe A und B sind und der Proportionalitätskoeffizient k einen „Affinitätskoeffizienten“ darstellt.

Der gleiche Ausdruck gelte für die „Hauptkraft“ der entgegengesetzten Reaktion; im

Gleichgewichtszustand seien diese Kräfte einander gleich, $k \cdot p \cdot q = k' \cdot p' \cdot q'$. Das ist der mathematische Ausdruck für das Massenwirkungsgesetz. Guldberg und Waage beendeten ihre Arbeit mit folgenden Worten:

Die Untersuchungen auf diesem Gebiet sind zweifellos schwieriger, langwieriger und weniger fruchtbar als die Arbeiten, welche gegenwärtig die meisten Chemiker beschäftigen, nämlich die Entdeckung neuer Verbindungen. Indes kann unserer Ansicht nach nichts die Chemie schleuniger in die Zahl der wirklich exakten Wissenschaften einreihen, als gerade die Untersuchungen, mit denen sich diese Arbeit beschäftigt. Alle unsere Wünsche wären erfüllt, wenn es durch diese Arbeit gelänge, die nachhaltige Aufmerksamkeit der Chemiker auf einen Zweig der Chemie zu lenken, der zweifellos seit dem Beginn dieses Jahrhunderts über Gebühr vernachlässigt ist. [158, S. 125]

Dieser Ruf der norwegischen Gelehrten wurde von Wissenschaftlern verschiedener Länder aufgegriffen. Der erste war J. Thomsen, ein dänischer Thermochemiker, der schon 1869 das Massenwirkungsgesetz bei der Untersuchung der Verteilung einer Base zwischen zwei Säuren anwendete.

Er ging dabei von den Neutralisationswärmen gegebener Mengen Base durch überschüssige Mengen des Säuregemischs aus. Später, 1873, erschien in Deutschland eine Arbeit von A. Horstmann über die Thermodynamik der Dissoziation, durch die die Schlussfolgerungen von Guldberg und Waage bestätigt wurden. Drei Jahre später schloss sich auch Ostwald den Untersuchungen dieser Richtung an.

1876 erschien der erste Artikel von ihm mit dem Titel "Volumchemische Studien". Ostwald bezeichnete den Aufsatz von Guldberg und Waage als „epochemachend in der Geschichte der Verwandtschaftslehre“ und schrieb darüber:

Die Schrift von Guldberg und Waage ... enthält nicht sowohl eine vollständige Theorie der chemischen Verwandtschaft als wesentlich die Lösung eines besonderen Problems, der Massenwirkung. Es ist aber diese Lösung so schön und einfach und so übereinstimmend mit den verschiedenartigsten Versuchen, dass obiges Urteil wohl gerechtfertigt ist. [2, S. 386/87]

W. Ostwald stellte sich die Aufgabe, die Gleichgewichtszustände zu erforschen, die sich bei der Verteilung einer Base zwischen zwei Säuren mit unterschiedlicher Affinität zu dieser Base oder bei der Verteilung einer Säure zwischen zwei Basen einstellen.

Das bedeutet, dass W. Ostwald dasselbe Problem wie auch J. Thomsen in Angriff nahm, nur bestimmte er die Verteilung aus der Volumenänderung bei der Neutralisation.

Dem gleichen Thema war auch die Magisterdissertation W. Ostwalds gewidmet; hier lautete die Aufgabenstellung, die chemische Affinität durch die Ermittlung der quantitativen Verteilung von Basen zwischen verschiedenen Säuren über die Dichten der entsprechenden Lösungen zu bestimmen [3].

W. Ostwald goss zwei verschiedene Lösungen, die miteinander in Reaktion traten, zusammen. Nach der Reaktion hatte sich das Molvolumen der Lösung verändert, es entsprach nicht der Summe der Ausgangsmolvolumina. Mit Hilfe eines Sprengel-Pyknometers führte Ostwald sehr genaue Messungen aus (bis in die fünfte Dezimale genau).

In der Doktordissertation „Volumchemische und optisch-chemische Studien“ (1878)

nahm Ostwald zur Untersuchung seines Problems auch noch optische Methoden zu Hilfe [4]. Er zeigte, dass im Massenwirkungsgesetz

$$\frac{p_1 \cdot q}{p \cdot q_1} = \frac{k}{k_1} = K_2$$

wo p, q, p_1 und q_1 , die aktiven Massen (also die Konzentrationen) der vier Stoffe des Gleichgewichtssystems sind, die Affinitätskoeffizienten k und k_1 von zwei Faktoren bestimmt werden. Er erklärte das auf folgende Weise:

Indem ich quantitativ die Verteilung von Basen zwischen verschiedenen Säuren mit Hilfe physikalischer Eigenschaften, als da sind die Dichte und die Lichtbrechung, bestimmt habe, und indem ich mich auch auf chemische Erscheinungen gestützt habe, bin ich zu dem Schluss gelangt, dass die Kraft der chemischen Verwandtschaft zwischen einer Säure und einer Base durch das Produkt zweier Faktoren hervorgerufen wird, von denen der eine nur von der Säure, der andere nur von der Base abhängig ist.

Diese Faktoren habe ich Affinitätskoeffizienten genannt; sie drücken das in Zahlen aus, was man gewöhnlich unbestimmt als „Stärke“ oder „Schwäche“ von Säuren oder Basen bezeichnet. Jedem Körper entspricht also hinsichtlich der chemischen Wirkungen, die er auslöst, irgendein zahlenmäßiger Koeffizient, der genau so ihm eigen und genau so charakteristisch für diesen Körper ist wie auch sein Teilchengewicht (d. h. Molekulargewicht - Aut.). [6, S. 512-513]

Indem er diese Ideen weiterentwickelte, kam Ostwald zu der irrigen Ansicht, es bestehe ein Zusammenhang zwischen der „Verwandtschaft“ und der Reaktionsgeschwindigkeit. Ausgehend von den von mir vorgeschlagenen Affinitätskonstanten findet man unter Anwendung des Massenwirkungsgesetzes von Guldberg und Waage, dass sich die Geschwindigkeiten chemischer Reaktionen zueinander wie die Quadrate der ihnen entsprechenden Affinitätskonstanten verhalten müssen.²⁵

... Die Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit macht es also möglich, die in Wechselwirkung tretenden Verwandtschaftskräfte zu messen. Wenn, wie oben erwähnt, die chemische Verwandtschaft eine Eigenschaft des betreffenden Stoffes ist, so müssen analoge Stoffe bei verschiedenen Reaktionen mit Geschwindigkeiten, die einander proportional sind, reagieren, und jede Reaktion, deren Ablauf und Geschwindigkeit genau gemessen werden können, ist somit zur Messung der Affinitätskonstanten der wechselwirkenden Körper geeignet. [6, S. 513]

1879 veröffentlichte der englische Chemiker Pattison Muir eine Übersicht über alle Arbeiten zur chemischen Affinität [174]. Er bezog auch Ostwalds Arbeiten in diese Übersicht ein und bewertete sie positiv.

Dass den Arbeiten eines Anfängers solche Anerkennung und Aufmerksamkeit zuteil wurde, beflügelte Ostwald außerordentlich. Noch überzeugter als zuvor setzte er seine Arbeit in der begonnenen Richtung fort und hoffte, das Problem der chemischen Affinität lösen zu können, aber das erwies sich als viel schwieriger, als Ostwald angenommen hatte.

²⁵Hieraus folgte Ostwald, dass der Affinitätskoeffizient gleich der Quadratwurzel aus der Gleichgewichtskonstanten der Reaktion sei:

$$k = \sqrt{K_c}$$

Wie sich später herausstellte, waren viele seiner theoretischen Vorstellungen falsch.

Durch die Theorie der elektrolytischen Dissoziation erfuhren Ostwalds experimentelle Befunde eine ganz andere Ausdeutung.

Schon gegen Ende der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts stellte sich heraus, dass die chemische Affinität von spezifischer Natur ist und nicht einfach vom Gewicht der reagierenden Komponenten abhängt. Auch die Annahme, die Dauer einer chemischen Reaktion (d. h. ihre Geschwindigkeit) könne als Maß für die Affinität herangezogen werden, erwies sich als falsch, denn es stellte sich heraus, dass die Geschwindigkeit einer chemischen Umwandlung nicht nur von der Natur der reagierenden Stoffe, sondern auch von vielen anderen Veränderlichen wie Temperatur, Medium, Katalysatoreinfluss, Anwesenheit von Verunreinigungen u. dgl. abhängig ist.

3.2 Die „Zeitschrift für physikalische Chemie“

Ende 1885 hatte Ostwald die Idee, eine neue Zeitschrift über physikalische Chemie herauszubringen. Man kann nicht behaupten, dass er als erster auf diese Idee gekommen sei - von 1820 bis 1824 hatte Gilbert in Deutschland die „Annalen der Physik und physikalischen Chemie“ herausgegeben. Auch in so bekannten Zeitschriften wie in den „Annalen der Physik und Chemie“, die von Poggendorf und später von Wiedemann herausgegeben wurden, den „Berichten der Deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin“ und der „Zeitschrift der Russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft“²⁶ sowie vielen anderen wurden Arbeiten von physiko-chemischem Charakter abgedruckt.

Für Ostwald aber waren diese soliden Zeitschriften die Publikationsorgane der „alten“ Chemie und Physik. Die neue, junge physikalische Chemie musste seiner Meinung nach ihre eigene Zeitschrift haben.

Ostwald verfügte über hervorragende organisatorische Fähigkeiten und die klare Erkenntnis, dass die Physikochemiker der neuen Generation ein Publikationsorgan brauchten. So fand er schon bald einen Verleger und erhielt auch Unterstützung bei seinen Fachkollegen.

Anfang des Jahres 1886 wandte er sich nach Amsterdam an van't Hoff, mit dem er bereits in Korrespondenz stand und den er als hochtalentierten Forscher sehr schätzte, mit der Bitte, an der neuen Zeitschrift als Mitherausgeber und Redaktionsmitglied mitzuwirken. Van't Hoff erklärte sich einverstanden. Das war ein großer Erfolg für Ostwald, denn van't Hoff veröffentlichte bald darauf in der neuen Zeitschrift eine Reihe von Arbeiten, die die Aufmerksamkeit der Chemiker in aller Welt auf sie lenkten.

Anschließend wandte sich Ostwald an bekannte Gelehrte in England, Frankreich, Russland und Italien und schlug ihnen ebenfalls vor, sich an der Herausgabe der neuen

²⁶1876 machte D. I. Mendelejew den Vorschlag, die chemische und die physikalische Gesellschaft zu einer physikalisch-chemischen Gesellschaft mit einer gemeinsamen „Zeitschrift der Russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft“ zu vereinen. Als Motivation seines Vorschlags schrieb er: „Trennt man diese Wissenschaften schon lange voneinander? Es gibt viel Gemeinsames im Gegenstand, auf Schritt und Tritt finden sich Übergänge. Deshalb war seiner Meinung nach eine Vereinigung der Chemiker und Physiker nötig, um durch vereinte Anstrengungen die anstehenden physikalisch-chemischen Probleme zu lösen.“

Zeitschrift zu beteiligen.

Auch ein Brief Ostwalds an D. I. Mendelejew ist erhalten geblieben, den er 1886 in Riga geschrieben hat. Den Text dieses überaus interessanten Briefes führen wir hier vollständig an, denn er schildert die Absichten des Begründers der neuen Zeitschrift:

Verehrter Herr Kollege!

Mit dem neuen Jahre beabsichtige ich, nach Beendigung meines Lehrbuches eine Zeitschrift für allgemeine (physikalische) Chemie ins Leben zu rufen. Dieselbe wird einen ziemlich internationalen Charakter haben und soll ein gemeinsames Organ für alle Vertreter dieses jungen Wissenschaftszweiges sein. Darf ich die Hoffnung hegen, dass auch Sie, verehrter Herr, das Unternehmen durch Zusendung von Beiträgen sowie dadurch stützen wollen, dass Sie gestatten, Ihren Namen unter denen der Mitbegründer des Unternehmens zu nennen?

Ich erlaube mir diese Bitte, weil ich den dringenden Wunsch hege, der beklagenswerten Zersplitterung physikalisch-chemischer Arbeiten durch die Zeitschrift abzuhelpen. Dazu aber ist nötig, dass die Fachgenossen möglichst geschlossen vorgehen, und dies wird am sichersten erreicht, wenn Namen vom Klange des Ihrigen sich mit dem neuen Unternehmen verbinden.

In der Hoffnung, keine Fehlbitte zu tun, bin ich

Ihr ergebener

W. Ostwald, Professor am Polytechnikum zu Riga [175]

Auch N. A. Menschutkin, Professor an der Universität Petersburg, erhielt einen Brief von Ostwald. Ostwald schrieb darin:

Schon lange habe ich den Plan gefasst, nach Abschluss der Arbeiten an meinem Lehrbuche eine Zeitschrift der allgemeinen (physikalischen) Chemie zu begründen, um darin die zersplitterten Arbeiten aus diesem Gebiet zu sammeln. Jetzt gelangt dieser Plan zur Ausführung, und ich erlaube mir, Sie um eine Stützung des Unternehmens durch Zusendung von Beiträgen sowie indem Sie Ihre jungen Landsleute, die im gleichen Gebiet arbeiten, zu demselben anregen, zu bitten.

Meine Unternehmung wird von allem Anfang an internationalen Charakter haben, denn Gelehrte aus Italien, Holland, Schweden, Dänemark und England haben ihre Teilnahme zugesagt. Ich denke, ich muss mich nicht über den Nutzen einer solchen Unternehmung für die Ausarbeitung und Entwicklung unserer Wissenschaftsdisziplin auslassen. Den größten Nutzen wird sie natürlich bringen, wenn die beteiligten Gelehrten im Rahmen des Möglichen einheitlich auftreten. Ich wäre Ihnen außerordentlich verbunden, wenn Sie mir gestatteten, in der Ankündigung der Zeitschrift Ihren Namen unter denen ihrer Begründer zu nennen. [176]

N. A. Menschutkin beantwortete diesen Vorschlag positiv und erhielt bald darauf abermals einen Brief von Ostwald, in dem er Menschutkin für sein Einverständnis, an der Zeitschrift mitzuwirken, dankte und mitteilte, dass er sich schon der Mitarbeit der Professoren Mendelejew, Waage, Guldberg und Schiff versichert habe.²⁷

²⁷Einen analogen Briefwechsel hatte Ostwald mit den deutschen Wissenschaftlern J. W. Brühl, A. Horstmann, L. Meyer, O. Lehmann, E. Meyer, H. Landolt; den Franzosen M. Berthelot, H. le Chatelier, F. M. Raoult; den Engländern Th. Carnelli, W. Ramsay, F. E. Thorpe; den Skandinaviern C. M. Guldberg, P. Waage, L. F. Nilson, O. Petersson, J. Thomsen und dem in Italien tätigen Chemiker R. Schiff. All diese Wissenschaftler erklärten sich einverstanden, bei der Herausgabe der neuen Zeitschrift mitzuwirken, und ihre Namen erschienen auf dem Titelblatt der Zeitschrift.

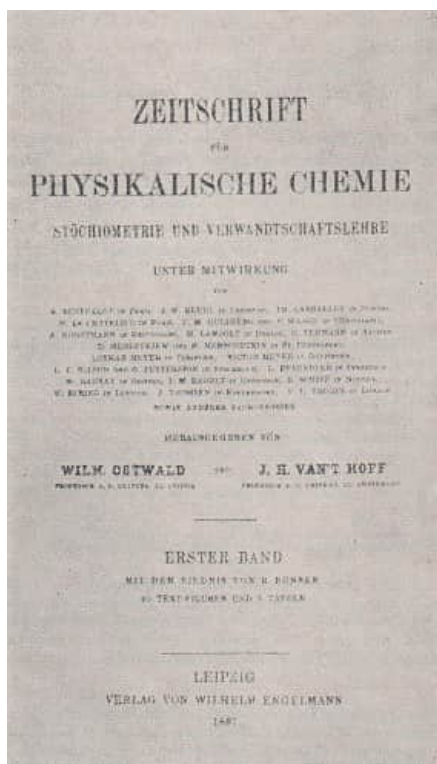


Abb. 14. Das Titelblatt des ersten Bandes der „Zeitschrift für physikalische Chemie“

1887 schrieb Ostwald auch an W. Gibbs in den Vereinigten Staaten und forderte den bekannten amerikanischen Wissenschaftler ebenfalls auf, an der Zeitschrift für physikalische Chemie mitzuarbeiten. Gleichzeitig brachte Ostwald seinen und seiner Fachkollegen Wunsch zum Ausdruck, dass die Arbeit von Gibbs über grundlegende Probleme der Anwendung der Thermodynamik auf chemische Probleme besser popularisiert werde. Ostwald schrieb an Gibbs:

Könnten Sie sie nicht in erweiterter Form neu herausgeben, unter Anführung charakteristischer Beispiele, an denen nunmehr kein Mangel besteht? Ich muss gestehen, dass Ihr Werk äußerst schwierig ist, besonders für den Chemiker, der nur selten über die nötigen mathematischen Voraussetzungen verfügt. Ich wäre sehr glücklich, wenn ich Ihr Einverständnis für eine deutsche Ausgabe erhielte, und ich würde mich mit größter Freude um die Übersetzung und die Veröffentlichung kümmern. Damit würde die Erforschung dieses Wissensgebietes besonders in Deutschland bedeutend vorangetrieben. [Zit. nach Frankfurt, U. I.; Frenk, A. M.: Josiah Willard Gibbs (russ.). Moskau 1964, S. 99.]

Im Antwortbrief von Gibbs hieß es unter anderem:

... bin ich sehr erfreut, dass Sie die Herausgabe einer solchen Zeitschrift in Angriff genommen haben, der sich offensichtlich interessante Perspektiven eröffnen. Ich war an derartigen Problemen lebhaft interessiert und habe stets gehofft, einmal zu ihnen zurückkehren zu können, bin aber leider in den letzten Jahren ganz mit anderen Fragen besetzt. Auch bin ich nicht in der Lage, irgendwelche Verpflichtungen einzugehen, und kann Ihnen nur versichern, dass ich Ihrem Unternehmen alle guten Wünsche auf den Weg gebe und Ihnen sehr dankbar für das Interesse an meinen Arbeiten bin.

J. W. Gibbs. [Zit. nach Frankfurt, U. I.; Frenk, A. M.: Josiah Willard Gibbs (russ.). Moskau 1964, S. 100.]

Im Februar 1887 erschien in Leipzig das erste Heft der Zeitschrift für physikalische

Chemie.

Zu Beginn des Vorworts „An den Leser“, wo von den Zielen der Zeitschrift die Rede ist, bringt W. Ostwald ein langes Zitat aus einer Rede von du Bois-Reymond (1882), das mit den folgenden Worten beginnt: „Im Gegensatz zur modernen Chemie kann man die physikalische Chemie die Chemie der Zukunft nennen.“

Du Bois-Reymond hatte folgende Gebiete genannt, die seiner Meinung nach zur physikalischen Chemie gehören sollten: die mathematische, optische und physikalische Kristallographie, die Lehre vom optischen Drehvermögen der Stoffe, die Thermochemie mit der mechanischen Gastheorie und der Dissoziationslehre, die Elektrochemie, die Lehre von der Adsorption und von den Lösungen u. a. m.

Nach Ostwalds Meinung war dem nur sehr wenig hinzuzufügen, da ja schon in seinem „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ systematisiertes Material aus eben diesen Abschnitten der physikalischen Chemie enthalten war.

In der Unterschrift zum Vorwort steht „Riga, den 2. Januar 1887“, obwohl auf dem Titelblatt als Redakteure der Zeitschrift bereits W. Ostwald, Professor an der Universität zu Leipzig, und J. van't Hoff, Professor an der Universität zu Amsterdam, angegeben sind.

Im ersten Band finden sich nach einem Porträt von Bunsen u. a. die klassischen Arbeiten „Die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen“ von J. H. van't Hoff und „Über die Dissoziation der in Wasser gelösten Stoffe“ von S. Arrhenius. Es folgen Arbeiten von Raoult, le Chatelier, Spring, Brühl, Ramsay, Planck, den russischen Wissenschaftlern Mendelejew, Menschutkin, Konowalow und anderen.

Die Zeitschrift wurde sofort zum wichtigsten internationalen Publikationsorgan der physikalischen Chemie.

Die Begründung dieser Zeitschrift entsprach einem Erfordernis der Zeit. Das beweist das schnelle Anwachsen ihres Umfangs: Der erste Band hatte 678 Seiten, der nächste schon 1000, und danach erschienen jährlich schon zwei oder mehr Bände.²⁸

Bis 1905, als Ostwald seine Position als Direktor des Physikalisch-chemischen Instituts aufgab, sind 50 Bände der Zeitschrift erschienen (jeder Band besteht aus 6, manche aus 12 Heften). In diesen 18 Jahren hat Ostwald außer einer ziemlich großen Zahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen noch 4000 Referate und Rezensionen für seine Zeitschrift verfasst.

Das Hauptziel aller polemischen Auftritte, Rezensionen und Referate Ostwalds war es, dem neuen physikalisch-chemischen Gedankengut Hindernisse aus dem Weg zu räumen. Fast jedes seiner Referate geht über den Rahmen einer einfachen, nüchternen Berichterstattung zu irgendeinem Fakt (dem Erscheinen eines neuen Buches, einer wissenschaftlichen Arbeit oder einer Broschüre) hinaus - sogar aus den aller kürzesten Notizen sind Sympathie und Antipathie des Rezensenten deutlich herauszulesen.

Hier trifft man sowohl beißende Kritik, „ungeachtet der Person“, an Gegnern als auch

²⁸Von 1887 bis 1922 sind 100 Bände erschienen. Für den 100., den Jubiläumsband, schrieb Ostwald einen interessanten Aufsatz „Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie“, in dem er berichtet, wie er die Herausgabe dieser Zeitschrift vorbereitete.

unverhohlene Freude über einen neuen Sieg der „Jonier“²⁹.

In ihrem Stil entsprechen die Referate und Rezensionen Ostwalds mehr dem temperamentvollen Stil Liebig's bei der Beurteilung von Arbeiten anderer Autoren als dem ruhigen der Berzelius'schen „Jahresberichte“. Zwar war Ostwald nicht ganz so bissig wie Liebig, aber er verletzte doch das Ehrgefühl so manchen Autors, was manchmal zu beleidigten Reaktionen führte. S. Arrhenius, der großzügiger und ruhiger war, schrieb darüber einmal an G. Tammann:

Die schroffen Referate Ostwalds sind auch von uns aus gesehen schädlich; ich habe ihm das gesagt, aber er antwortete, dass er anders nicht referieren könne. [165, Brief v. 8. Mai 1899]

Bis 1898 verfasste Ostwald selbst die Referate über Arbeiten und Bücher, ab 1898 überließ er die Referierung der Arbeiten seinen Schülern, die Bücher bearbeitete er weiter selbst. Ostwald besprach nicht nur Bücher aus der physikalischen Chemie, sondern auch aus allen anderen Gebieten der Chemie (organische, anorganische, analytische und physiologische Chemie) sowie aus Physik, Biologie, Technologie und Geschichte der Chemie.

Besondere Aufmerksamkeit verwandte er natürlich auf deutsche Neuerscheinungen. Man kann mit Bestimmtheit sagen, dass Ostwald nicht eine Arbeit eines deutschen Wissenschaftlers, die auch nur einigermaßen Aufmerksamkeit verdiente, ausgelassen hat.

Oft wurden in der Zeitschrift auch Referate zu englischen, französischen und amerikanischen Büchern abgedruckt, äußerst selten nur zu russischen. Dadurch konnte beim Leser der irrtümliche Eindruck entstehen, in Russland habe es zu dieser Zeit überhaupt keine ernstzunehmenden Arbeiten auf dem Gebiet der Chemie gegeben.

Dabei waren gerade um die Jahrhundertwende in Russland so bedeutende Bücher wie die „Grundlagen der Chemie“ von Mendelejew und die „Analytische Chemie“ von Menschutkin in einigen Auflagen erschienen (Mendelejew's „Grundlagen ...“ wurden ins Deutsche [1891], Französische [1895] und Englische [drei Auflagen] übersetzt) - Lehrbücher, die große Anerkennung fanden.

Dass diese Bücher in der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ nicht referiert wurden, liegt nicht etwa daran, dass Ostwald nichts von ihrer Existenz gewusst hätte - er wollte Arbeiten russischer Wissenschaftler nicht popularisieren.³⁰

²⁹Als „Jonier“ bezeichnete Ostwald die Anhänger der Lehre von der elektrolytischen Dissoziation, die sich damals noch nicht allgemein durchgesetzt hatte (Anm. d. Übers.)

³⁰Man muss feststellen, dass bei Ostwald manchmal Anzeichen von Arroganz anzutreffen sind, wodurch er in einigen Fällen die Rolle bestimmter Nationen bei der Entwicklung von Kultur und Wissenschaft nicht objektiv beurteilte. So hat er bei einer Charakterisierung des wissenschaftlichen Niveaus in Österreich einmal gesagt, die Tatsache, dass dort die Anzahl Wissenschaftler pro Million Einwohner geringer sei als in Deutschland, sei seiner Meinung nach damit zu erklären, dass dort „sehr viele Slawen leben, die auf einer niedrigeren Stufe der kulturellen Entwicklung stehen als die dort lebenden Deutschen“.

Im 19. Jahrhundert war aber bekanntlich die Rolle der Slawen, insbesondere der Russen, bei der Entwicklung der Wissenschaft außerordentlich bedeutend, und Russland nahm mit seinem Beitrag zur Entwicklung der fundamentalen Wissenschaften einen der vordersten Plätze in der Welt ein.

Ostwalds nichtobjektives Verhalten gegen Russland ist nun bei weitem kein Zufall und schon

W. Ostwalds Verhältnis zu D. I. Mendelejew und seinen Schülern war verwickelt und widersprüchlich. Ostwald schätzte Mendelejew als hervorragenden Gelehrten, als Entdecker des Periodensystems der Elemente und als Autor erstklassiger physikalisch-chemischer Abhandlungen, deshalb hatte er ihm ja angeboten, bei der Herausgabe der neuen Zeitschrift mitzuwirken.

Andererseits wusste Ostwald aber auch, dass D. I. Mendelejew und D. P. Konowalow der Arrheniusschen Theorie der elektrolytischen Dissoziation skeptisch gegenüberstanden. Auch Mendelejews scharfe Äußerungen gegen den Energetismus Ostwalds hatten jenen nicht unbeeindruckt gelassen. Offenbar in gewissem Maße von diesen Äußerungen beeinflusst, propagierte Ostwald bewusst die Arbeiten derjenigen russischen Gelehrten nicht, die nicht mit der neuen Arbeitsrichtung der Leipziger physikalisch-chemischen Laboratorien sympathisierten.

Sehr interessant ist die Tatsache, dass sich unter den wenigen Büchern russischer Autoren, die Ostwald in seiner „Zeitschrift für physikalische Chemie“ referierte, N. A. Morosows Buch „Die Evolution der Materie auf den Himmelskörpern. Eine theoretische Ableitung des periodischen Systems“ (Moskau 1907; die deutsche Übersetzung erschien 1910) befindet. 1912 erschien in der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ [Band 78, S. 640] Ostwalds Referat mit folgendem Inhalt:

Wiewohl der Verfasser mit seinen Spekulationen ziemlich weit ins Zeug geht und dadurch auf den ersten Anblick den Leser ein wenig abstößt, so scheint dem Berichtersteller doch einiges Beachtenswerte in diesen Darlegungen zu sein. Der Verfasser nimmt an, dass alle Elemente aus dem „Archonium“ mit dem Atomgewicht 4, dem „Protohelium“ mit dem Atomgewicht 2 und dem „Protowasserstoff“ mit dem Atomgewicht 1 zusammengesetzt seien.

Als konstruktiver Gedanke dient dabei die Anschauung der Strukturchemie; die Abweichungen der so erhaltenen runden Zahlen von den experimentell beobachteten Atomgewichten führt er auf die Mitwirkung von Elektronen oder ähnliche Einflüsse zurück, durch welche die ganzen Zahlen abgeändert worden sind.

Die übrigen Einzelheiten muss man im Original nachsehen, die tatsächlich ein wenig günstiger ausfallen, als man nach diesen kurzen Andeutungen erwarten sollte. W.O.

W. Ostwald gab also über dieses Buch von N. A. Morosow ein günstiges und lebendiges Urteil ab und rief den Leser auf, sich näher mit dieser Monographie, die eine Reihe näher, origineller Ideen enthalte, bekannt zu machen.³¹

gar nicht nur für ihn charakteristisch. Hierin teilte Ostwald die Meinung bestimmter Kreise der baltischen Deutschen.

Sie hatten sich vor langer Zeit auf dem Territorium von Estland und Lettland niedergelassen und betrachteten das Baltikum als deutsche Provinz des Russischen Reiches. Sie hatten seinerzeit von der zaristischen Regierung bedeutende Privilegien zugesprochen bekommen, wodurch sie die Wirtschaft und die Kultur Lettlands und Estlands in ihrem Sinne entwickeln konnten. Da sie befürchteten, diesen ökonomischen und kulturellen Einfluss einzubüßen, versuchten sie mit allen Mitteln, die baltischen Provinzen gegen Russland abzuschirmen. Deshalb entstanden Opposition und Unzufriedenheit, als die russische Regierung in den Schulen Russisch als Pflichtfach und ebenfalls Russisch als Amtssprache einführte, und noch auf Grund verschiedener anderer Maßnahmen. Das hatte auch auf Ostwald seine Auswirkungen, die wir sowohl in seiner „Selbstbiographie“ als auch in einer Reihe seiner Reden finden.

³¹Es sei daran erinnert, dass in Morosows Buch beispielsweise erstmals der Gedanke auftaucht, die Bindung zwischen zwei Atomen könne durch ein Elektronenpaar, das beiden Atomen gemeinsam angehört, zustande kommen. Er spricht von der „Möglichkeit der Vereinigung von Atomen an

Ostwald machte seine Zeitschrift zu einem mächtigen Sprachrohr der neuen physikalisch-chemischen Gedanken. Diese Zeitschrift trug wesentlich dazu bei, die Physikochemiker verschiedener Länder miteinander in Kontakt zu bringen und die Aufmerksamkeit weiterer Kreise von Chemikern auf die neue Wissenschaft zu lenken. Jeder Band dieser Zeitschrift legt von der Entwicklung dieser jungen Wissenschaft, von ihren Errungenschaften, der Überwindung von Schwierigkeiten, von Irrtümern und Meinungsverschiedenheiten Zeugnis ab, Ostwalds Zeitschrift ist eine Schatzkammer von Materialien, die den komplizierten Entwicklungsprozess eines der ersten Grenzgebiete der Wissenschaft, dessen theoretische und praktische Bedeutung nicht hoch genug eingeschätzt werden kann, charakterisieren.



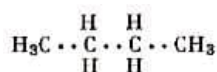
Abb. 15. J. H. van't Hoff (1852-1911)

W. Ostwald verfügte als Gelehrter und Pädagoge über eine sehr wertvolle Eigenschaft - er hatte ein Gespür für das Neue. Nicht nur, dass er neue Richtungen und Strömungen in der Wissenschaft schnell bemerkte - er beteiligte sich aktiv an ihrer Verteidigung und Propagierung.

W. Ostwald war der erste, der in den Jahren 1885 bis 1887 die volle Bedeutung der revolutionierenden Ideen von Arrhenius (die Theorie der elektrolytischen Dissoziation) und van't Hoff (die osmotische Lösungstheorie) erkannte. Außerdem gehörte er zu denjenigen, die in den 90er Jahren auf die Wichtigkeit eines systematischen und planmäßigen

gleichartigen Anknüpfungspunkten unter Beibehaltung ihrer Ladung“ und erklärt das mit folgenden Worten: „Die Vereinigung eines Paares gleichartiger atomarer Anknüpfungspunkte miteinander... erfolgt durch eine Duplikation ihrer Ladungen, die sich gewissermaßen vereinigen.“

Das war eine kühne Neuerung in der Elektronentheorie. Seinen Gedanken, dass zwei Arten von Bindungen existieren, die im Prinzip mit den heutigen Vorstellungen von kovalenten und ionischen Bindungen übereinstimmen, erklärt Morosow anhand von Formeln, die nicht nur äußerlich, sondern auch ihrem Inhalt nach mit den späteren Formeln von G. N. Lewis und seinen Nachfolgern übereinstimmen. So gibt Morosow das Butan durch die Formel



und Mehrfachbindungen durch $\text{C} :: \text{C}$ bzw. $\text{C} \ddot{\cdot} \text{C}$ wieder.

Studiums der chemischen Kinetik und der Katalyse in ihrer Gesamtheit aufmerksam machten.

Dieses Gespür führte dazu, dass er in seiner eben gegründeten Zeitschrift die epochemachenden Arbeiten „Über die Dissoziation der in Wasser gelösten Stoffe“ von Arrhenius und „Die Rolle des osmotischen Drucks in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen“ von van't Hoff veröffentlichen konnte.

Nach Ostwalds eigenen Worten war die Schaffung dieser Zeitschrift unumgänglich, denn unter den zeitgenössischen Publikationen hätte sich kaum eine gefunden, die so „ketzerische“ Sachen abgedruckt hätte [105, I, S. 248].

Ostwald beschreibt in seinen Erinnerungen, wie van't Hoffs Theorie von den räumlichen Formeln organischer Verbindungen durch einen bekannten Leipziger Professor (G. Kolbe) in einer renommierten chemischen Zeitschrift voll Empörung und groben Spottes „am Boden zerstört“ wurde. W. Ostwald wusste, wie hart die Arrheniussche Theorie von vielen Autoritäten der Chemie kritisiert wurde, und machte diese „windigen“ Ideen trotzdem zur Hauptarbeitsrichtung seines physikalisch-chemischen Laboratoriums.

3.3 Die Theorie der Lösungen

Die Theorie der Lösungen hatte als eines der zentralen Probleme der klassischen physikalischen Chemie schon lange die Aufmerksamkeit vieler bedeutender Wissenschaftler auf sich gezogen. Schon im 18. Jahrhundert hatte Lomonossow geschrieben:

Die Theorie der Lösungen ist das erste Beispiel und Versuchsobjekt für die Begründung einer wahrhaften physikalischen Chemie.

Die späteren Arbeiten von Berthollet, Gay-Lussac, Abaschew, Krämers, Raoult und Mendelejew bestätigten diese Worte Lomonossows aufs glänzendste [177].

Untersuchungen zur Theorie der Lösungen nehmen im wissenschaftlichen Schaffen Ostwalds eine bedeutende Stellung ein.

In den Jahren 1884 bis 1888 veröffentlichte Ostwald eine Reihe von Arbeiten unter dem Obertitel „Elektrochemische Studien“ [8], in denen die Entdeckung einer Proportionalität zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit der sauren Hydrolyse und der Geschwindigkeit, „mit der Teile der Moleküle eben dieser Säuren bei der Elektrolyse die Elektrizität transportieren, vorgestellt wurde.

1884 zeigte Ostwald [7], dass innerhalb der experimentellen Fehlergrenze, die manchmal bei 10 Prozent lag, eine volle Proportionalität zwischen der elektrischen Leitfähigkeit von 34 von ihm untersuchten Säuren und der Reaktionsgeschwindigkeit der sauren Hydrolyse sowohl bei der Rohrzuckerinversion als auch bei der katalytischen Einwirkung dieser Säuren auf Methylacetat besteht.

Anfangs erklärte Ostwald die gefundenen experimentellen Daten mit theoretischen Vorstellungen, die er aus der Parallelität der elektrischen Leitfähigkeit und der Reaktionsgeschwindigkeit ableitete. Er zitierte Hittorf, der schon 1859 darauf hingewiesen hatte, dass unter den Elektrolyten diejenigen den elektrischen Strom am besten leiten, bei denen die Ionen - wie im KCl - durch die stärksten chemischen Verwandtschaftskräfte

miteinander verbunden sind.

Diese Vorstellungen stießen aber auf Schwierigkeiten, weil Ostwald wie viele andere Chemiker seiner Zeit annahm, dass so stabile Verbindungen wie Säuren in der Lösung nicht in Ionen zerfallen können. Zwar hätten seine Vorstellungen niemals zu einer einigermaßen befriedigenden Erklärung der experimentellen Resultate führen können. Erst mit der Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius fanden Ostwalds Ergebnisse eine Erklärung [177, S. 171].

Aber als Ostwald sah, dass die Reihenfolge der molaren Leitfähigkeiten mit der Reihenfolge der chemischen Aktivität der Säuren übereinstimmte, erkannte er sofort Arrhenius' Schlussfolgerungen als richtig an.

Die Dissoziationskonstante einer Säure zu messen, bedeutet, wie die Untersuchungen von Arrhenius und Ostwald zeigen, nichts anderes, als die Reaktionsfähigkeit ihres „sauen“ Wasserstoffs in der Lösung zu ermitteln.

Ostwald fand, als er die Fähigkeit der Säuren untersuchte, Calciumoxalat aufzulösen, den Übergang von Acetamid in Ammoniumacetat zu beschleunigen, Essigsäuremethylester katalytisch in Alkohol und Säure zu zerlegen, Zucker zu hydrolysieren sowie die Reaktion zwischen Jodwasserstoffsäure und Bromsäure zu beschleunigen, dass sich ungeachtet aller Unterschiede dieser Reaktionen immer dieselbe Reihenfolge ergibt, wie sie schon Thomsen bei seinen thermochemischen und er selbst bei seinen volumchemischen Untersuchungen für die Säurestärke gefunden hatten.



Abb. 16. S. Arrhenius (1859-1927)

Die Ursachen für die starke Änderung der Reaktionsfähigkeit von Säuren und Basen in Abhängigkeit von der Konzentration konnte Ostwald, wie schon erwähnt, vor dem Erscheinen der Arrheniusschen Theorie nicht recht erklären. Erst nachdem er sich mit den Grundlagen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation vertraut gemacht hatte, wurde ihm klar, dass die Stärke einer Säure oder Base davon bestimmt wird, wie stark sie dissoziiert ist.

In den Jahren 1887 und 1888 erarbeitete Ostwald eine Methode zur Bestimmung der

Basizität von Säuren aus der elektrischen Leitfähigkeit ihrer Lösungen. Er konnte zeigen, dass die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen in Lösungen vom dissoziierten Anteil des gelösten Stoffes, d. h. von der Ionenkonzentration abhängt.

Wenn verschiedene Säuren gleich stark dissoziiert sind, hängen die Geschwindigkeitskonstanten nur noch von der Bewegungsgeschwindigkeit der positiven und negativen Ionen ab.

1888 fand Ostwald den mathematischen Zusammenhang zwischen dem Dissoziationsgrad eines Elektrolyten und seiner Konzentration [13]. Schon 1884 war Ostwald bei Untersuchungen der Leitfähigkeit von Säuren in verschiedener Verdünnung zu dem Schluss gelangt, dass die molare Leitfähigkeit von Säuren mit der Verdünnung zunimmt, wobei sie sich asymptotisch einem bestimmten Grenzwert nähert, der für wässrige Lösungen von Elektrolyten (Säuren, Basen und Salzen) fast, aber nicht ganz identisch ist. Er hatte herausgefunden, dass die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Verdünnung bei Lösungen schwacher Säuren bzw. Basen viel auffälliger ist als bei starken. 1885 formulierte Ostwald sein bekanntes Verdünnungsgesetz:

Bei zunehmendem Wassergehalt nimmt das molekulare Leitvermögen der Säuren andauernd zu, um sich asymptotisch einem konstanten Grenzwert anzunähern, welcher von der Natur der Säure nicht abhängt. [9]

In einer seiner 1888 erschienenen Arbeiten gab Ostwald dem Verdünnungsgesetz eine mathematische Formulierung. Er verglich die Leitfähigkeit eines Elektrolyten mit dem Grenzwert für unendlich große Verdünnung. Wenn μ_V die Leitfähigkeit bei einer Verdünnung V und μ_∞ die Leitfähigkeit bei unendlich großer Verdünnung, d.h. den Grenzwert der Leitfähigkeit, symbolisiert, dann ist $\frac{\mu_V}{\mu_\infty} = \alpha$ der dissoziierte Anteil des Elektrolyten, $\frac{\alpha}{V}$ die Ionenkonzentration und $\frac{1-\alpha}{V}$ die Konzentration an undissoziiertem Elektrolyten.

Mit diesen Größen leitete Ostwald 1888 die Gleichung

$$\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}V = K \quad \text{bez.} \quad \frac{\mu_V^2}{\mu_\infty(\mu_\infty - \mu_V)V} = K$$

her, die den Einfluss der Verdünnung V auf die molare Leitfähigkeit ausdrückt.

„Diese Gleichung muss“, so Ostwald, „wenn die Dissoziationstheorie der Elektrolyte richtig ist, das gesamte Verhalten der elektrischen Leitfähigkeit binärer Elektrolyte ausdrücken“ [14].

Ostwalds Untersuchungen einer großen Anzahl organischer Säuren zeigten die volle Gültigkeit des Verdünnungsgesetzes, nach dem der Dissoziationsgrad α mit der Verdünnung der Lösung (d. h. mit der Zunahme von V) steigen muss; die Größe K bleibt konstant; sie hängt nicht von der Verdünnung bzw. Konzentration ab und ist deshalb eine Konstante, die die Fähigkeit eines bestimmten Stoffes, in Ionen zu zerfallen, charakterisiert. Je größer K ist, um so höher ist die Ionenkonzentration, um so mehr ist also der Stoff dissoziiert.

Das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz war ein bedeutender Beitrag zur Entwicklung und Bestätigung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, da es eine eindeutige Beziehung zwischen dem Dissoziationsgrad eines Elektrolyten und der Konzentration der

Lösung herstellt.

1888 bestimmten van't Hoff und Reicher durch Messungen der elektrischen Leitfähigkeiten und der Erstarrungspunkte den Dissoziationsgrad von Essigsäure, Buttersäure und Monochloressigsäure (in Konzentrationen von 0,0001 bis 0,1 n), und es ergab sich eine hervorragende Übereinstimmung ihrer experimentellen Daten mit dem Ostwaldschen Verdünnungsgesetz, Ihre Veröffentlichung darüber endet mit den Worten:

Es ist wohl überflüssig, auf die treffliche Bestätigung hinzuweisen, welche hiermit das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz erfahren hat; kein einziger Fall von gewöhnlicher Dissoziation ist innerhalb so weiter Grenzen geprüft worden. [178]

Später wurde das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz mehrfachen Prüfungen unterzogen. Man fand heraus, dass dieses Gesetz für starke Elektrolyte und für hochkonzentrierte Lösungen nicht gültig ist (eine Tatsache, die schon Ostwald selbst bekannt war). Bereits in einer Arbeit von 1888 stellte Ostwald fest, dass für Lösungen endlicher Konzentrationen die Beziehung

$$\frac{\alpha^2}{(1-\alpha)}V = \text{const.}$$

überhaupt unzutreffend sei, da der Dissoziationsgrad als Faktor, der von Fall zu Fall unterschiedlich groß sein kann, in die elektrische Leitfähigkeit eingehe.

Bei der Untersuchung nichtwässriger und konzentrierter wässriger Lösungen starker Elektrolyte traten Erscheinungen auf, die man mit der klassischen Theorie der elektrolitischen Dissoziation nicht zufriedenstellend erklären konnte. Vom Moment der Entstehung dieser Theorie an war es ein Rätsel, wieso Lösungen der typischsten (stärksten) Elektrolyte nicht dem Ostwaldschen Verdünnungsgesetz gehorchten.

Die Anomalie der starken Elektrolyte besteht darin, dass die nach dem Ostwaldschen Verdünnungsgesetz errechnete Dissoziationskonstante mit steigender Elektrolytkonzentration zunimmt.

Als 1891 D. Berthelot das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz an Kaliumchloridlösungen überprüfte und, indem er die Leitfähigkeitswerte nach dem Kohlrauschschen Quadratwurzelgesetz ermittelte, die Dissoziationskonstante ausrechnete, räumte Ostwald ein, dass die fragliche Formel die Leitfähigkeit der sehr stark dissoziierten Stoffe nicht darstelle, aber man könne doch sehen, dass es sich um Abweichungen von sekundärer Natur handele [19, S. 427].

Die Untersuchungen von Noyes (1903) zeigten endgültig, dass das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz auf beliebige starke Elektrolyte nicht anwendbar ist. Zahlreiche Untersuchungen von Wissenschaftlern des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts waren erforderlich, bis man die Abweichung der starken Elektrolyte vom Ostwaldschen Verdünnungsgesetz erklären konnte.

In den Jahren 1888 und 1889 führte Ostwald Leitfähigkeitsmessungen an 240 Säuren aus, um die Abhängigkeit der Dissoziationskonstanten organischer Säuren von deren Zusammensetzung und Konstitution zu erforschen [18]. Er konnte zeigen, dass die Eigenschaften einer Verbindung in dreifacher Beziehung von den Eigenschaften ihrer Bestandteile abhängen:

a) in additiver - Die Eigenschaften des Ganzen hängen nur von denen der Bestandteile ab;³²

b) in kolligativer (kumulativer) - Die Eigenschaften des Ganzen hängen nur ab von den Eigenschaften und der Beschaffenheit des im Verlauf der Reaktion entstehenden Komplexes, der danach in ziemlich beständige Einzelverbindungen zerfällt;³³

c) in konstitutiver - Die Eigenschaften des Moleküls hängen von seinem stereochemischen Bau ab.

Ostwalds Ergebnisse waren eine Bestätigung für die Grundlagen der Theorie des chemischen Baus der Stoffe - der Einfluss einzelner Atome (oder Atomgruppen) hängt sowohl von ihrer Natur als auch von ihrer Lage im „Molekülgebäude“ ab. „Das Ergebnis, dass ein und dasselbe Atom je nach der ‚Stelle‘, welche es in der Molekel einnimmt, ganz verschiedene Wirkungen ausübt, ... führt zu dem allgemeinen Schluss, dass diese Wirkungen (die wechselseitige Beeinflussung der Atome im Molekül - Anm. d. Aut.) Funktionen der räumlichen Entfernung der fraglichen Atome sind“, schrieb Ostwald im Jahre 1889 [15, S. 390-391], d.h. nur 6 Jahre vor seinem großen Auftritt gegen den Atomismus. Die oben zitierten Ausführungen enden mit den Worten:

Man kann keinen Augenblick im Zweifel sein, dass es langer und mühsamer Arbeiten bedarf, bevor solche Messungen zu Ergebnissen führen werden, welche ein allseitig zureichendes Bild von der Gestalt der Molekeln geben werden. Aber dass dieses Ziel erreichbar ist, scheint schon jetzt unzweifelhaft zu sein. [15, S. 391]

Nernst hielt sehr viel von diesen Untersuchungen und schrieb darüber:

So ist von Ostwald der eminente Einfluss, welchen verschiedene Elemente oder Radikale je nach ihrer Stellung im Molekülkomplex auf die Reaktionsfähigkeit des aziden Wasserstoffatoms organischer Säuren ausüben, systematisch untersucht und mit Erfolg verwendet worden. Sehr wichtig dürften derartige Methoden für die Auffassung der räumlichen Anordnung der Atome werden, um so mehr, als sich die Reaktionsfähigkeit vieler Radikale quantitativ bestimmen lässt. [179, S. 290]

Heute hat Ostwalds These von den Affinitätskonstanten (Dissoziationskonstanten) als quantitatives Maß der Reaktionsfähigkeit organischer Verbindungen dank der Untersuchungen von Brönsted, Hammeltt, Taft und anderen große Bedeutung bekommen. Die Korrelationsanalyse, die auf dem Prinzip der linearen Abhängigkeit der freien Energien basiert, liefert wertvolle Informationen über die Wechselbeziehungen zwischen Bau und Reaktionsfähigkeit organischer Moleküle.

W. Ostwald machte als einer der ersten auf eine bestimmte Auswirkung der zwischen Ionen wirkenden Kräfte aufmerksam: Er wies darauf hin, dass bei zweibasigen Säuren die zweite Dissoziationskonstante stets kleiner ist als die erste. Er erklärte das damit,

³²Heute liegt die Additivität chemischer Eigenschaften von Molekülen den sich stark entwickelnden vergleichenden Methoden zur Bestimmung physikalisch-chemischer Größen zugrunde.

³³Diese Vorstellung, dass im Verlauf der Reaktion aus den wechselwirkenden Molekülen ein Zwischenprodukt gebildet wird, spielte später bei der Untersuchung der Reaktionsfähigkeit der neuentstehenden Moleküle eine große Rolle.

dass die elektrischen Anziehungskräfte zwischen dem Wasserstoffion und dem negativ geladenen einbasigen Anion der Säure (HR^-) die Abspaltung des zweiten Wasserstoffatoms erschweren.

Ostwald fand übereinstimmend mit diesen Vorstellungen, dass die Differenz zwischen den beiden Dissoziationskonstanten um so größer wird, je dichter die beiden Wasserstoffatome in der Säure beieinander liegen; so ist sie beispielsweise in der Oxalsäure größer als in der Glutarsäure.

Durch spätere Arbeiten von Schülern Ostwalds (H. Bethmann, 1890; R. Bader, 1890; P. Walden, 1891) sowie durch die Untersuchungen von R. Wegscheider (1895), A. Hantzsch (1894) u. a. m. fand auch Ostwalds Schlussfolgerung, dass sich der Dissoziationsgrad organischer Säuren bei der Einführung elektronegativer Gruppen erhöht und bei der Einführung elektropositiver Gruppen verringert, ihre Bestätigung.

In den Jahren 1890 bis 1892 untersuchte Ostwald die Absorptionsspektren von einigen Salzen der Permangansäure, des Fluoreszeins, des Eosins und der Rosolsäure, d.h. von Stoffen, die ein farbiges Ion enthalten. Das Hauptergebnis dieser Forschungen lautete: Die Absorptionsspektren verdünnter Lösungen verschiedener Salze, die ein und dasselbe gefärbte Ion enthalten, sind miteinander identisch. Das ergab sich als direkte Folge der Theorie der elektrolytischen Dissoziation.

1892 veröffentlichte Ostwald seine Arbeit „Über die Farbe der Ionen“ (in wässrigen Lösungen) [22]. Aus diesem Anlass teilte er Arrhenius am 2. Januar 1892 mit:

Die farbigen Lösungen habe ich eben vorläufig abgeschlossen. Ich habe etwa 300 Salze mit farbigen Ionen untersucht, und gefunden, wie vorauszusehen war, dass die Absorption absolut unabhängig vom zweiten Ion ist. Es sind 280 Spektren photographisch verglichen worden, und heute habe ich das Manuskript und die Negative in die Druckerei geschickt; nach 6 Wochen wirst Du die Abhandlung bekommen. [146]

In dieser Arbeit wurde von Ostwald anhand zahlreicher Beispiele bewiesen, dass bei Verdünnungen, wo praktisch alle Moleküle dissoziiert vorliegen, alle Salze, die ein und dasselbe gefärbte Ion enthalten, identische Absorptionsspektren ergeben. Dieses Ergebnis Ostwalds, das zwangsläufig aus der Theorie der elektrolytischen Dissoziation folgt, ist später oft angezweifelt, aber noch häufiger bestätigt worden.

Schließlich und endlich häuften sich aber doch bei der Untersuchung des Problems der „Farbe von Ionen“ Fakten an, die nicht mehr in den Rahmen der klassischen Arrheniusschen Theorie passten und neue theoretische Konzeptionen erforderlich machten. In einem Brief vom 7. November 1892 an Arrhenius schrieb Ostwald [146]:

Ich stecke jetzt in der Elektrochemie und habe eine sehr schöne Sache angebohrt. Nach der Nernstschen Theorie der galvanischen Elemente

$$\pi = \frac{RT}{\varepsilon_0} \log_{\text{nat}} \frac{P}{p}$$

kann man die Konzentration der Metallionen p aus der elektromotorischen Kraft bestimmen, und kann gerade in den Fällen, wo p sehr klein ist (10^{-10} bis 10^{-12}) gute Messungen machen, wo jede andere Methode versagt, z. B. Eisenionen in $K_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, Cadmiumionen in $K_2\text{CdJ}_4$ usw.

Ebenso kann man die Löslichkeit von AgCl bei AgJ und so weiter messen. Allgemein ist jeder anomale Ionenzustand durch anomale elektromotorische Kräfte charakterisiert.

1897 konnte Ostwald zeigen, dass eine übersättigte Lösung metastabil sein kann, d.h., dass sie unendlich lange im homogenen Zustand verbleiben kann, wenn nicht geeignete Verunreinigungen, die als Kristallisationszentren dienen können, hineingebracht werden [32].

Nach der Ostwaldschen Stufenregel bildet sich bei der Kristallisation einer unterkühlten Schmelze zuerst die unbeständigste feste Modifikation, die über den größten Energievorrat verfügt. Diese geht dann über eine Reihe immer weniger unbeständiger Modifikationen schließlich in die beständige Endform über.

Schon im Jahre 1889 wurde Ostwald beim Studium der Resultate von analytischen Untersuchungen von Mineralwässern darauf aufmerksam, dass diese Angaben nicht mit der Theorie der elektrolytischen Dissoziation im Einklang standen. Nach alter Tradition wurde in analytisch-chemischen Veröffentlichungen geschrieben, in dem analysierten Wasser seien soundsoviel Prozent NaCl, K₂SO₄; Na₂CO₃; NH₄NO₃, CaSO₄ usw. enthalten.

Nun sind aber all diese Salze Elektrolyte, folglich zerfallen sie in der Lösung in Ionen, und im Lichte der neuen Anschauungen war es falsch und unsinnig, aus ihnen bestimmte Salze zusammenzubauen.

Das war der Anlass für Ostwald, die alten Lehrmaterialien der analytischen Chemie ernsthaft durchzusehen und ein Lehrbuch „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ (1894) zu schreiben, das bei der Entwicklung der modernen analytischen Chemie eine hervorragende Rolle gespielt hat.

W. Ostwald erarbeitete auch eine Theorie der Säure-Base-Indikatoren. Nach dieser Theorie ist jeder Indikator entweder eine schwache Base (BOH) oder eine schwache Säure (HS), dessen neutrales Molekül anders gefärbt ist als das Ion (das Anion S⁻ bzw. das Kation B⁺). Zum Beispiel ist das Kation der schwachen Base Methylorange rot gefärbt, das undissoziierte Molekül aber gelb. In Lösungen erfolgt eine Dissoziation



mit der Konstanten

$$K = \frac{[\text{B}^+][\text{OH}^-]}{[\text{BOH}]} = 2 \cdot 10^{-4}$$

In diesem Fall unterdrückt die Zugabe einer Lauge die Dissoziation des Indikators, und die gelbe Farbe verstärkt sich, die Zugabe einer Säure jedoch verstärkt die Dissoziation, die Kationenkonzentration [B⁺] nimmt zu, und die Lösung färbt sich rot.

1897 zeigte Ostwald, dass man schwache Säuren mit starken Laugen und einem Indikator, dessen Umschlagspunkt im schwach basischen Bereich liegt, schwache Basen aber mit starken Säuren und einem Indikator, dessen Umschlagspunkt im schwach sauren Bereich liegt, titrieren muss. Diese Vorstellungen spielten damals eine progressive Rolle bei der Entwicklung der analytischen Chemie. Durch die neuere Brönstedsche Säure-Base-Theorie erfuhr die Ostwaldsche Einteilung der Indikatoren in zwei Formen eine allgemeinere Ausdeutung.

In Ostwalds Arbeiten sind auch Probleme des Fällens und Auflörens, die für die analytische Chemie immer sehr aktuell sind, abgehandelt. Ostwald nahm an, dass ein frisch-gefällter Niederschlag unbedingt erst altern müsse, wobei sich kleine Teilchen auflösten und größere daraus entstünden, weil die Löslichkeit sehr kleiner Teilchen hoch sei. Lange Zeit ließ man sich in der Analytik von solchen Vorstellungen leiten. Heute misst man dieser „Ostwaldschen Reifung“ allerdings nicht mehr die Bedeutung zu wie früher [180].

1900 leitete Ostwald eine Gleichung für den Zusammenhang zwischen der Löslichkeit der Teilchen eines festen Stoffes und ihrer Größe her [40]. Diese Gleichung wurde 1909 von Freundlich vervollkommenet [181].

Die Ostwald-Freundlichsche Gleichung für die Löslichkeit lautet

$$\frac{RT}{M} \ln \frac{S_2}{S_1} = \frac{2\sigma}{\rho} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

mit S_1 und S_2 als Löslichkeit kugelförmiger Teilchen mit dem Radius r_1 bzw. r_2 ; M ist das Molekulargewicht, σ die Oberflächenspannung an der Grenzfläche zwischen Feststoff und Flüssigkeit, ρ die Dichte des festen Stoffes.

Nach den Arbeiten von Arrhenius, van't Hoff und Ostwald war ein übermäßiges Interesse für wässrige, speziell für verdünnt wässrige Lösungen zu verzeichnen. Das musste zwangsläufig zu einer einseitigen Entwicklung der Lehre von den Lösungen führen. Lange Zeit hindurch war man fast allgemein der Überzeugung, die Lösungen von Elektrolyten in nichtwässrigen Lösungsmitteln könnten nicht über eine merkliche Leitfähigkeit verfügen, da in diesen Lösungsmitteln die Elektrolyte nicht dissoziiert seien, zumal sich Arrhenius, Ostwald und andere Physikochemiker wiederholt dahingehend geäußert hatten.

Alles, was Ostwald in der zweiten Auflage seines „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ (1893) über nichtwässrige Lösungen mitzuteilen hatte, hatte auf 2 Seiten Platz, während den wässrigen Lösungen ein Kapitel über die Leitfähigkeit von Elektrolyten im Umfang von etwa 150 Seiten gewidmet war. 1903 verwandte Ostwald in einer neuen, dritten Auflage des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ ganze 5 Seiten auf die elektrische Leitfähigkeit nichtwässriger Lösungen, das Kapitel über die Leitfähigkeit wässriger Lösungen nimmt jedoch etwa 500 Seiten in Anspruch.

War diese in den 80er und 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts so weit verbreitete Ansicht über die Ausnahmerolle des Wassers nun aber richtig?

Diese Frage harnte einer Lösung. In erster Linie ging es dabei um die Erforschung des Einflusses nichtwässriger Lösungsmittel auf die Dissoziation von Elektrolyten. Zur Weiterentwicklung der Lehre von den Lösungen war es wesentlich zu wissen, ob man die Gesetze, die für wässrige Lösungen gefunden worden waren, auch auf das Gebiet der nichtwässrigen Lösungen anwenden konnte.

Anfangs waren viele Wissenschaftler der Meinung, die nichtwässrigen Lösungen würden der van't Hoffschen Theorie ohne den Korrekturfaktor i gehorchen, d.h. $qV = RT$. Dieser Umstand beeinflusste alle darauffolgenden Untersuchungen an nichtwässrigen Lösungen stark, denn die Meinung, für alle nichtwässrigen Lösungen sei das Fehlen von

Ionen charakteristisch, und deshalb könnten sie den elektrischen Strom nicht leiten, gewann immer größere Verbreitung und stärkeren Einfluss.

Diese Lage der Dinge lässt sich am besten anhand eines Gesprächs charakterisieren, das 1895 zwischen W. Ostwald und dem amerikanischen Physikochemiker L. Kahlenberg stattfand. Letzterer gehörte damals noch zu den begeistertsten Anhängern der Arrheniusschen Theorie. Er hatte in einem seiner Aufsätze geschrieben, dass er sich über das Fehlen von Untersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit nichtwässriger Lösungen wundere, und wandte sich bei einem Aufenthalt in Ostwalds Laboratorium an diesen mit der Frage, warum eine solche Gleichgültigkeit gegenüber einem ganzen Wissenschaftsgebiet herrsche.

Ostwald antwortete ihm ganz kategorisch, dass nichtwässrige Lösungen den Strom niemals leiten könnten, weil allen Lösungsmitteln außer dem Wasser die Fähigkeit fehle, eine Dissoziation des gelösten Stoffes zu bewirken. 1893 schrieb Ostwald dazu:

Das Wasser nimmt in bezug auf seine Fähigkeit, elektrolytische Lösungen zu bilden, oder Stoffe in Ionen zu spalten, eine ausgezeichnete Stellung ein, welche keinem anderen Stoffe in annähernd gleichem Grade zukommt. [25, Bd. 2, Teil 1]

Dieser Standpunkt stimmte völlig mit den Gedanken, die der Theorie der elektrolytischen Dissoziation zugrunde lagen, überein, aber mit der Anhäufung von experimentellem Material stellte sich heraus, dass er falsch war.

In den Jahren 1889 bis 1891 erschienen Arbeiten von I. A. Kablukow, die sich mit der Messung der elektrischen Leitfähigkeit an Lösungen von Elektrolyten in organischen Lösungsmitteln befassten.

In einem 1889 veröffentlichten Artikel stellte Kablukow fest:

Die Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Lösungen bietet auch für den Chemiker ein nicht geringes Interesse, nachdem die Arbeiten von W. Ostwald, Sv. Arrhenius und anderen das Vorhandensein naher Beziehungen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und anderen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Lösungen ergeben haben. Daher schien es mir von einer gewissen Bedeutung, die elektrische Leitfähigkeit verschiedener Salze und Säuren in alkoholischen Lösungen zu untersuchen. [182]

Kablukow interessierte das Problem, wie die Natur des Lösungsmittels die chemischen Eigenschaften von Säuren beeinflusst, deshalb untersuchte er die elektrische Leitfähigkeit von Chlorwasserstoff in verschiedenen Lösungsmitteln (Benzol, Xylol, Hexan, Äther, Methyl-, Isobutyl- und Amylalkohol). Er stellte fest, dass die elektrische Leitfähigkeit von HCl in Äther etwa fünfmal so groß ist wie die Leitfähigkeit von HCl in Xylol. Im Benzol ist sie noch geringer als im Xylol. Für die Leitfähigkeit von HCl-Lösungen in Äther fand Kablukow, dass sie ziemlich gering ist und mit zunehmender Verdünnung abnimmt:

Diese Erscheinung kam unerwartet, denn für die Mehrzahl wässriger Lösungen beobachtet man das Gegenteil. Eine derartige Abnahme der molaren Leitfähigkeit zeigen auch ... HCl-Lösungen in Isoamylalkohol. [183, S. 130]

Diese experimentellen Resultate standen im Widerspruch zu Ostwalds Behauptung, die

elektrische Leitfähigkeit nehme mit der Verdünnung der Lösung zu. I. A. Kablukow entdeckte also als erster die anomale elektrische Leitfähigkeit in nichtwässrigen Lösungen. Im Archiv der Akademie der Wissenschaften der UdSSR befinden sich interessante Briefe, die Speranski aus Leipzig an Kablukow geschrieben hat. Im ersten Brief, der offensichtlich im November oder Dezember 1890 geschrieben ist, steht:

Als ich aus Moskau abreiste, sagten Sie mir, sie wollten die elektrische Leitfähigkeit von Säuren in alkoholischen Lösungen untersuchen. Hier hat ein Amerikaner am gleichen Problem gearbeitet und ist zu Ergebnissen gekommen, die im Widerspruch zur Dissoziationstheorie stehen.

Wenn Sie schon Resultate haben, dann veröffentlichen Sie sie so schnell wie möglich, obwohl Ostwald vorläufig nicht vorhat, die von dem Amerikaner gemachten Messungen zu veröffentlichen. Ich habe lange geschwankt, ob ich Ihnen davon schreiben soll oder nicht, denn schließlich ist das ja doch ein Verrat von Laboratoriumsgeheimnissen, aber andererseits ärgert es mich, dass die Ergebnisse einer Arbeit, die Sie früher begonnen haben, umkommen könnten. Deshalb habe ich mich in der Hoffnung, dass mein Verrat nicht ans Licht kommt, entschlossen, Ihnen zu schreiben. [184]

In einem anderen Brief vom 1. Dezember 1890 schreibt Speranski an Kablukow:

Ich will nun Ihre Fragen beantworten. Der Amerikaner heißt Wakeman und arbeitet das zweite Semester bei Ostwald. Er hat mit Lösungen von Essigsäure und Monobromessigsäure gearbeitet (wahrscheinlich nur mit diesen). Er hat gefunden, dass mit der Verdünnung die molare Leitfähigkeit nicht zu sondern abnimmt. Er schreibt eine Arbeit darüber, die aber kaum bald veröffentlicht wird, wenigstens nicht in der ‚Zeitschrift‘, weil Ostwald über diese Entdeckung sehr ärgerlich ist.

(Wakemans Arbeit wurde 1893 veröffentlicht - die Aut.) [185]

1891 verteidigte Kablukow in Moskau seine Doktordissertation mit dem Thema „Die modernen Theorien der Lösungen (von van't Hoff und Arrhenius) im Zusammenhang mit der Lehre vom chemischen Gleichgewicht“, in der er seine Untersuchungen der Leitfähigkeit nichtwässriger Lösungen ausführlich erläuterte.

Kablukows Arbeiten zeigten, dass die rein physikalische Betrachtung des Lösungsvorgangs unzulänglich war und dass der Chemismus der besonderen Wechselwirkung zwischen gelöstem Stoff und Lösungsmittel, auf den Mendeleejew wiederholt aufmerksam gemacht hatte, den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Lösungen deutlich sein Siegel aufdrückte.

Vom Moment der Entstehung an gab es eine Reihe von Einwänden gegen die Theorie der elektrolytischen Dissoziation. Erstens erwuchs die Frage, warum gerade so stabile Stoffe wie Salze, starke Säuren und starke Basen leichter als andere in Ionen zerfallen. Es erschien unwahrscheinlich, dass die Elektrolyte beim Lösungsvorgang unter normalen Umständen in ihre Bestandteile zerfallen sollten.

Zweitens war auch unklar, wie solche Atome wie K, Na u. a. sich in völlig freiem Zustand in einer wässrigen Lösung befinden sollten, ohne mit dem Wasser zu reagieren.

Diese Einstellung war nicht weiter verwunderlich, weil die Chemiker der 80er und 90er Jahre des 19. Jahrhunderts den Begriff „Ion“ mit dem Begriff „Atom“ gleichsetzten. Das rührte daher, dass man damals dem Atom die Eigenschaft absoluter Unveränderlichkeit zuschrieb.

Diese Atomvorstellung, die sich im Bewusstsein der meisten Wissenschaftler jener Zeit festgesetzt hatte, hatte ihre historischen Wurzeln, die noch auf Dalton zurückgingen. Man war der Meinung, dass Atom könne nicht weiter zerlegt werden und bleibe in verschiedenen Verbindungen unverändert.

Ostwald hat beschrieben, mit welchem Erstaunen P. Cleve, ein bekannter Chemiker und Arrhenius' Lehrer, auf ein Glas mit einer wässrigen Lösung von Kaliumchlorid gewiesen und ihn gefragt habe: „Und Sie glauben auch, dass dort die Kaliumatome nur so herumschwimmen?“

Als Ostwald darauf zustimmend antwortete, „fiel ein schneller Blick auf mich, der einen aufrichtigen Zweifel an meiner chemischen Vernünftigkeit zum unbewussten Ausdruck brachte“ [63, S. VIII-VI].

1888 schrieb beispielsweise der englische Gelehrte T. Fitzpatrick, dass „die Annahme der Existenz ‚freier‘ Atome in einer Lösung gegenstandslos sei; wenn sich in einer Lösung freie Chloratome befänden, so müsste diese Lösung irgendwelche Eigenschaften einer Chlorlösung aufweisen“.

Die Arrheniussche Theorie antwortet ganz einfach auf diese Frage:

Bei der elektrolytischen Dissoziation von Kochsalz entstehen z. B. keine Na- und Cl-Atome, sondern die Ionen Na^+ und Cl^- , die im Zusammenhang mit ihrer elektrischen Ladung ganz spezifische Eigenschaften, die sich stark von denen der elektrisch neutralen Atome unterscheiden, haben. Eine elektrische Ladung ändert die Eigenschaften der Atome stark; durch sie wird beispielsweise die Existenz von Atomgruppen wie NO_3^- , SO_4^{2-} u. dgl. möglich, die im freien Zustand, ohne elektrische Ladung, unbekannt sind. W. Ostwald schrieb, dass es zwischen den Elementen im Normalzustand und im Ionenzustand keine Ähnlichkeit gebe und auch gar nicht geben könne. Das Außerachtlassen dieses Unterschieds sei der Boden für den größten Teil der Schwierigkeiten, mit denen es diejenigen zu tun hätten, die sich die moderneren Ansichten beim Studium dieses Gebiets noch nicht zu eigen gemacht hätten [177, S. 254].

Unklar blieb allerdings, warum in den Lösungen freie geladene Ionen entstehen und unter welchen Bedingungen diese Ionen in den Lösungen existieren. Woher kam denn die Energie, die gebraucht wurde, um die stabilen Verbindungen beim Auflösen zu zerlegen? Man muss sagen, dass es weder Arrhenius noch Ostwald schon damals klar war, woher die elektrische Ladung der Teilchen, die sich bei der Dissoziation der elektrisch neutralen Moleküle des Elektrolyten bilden, eigentlich kommt. Ebenfalls ungeklärt war, warum sich die positiven und negativen Ionen, die sich gemeinsam in einer Lösung befinden, nicht gegenseitig entladen und mit- einander neutrale Teilchen bilden.

Diese Fragen konnte die Arrheniussche Theorie nicht beantworten. Deshalb hörte man einerseits viele Stimmen, die behaupteten, diese Theorie sei völlig falsch; es gab sogar Versuche, sie durch eine andere zu ersetzen, aber sie hatten keinen Erfolg. Andererseits wiesen die Anhänger der chemischen Lösungstheorie immer wieder auf die Rolle und den Einfluss des Lösungsmittels bei der Dissoziation hin. Es war klar, dass die Arrheniussche Theorie in ihrer ursprünglichen Form eine sehr verwundbare Stelle hatte, weil sie jede engere Beziehung zwischen den Ionen und den Teilchen des Lösungsmittels ignorierte.

3.4 Reisender Verkünder neuer Theorien

Als die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius und die osmotische Lösungstheorie von van't Hoff in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts erschienen, lösten sie in wissenschaftlichen Kreisen heftigen Streit aus.

W. Ostwald war einer der allerersten, die sich aktiv in die Verteidigung und Verbreitung der Theorien von Arrhenius und van't Hoff einschalteten. Er war der Anführer der „drei Musketiere der physikalischen Chemie“ (Ostwald, van't Hoff, Arrhenius) und führte einen entschlossenen, temperamentvollen Angriff auf seine Gegner.

Der polnische Chemiker M. G. Zentnerschwer hat einmal sehr richtig festgestellt, dass

die Anerkennung der Theorie van't Hoffs und sozusagen ihre ‚Heiligsprechung‘ sehr schnell vor sich gingen, was man von Entdeckungen anderer Koryphäen der Naturwissenschaften keinesfalls behaupten kann. Die Ursache dafür ist, dass fast gleichzeitig mit van't Hoff ein anderer auf den Plan trat, der die Entwicklung der Chemie nicht nur durch seine eigenen Forschungen voranbrachte, sondern es auch verstand, die Untersuchungen anderer zu einem großen Ganzen zu vereinen, wobei er mit einer Anteilnahme fremde Verdienste herausstellte, die in der Geschichte der Wissenschaft ihresgleichen sucht. Dieser Mann war Ostwald. [186, S. 214]

W. Ostwald hoffte, dass seine öffentlichen Auftritte und seine Bücher helfen könnten, „neue Kader für den siegreichen Feldzug unserer wunderbaren Wissenschaft zu werben und zu schaffen“.

Die „Zeitschrift für physikalische Chemie“ war voll von Arbeiten, die die van't Hoff'schen Gesetze und die Arrheniussche Theorie der elektrolytischen Dissoziation experimentell bestätigten. In vielen seiner Arbeiten popularisierte Ostwald selbst die Theorie von Arrhenius und kämpfte voller Enthusiasmus für die wissenschaftliche Anerkennung und die Weiterentwicklung seiner Ansichten. Eine nicht geringe Rolle bei der Propagierung der neuen Theorie spielte auch sein „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“, dessen zweiter Band, in dem eine Darstellung der neuen Theorie enthalten ist, 1887 erschien.

Ostwald schrieb Artikel und referierte zahlreiche Arbeiten und Bücher aus der Elektrochemie und der Theorie der Lösungen. Mal griff er an, mal verteidigte er und freute sich stets aufrichtig über neue Erfolge der Theorie der elektrolytischen Dissoziation. In einem Nachwort zum Bericht über die Diskussion zur Theorie der Lösungen in England, von der später noch die Rede sein wird, schrieb Ostwald:

Wenn aus Form und Inhalt von Angriff und Verteidigung so sehr die Hingabe an die Wahrheit und die Freiheit von außerhalb der Wissenschaft liegenden Momenten hervorgeht, wie in dem vorliegenden Falle, so bereitet das Aufeinanderplatzen der Geister eitel Freude, und die Wissenschaft, auf die es doch in erster Linie ankommt, hat ihren Gewinn davon. [20, S. 423]

In Erinnerung an diese Zeit schrieb Arrhenius später:

Das von van't Hoff ausgesprochene Avogadro'sche Gesetz für verdünnte Lösungen wurde mit ziemlicher Gemütsruhe entgegengenommen, denn man hatte keine vorgefasste Ansicht über das Verhalten der Lösungen in dieser Hinsicht, aber die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, nach der die Moleküle der Salze, deren Teile durch die mächtigsten Kräfte nach alten Meinungen zusammengehalten wurden, in ihre Ionen in wässriger Lösung zerlegt sind, sie müsste doch

grundfalsch sein. Die überaus meisten Angriffe wurden also gegen diesen Punkt gerichtet... [163, S. 16-17]

Vielen alten Herren ging das Aufblühen zu schnell, sie traten aus ihrer abwartenden Haltung heraus, wurden aber nachdrücklich zurückgewiesen, meistens von Ostwald, der dadurch die Abneigung gegen das Neue zum großen Teil auf seine Person hinüberzog. [163, S. 16]

1888 wurde eine Arbeit van't Hoff's in der Übersetzung von W. Ramsay in einer englischen Zeitschrift veröffentlicht. Damit begann ein Schriftwechsel zwischen Ramsay und Ostwald über die neue Theorie der Lösungen.

Im gleichen Jahr führte Ostwald eine experimentelle Untersuchung durch, die unter dem Namen „Ostwaldscher Radikalversuch“ bekannt geworden ist. Der Bericht darüber wurde 1889 von Ostwald und Nernst veröffentlicht. In einem Brief an W. Ramsay vom 17. Januar hat Ostwald dieses Experiment ausführlich beschrieben:

In ein Glasgefäß, das mit einer verdünnten Säure angefüllt war, wurde das Ende eines Platindrahtes eingetaucht. Wenn der Draht negativ aufgeladen war, begann an seinem Ende die Bildung von Wasserstoffbläschen. Ostwald erklärte, diese Tatsache sei ein weiterer überzeugender Beweis für die Existenz von Wasserstoffionen in der Lösung und für die osmotische Ionentheorie der Lösungen.

1890 organisierten die englischen Chemiker S. Pickering, G. Armstrong und W. Fitzgerald eine Sondersitzung der Britischen Vereinigung in Leeds, zu der sie van't Hoff und Ostwald einluden. Diese erklärten sich einverstanden. Sie wollten auf diesem Disput den Widerstand ihrer englischen Gegner brechen, Kleingläubige und Zweifler überzeugen und Anhänger gewinnen. Bevor Ostwald nach England reiste, um dort als Verteidiger der neuen Theorie der elektrolytischen Dissoziation aufzutreten, sagte er:

Ich fahre, um unter Ungläubigen ein neues Evangelium zu verkündigen... Ich hoffe, unsere Gastgeber sind nicht beleidigt wegen meiner Annahme, dass wir mit der wohlwollenden Absicht eingeladen worden sind, uns davon zu überzeugen, dass wir im Irrtum sind, und uns nach einer ordentlichen Lektion in Frieden gehen zu lassen. [105, 11, S. 125]

Die Geschichte der Wissenschaft kennt nur wenige solcher interessanten und denkwürdigen öffentlichen Dispute [20].

Die Diskussion begann mit einem großen Vortrag Pickering's zum Thema „Der gegenwärtige Stand der Hydrattheorie der Lösungen“ [187]. Pickering machte die Zuhörer mit den Arbeiten Mendelejew's zur Theorie der Lösungen bekannt. Dabei teilte er Resultate mit, die Mendelejew für Schwefelsäurelösungen ermittelt hatte.

Er nahm genauso wie Mendelejew an, dass es für Lösungen einer bestimmten molekularen Zusammensetzung im Diagramm „Zusammensetzung gegen Eigenschaften“ ausgezeichnete Punkte gebe. Er bemühte sich, die Hydrattheorie nicht nur auf konzentrierte, sondern auch auf verdünnte Lösungen anzuwenden und mit ihrer Hilfe die anomalen Erscheinungen, die man an Elektrolyten beobachtet hatte, zu erklären.

Pickering wandte sich gegen die Theorien von Arrhenius und van't Hoff. Er meinte, man dürfe das Lösungsmittel nicht als inertes, unbeteiligtes Medium betrachten. Zur

Arrheniusschen Theorie sagte er, die Theorie von der Dissoziation der Salze in Ionen sei den meisten Chemikern unverständlich, sie erscheine unvereinbar mit den Begriffen von der relativen Konstanz der verschiedenen Stoffe und mit dem Energieerhaltungssatz. S. Pickering hielt es für unwahrscheinlich, dass stabile Verbindungen, bei deren Bildung eine bedeutende Wärmemenge frei wurde, im Wasser fast vollständig dissoziiert sein sollten. Er fragte: „Wie können wir annehmen, ein Stoff sei um so mehr geneigt zu dissoziieren, je stabiler er ist?“ [187, S. 158]

Nach ihm traten D. Gladstone, J. Walker, W. Ramsay, G. Armstrong, W. Fitzgerald und O. Lodge auf.

Anfangs war der Ansturm der Gegner auf die Theorie der elektrolytischen Dissoziation außerordentlich stark. Ostwald schreibt dazu:

Die ersten Darlegungen dieses namhaften Kollegen (W. Fitzgerald - d. Übers.) ... enthielten einen Angriff, ... welcher bei seiner Energie und der hohen wissenschaftlichen Stellung des Gegners einen großen Eindruck zu machen nicht verfehlen konnte. In diesem Falle vollzog sich der Kampf der Meinungen größtenteils auf dem Weg privater Diskussionen, die, mit größtem Eifer während mehrerer Tage geführt, die Annäherung hervorbrachten ... [20, S. 419]

Zum Kernpunkt einer heißen Diskussion wurde die Behauptung Fitzgeralds, es gebe keinen vernünftigen Grund für die Annahme, dass Elektrolyte dissoziieren. Dem widersprach Ostwald natürlich und sagte, er habe viele Jahre vergeblich nach einem präzisen Gesetz für die Abhängigkeit der molaren Leitfähigkeit von der Konzentration gesucht, bis dann schließlich die Anwendung des Begriffs „Dissoziation“ auf die erwähnte Erscheinung sofort den Schlüssel dazu lieferte.

In der zweiten Bemerkung Fitzgeralds ging es darum, dass die nach den Theorien von van't Hoff und Arrhenius entdeckten bestimmten Verhältnisse der verschiedensten Eigenschaften von Lösungen noch lange kein Beweis für die Richtigkeit dieser Theorien seien. Darauf entgegnete Ostwald:

Die Wirklichkeit der Anschauungsschemata, in welche die durch diese Theorien aufgedeckten Gesetzmäßigkeiten gekleidet worden sind, ist freilich unbeweisbar, aber dies gilt für jede Theorie, sobald sie von anschaulichen Konstruktionen Anwendung macht, und ebenso ist für diese wie für alle anderen Theorien unbeweisbar, dass es keine anderen Schemata gibt, welche denselben gesetzlichen Inhalt zur Anschauung bringen...

Richtig aber sind die fraglichen Theorien doch insofern, als die durch sie gegebenen Beziehungen sich überall an der Erfahrung bewährt haben, Damit soll nicht gesagt sein, dass nicht noch manche Punkte der Aufklärung bedürfen, aber auch darin teilt diese Theorie dasselbe Schicksal mit allen anderen, selbst mit Newtons Gravitationstheorie ...

Die Schwierigkeiten, welche die kinetische Theorie der Lösungen macht, sind unzweifelhaft sehr groß; ich sehe aber keinen Grund, die kinetische Hypothese, welche sich in letzter Zeit mehr und mehr als ein ebenso schwierig zu handhabendes wie wenig förderndes wissenschaftliches Werkzeug erwiesen hat, auf die einfachen empirischen Tatsachen anzuwenden, welche durch die vollkommene Vergleichbarkeit (nicht nur äußere Analogie) der Stoffe in verdünnter Lösung mit denen im Gaszustande eine hinlänglich anschauliche Darstellung erhalten haben.

Die Anwendung einer Hypothese auf ein Tatsachengebiet kann doch nur den Zweck haben, neue Beziehungen aus den vorhandenen zu erschließen; ich vermag deshalb nicht einzusehen, wozu in diesem Falle die kinetische Hypothese nützen soll, da ihr die Erklärung der einfachsten Tatsachen in diesem Gebiete schon so erhebliche Schwierigkeiten macht, dass eine sichere Führung in

unbekannte Gebiete von ihr wohl noch lange Zeit nicht erhofft werden kann. (Ostwalds falsches Verhältnis zu den kinetischen Theorien hat seine Ursache in seinen energetischen Ansichten, ausführlicher siehe dazu Kap. 5. - die Aut.).

Alle die von Professor Fitzgerald betonten, aus diesem Anschauungsgebiet genommenen Schwierigkeiten sind somit Schwierigkeiten der kinetischen Hypothese und nicht solche der van't Hoff'schen Theorie und somit auf jenem Gebiet zu erledigen; gelingt dies nicht, so ist das ein Argument gegen die Brauchbarkeit jener, nicht aber gegen die Richtigkeit der letzteren. [20, S. 419-420]

Später erinnerte sich Ostwald:

In den ersten Tagen sprachen ausschließlich unsere Gegner, so dass man mit gewisser Berechtigung glauben konnte, wir seien wissenschaftlich schon geschlagen. Als dann endlich nach langandauernden und lebhaften persönlichen Streitgesprächen die Vertreter der neuen Ideen auch auf den öffentlichen Sitzungen zu Wort kamen, veränderte sich das Bild mit einem Male, so dass wir von unseren Gastgebern freundschaftlich und nicht ohne Triumph Abschied nehmen konnten. [177, S. 275]

W. Ostwald bediente sich bei derartigen Streitgesprächen der feinen Satire und des Humors. Sie wirkten mehr als jeder trockene streng logische Beweis, dessen Ausgangspunkt dem Gegner unannehmbar erscheinen musste.

Liebig hat sich selbst einmal so charakterisiert:

Ich bin von Natur aus nicht streitsüchtig; aber wenn es schon einmal zu einem Streit gekommen ist, erwacht in mir irgendeine Leidenschaft; dann lasse ich alles andere sein und gebe mich dem Kampfe hin; das ist aber keine Leidenschaft, die blind und unbedacht macht; es ist eine besondere Art Kampfesleidenschaft; all meine Sinne werden geschärft; ich fühle neue Kraft in mich strömen, [177]

Ähnlich ging es auch Ostwald. In seinem Bericht über die interessanten Tage in England, die viel zur Entwicklung der Wissenschaft und zur Klärung von strittigen Problemen beigetragen haben, schreibt Ostwald:

... muss ich mir ins Bewusstsein rufen, dass persönliche Empfindungen nicht in eine wissenschaftliche Abhandlung gehören. Sonst könnte ich es mir nicht versagen, des breiteren darzulegen, in welchem Maße uns Wanderpredigern einer ursprünglich mit Abneigung angesehenen neuen Lehre durch persönliches Entgegenkommen, unbegrenzte Gastfreundschaft und Nachsicht unsere Lage erleichtert und unsere Tätigkeit zu einer erfreulichen gemacht worden ist. [20, S. 426]

Im Anschluss an diese Tagung kam es jedoch zwischen Ostwald und Pickering zu einem Streit, der schärfere Formen annahm, über den Rahmen wissenschaftlicher Erörterungen hinausging und bis zu Beleidigungen und sogar gewissen Racheakten hinführte. In einem Brief an Arrhenius vom 2. Januar 1892 schreibt Ostwald:

Dass Pickering ein sorgfältiger Arbeiter ist, habe ich wiederholt anerkannt, dass er aber im Übrigen ein Hornochs ist, scheint er jetzt selbst einzusehen, da er ja zu 99 Prozent Ionier geworden ist. Ich bin so heftig gegen ihn geworden, weil er mich der Unehrllichkeit beschuldigt hat, und bin entschlossen, ihn bis auf weiteres überhaupt nicht mehr zu erwähnen. Von meinem

Lehrbuch ist das Kapitel ‚Lösungen‘ jetzt englisch herausgekommen; ich freue mich, dass P. in dem ganzen Buch nicht erwähnt worden ist. [146]

In der Periode des Streits zwischen „Ioniern“ und „Hydratisten“ kritisierte Ostwald in seiner Zeitschrift, und da besonders in den Referaten, oftmals ihm nicht genehme Ansichten in scharfer Form. Es ist klar, dass darauf eine Gegenreaktion folgte. So geschah das auch im Falle Pickerings. Ostwald erklärte, dass

... dieser Einwand einen solchen Mangel an Fähigkeit oder gutem Willen dieses Herrn (Pickering - d. Aut.) (erweist), die von ihm bekämpften Anschauungen zu verstehen, dass derselbe sich hierdurch jedes Anspruchs begeben hat, weiter in der Frage gehört zu werden. Weitere Äußerungen desselben werden, als nicht zur Entwicklung der Wissenschaft gehörig, an dieser Stelle keine Berücksichtigung mehr erfahren. [19, S. 237]

Als Antwort darauf schrieb Pickering:

Es wird mir gewiss erlaubt werden, einige Bemerkungen zu machen bezüglich der unduldsamen Art und Weise der Opposition, welche von einem Herrn bewirkt wird, der sein eigener Kritiker, sein eigener Herausgeber und Publizist ist. Es ist jedoch sehr zu bedauern, dass diese Unduldsamkeit ihn veranlasst, nicht nur die Gesetze der Höflichkeit zu ignorieren, sondern auch die Tatsachen nicht richtig wiederzugeben. [188]

Ende des Jahres 1892 hatte Ostwald nach Arrhenius' Worten "England zu 3/4 erobert. Diesen Herbst werden Ostwald und ich nach Edinburgh zur Tagung der Naturforscher fahren, er, um die Eroberung abzuschließen, und ich, um endlich ein paar Leute kennenzulernen" [165].

1895 erschien eine englische Übersetzung der „Theoretischen Chemie“ von Nernst [189]. Ostwald schreibt aus diesem Anlass:

Während in Amerika die neue Lehre fast nur überzeugte und begeisterte Jünger zählt ..., herrscht in England eine mehr oder weniger unbedingte Ablehnung vor, welche sich bis vor kurzem in immer wiederholter Polemik zu äußern pflegte. Wenn auch gegenwärtig diese im wesentlichen aufgehört hat, so scheint doch der stillschweigende Widerstand noch keineswegs überwunden, und es sind noch deutliche Anzeichen dafür vorhanden, dass, nachdem die Vernichtung der ketzerischen Lehre nicht gelungen war, doch das mögliche getan wird, um sie fernzuhalten und ihren Einfluss einzuschränken.

Dem steht in merkwürdigem Widerspruch die Tatsache entgegen, dass die deutschen Werke, welche in den letzten Jahren über dieses Gebiet veröffentlicht worden sind, nicht nur vielfach ins Englische übersetzt worden sind, sondern auch in dieser Gestalt einen sehr erheblichen Absatz gefunden haben. Es wird sich also hier wahrscheinlich so verhalten, dass zwar die älteren Fachgenossen (mit einzelnen rühmenswerten Ausnahmen), welche die öffentliche Stimme beherrschen, noch als Gegner zu betrachten sind, dass aber das heranwachsende Geschlecht bereits im wesentlichen gewonnen ist und der Übergang zu den neuen Anschauungen sich auch in der Öffentlichkeit daher nach kurzer Frist unwiderstehlich vollziehen wird. [30]

Der englische Chemiker G. Armstrong stellte in einer seiner Arbeiten fest, dass die Theorie der elektrolytischen Dissoziation „von der hinreichend bekannten Schule von Chemikern, an deren Spitze Ostwald, der jeden, der diese Ansichten nicht mit ihm teilen will, zum Ketzer erklärt, der einen schlimmen Tod verdiene, steht, nicht als fruchtbrin-

gende Hypothese, sondern als absolute Wahrheit aufgefasst wird“ [190].

Armstrong wollte eine Diskussion über die allseitige Anwendbarkeit und Wahrscheinlichkeit dieser Theorie in Gang bringen und trat heftig gegen die deutsche Schule von Physikochemikern und für die chemische Betrachtungsweise der Natur der Lösungen ein.

Unter den russischen Wissenschaftlern verbreitete sich die Arrheniussche Theorie nur langsam und unter heftigem Widerstand ihrer Gegner. Gegner der Theorie der elektrolytischen Dissoziation waren in Russland D. I. Mendelejew, N. N. Beketow, D. P. Konowalow, F. M. Flawizki, P. D. Chrustschow, W. F. Timofejew und viele andere.

W. Ostwald stand Mendelejews Untersuchungen über die Lösungen wohlwollend gegenüber. In seinen Briefen hat er auf die große Bedeutung von Mendelejews Arbeiten auf diesem Gebiet hingewiesen. Über das Buch „Untersuchungen an Lösungen mit Hilfe des spezifischen Gewichts“ (1887) schrieb er z. B. an Mendelejew:

Ihr Buch enthält eine ungeheure Arbeit. Auch ich hoffe von der Aufnahme dieser Probleme eine folgenreiche Entwicklung der Wissenschaft ...

In seinen Veröffentlichungen jedoch schätzte er die chemische Theorie der Lösungen ganz anders ein.

Später schrieb Ostwald in seiner Selbstbiographie:

Eine Belebung erfuhr die Frage durch das Eingreifen des berühmten russischen Chemikers D. Mendelejew ... Mit den meisten Chemikern seiner Zeit nahm er an, dass zwischen Lösungsmitteln und Gelöstem chemische Verbindungen entstehen, zu deren Nachweis er ein Mittel erdacht hatte, das ebenso originell wie falsch war. [105,III, S. 128-129]³⁴

Wenn Ostwald in seiner Zeitschrift Bücher von Anhängern der chemischen Theorie der Lösungen referierte, verhielt er sich ihren Ergebnissen und theoretischen Schlussfolgerungen gegenüber stets überaus skeptisch. So schrieb er im Jahre 1892 zu einem Buch von Scott [191], dass „die Tage der sogenannten Hydrattheorie auch in England gezählt sind“. Dabei fügte er hinzu, dass „damit ein großes Hindernis der wissenschaftlichen Entwicklung weggeräumt sein würde“ [23, S. 526].

W. Ostwald und S. Arrhenius verfolgten den Kampf der Anhänger der neuen und der alten Vorstellungen über die Natur der Elektrolytlösungen in Russland sehr aufmerksam. Speranski teilte Kablukow am 8. März 1890 mit:

Tammann hat Ostwald geschrieben, dass Sie in Ihrem Vortrag auf der Tagung gegen die Ionentheorie aufgetreten sind; auch Arrhenius, der auf einige Tage nach hier gekommen ist, hat davon gehört; ich habe das in Erinnerung an unser Gespräch abgestritten, dann kamen mir aber doch Zweifel.

³⁴Es sei angemerkt, dass Ostwalds Kritik der Hydrattheorie auf falschen Vorstellungen beruhte, nach denen es in Lösungen keine Diskretheit, keine Unterbrechungen der Kontinuität geben sollte. Er schreibt: „Nach allem, was wir über das Verhalten homogener flüssiger Systeme wissen, sind Unstetigkeiten in demselben nicht vorhanden; speziell geben die bisher bekannten Gesetze des chemischen Gleichgewichts nicht den mindesten Anlass, zu erwarten, dass, wenn man in einem homogenen Gemenge die Verhältnisse der Anteile stetig ändert, unstetige Änderungen der entsprechenden Gleichgewichtszustände oder Änderungen mit unstetigen Differentialquotienten die Folge sein werden.“ [20, S. 417]

Es wäre für mich sehr interessant zu wissen, ob Sie Ihre Ansicht über die Ionentheorie geändert haben oder nicht. Jeder Angriff auf die Ionen geht Ostwald offensichtlich sehr zu Herzen, und er war mit Beketows Einwänden gegen Ihren Vortrag sehr unzufrieden. Ich meinerseits werde immer mehr zum Gegner dieser Theorie. [192]

Im Anfang schien es so, als stünden die chemische und die physikalische Theorie der Lösungen in unversöhnlichem Widerspruch zueinander, als schlossen sie sich gegenseitig aus. Es gibt nicht wenige Beispiele in der Geschichte der Wissenschaft, wo zwei Lehren im Anfangsstadium der Entwicklung völlig unvereinbar erscheinen. Mit der Zeit stellt sich aber dann heraus, dass die Widersprüche gar nicht so unversöhnlich sind, wie man anfangs glaubte, und dass jede der Theorien nur eine extreme und einseitige Lösung des Problems darstellt.

1891 wies Kabulkow auf den Unterschied zwischen Arrhenius' Ansichten und denen, die man ausgehend von der Theorie Mendelejews entwickeln konnte, hin. Er schreibt:

Unserer Meinung nach geht das Wasser, wenn es die Moleküle des gelösten Stoffes zerlegt, mit den Ionen instabile Verbindungen ein, die sich im Zustand der Dissoziation befinden; nach Arrhenius' Meinung jedoch bewegen sich die Ionen frei, ähnlich den isolierten Atomen, wie sie bei der Dissoziation der Halogenmoleküle bei hohen Temperaturen gebildet werden, [183, S. 86]

Die wesentlichste Schlussfolgerung seiner Untersuchung formulierte Kablukow so:

Die Lösung eines Stoffes in einem anderen muss man als ein Medium betrachten, in dem sich ein Gemisch verschiedener Produkte der chemischen Wechselwirkung zwischen Lösungsmittel und gelöstem Stoff befindet. Das Lösungsmittel verändert durch seine Einwirkung auf den gelösten Stoff dessen physikalische und chemische Eigenschaften, und von der Stärke der Wechselwirkung zwischen dem gelösten Stoff und dem Lösungsmittel hängen alle Eigenschaften der Lösung ab. [183, S. 215]

Kablukow und Kistjakowski waren Wissenschaftler, die sich um Wege zur Vereinigung der chemischen Theorie der Lösungen und der Theorie der elektrolytischen Dissoziation bemühten und sie auch fanden. Kablukow schreibt:

Ich werde nie vergessen, welch heftigen Streit es oftmals in unserer chemischen Abteilung der Gesellschaft der Freunde der Naturwissenschaft, Anthropologie und Ethnographie, aber auch auf den Tagungen der russischen Naturforscher und Ärzte wegen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation gab. An diesen Debatten beteiligten sich so bedeutende Vertreter der russischen Wissenschaft wie das Akademiemitglied N. N. Beketow, mein Lehrer W. W. Markownikow, Professor F. M. Flawizki von der Universität Kasan, und sie alle griffen diejenigen jungen Leute an, die sich entschlossen hatten, für die Theorie der Lösungen einzutreten. [193]

Das Erscheinen von Kablukows Dissertation vermerkte Ostwald in seiner Zeitschrift in einem speziellen Referat, in dem er auf die Bedeutung dieser Arbeit hinwies und in groben Zügen ihren Inhalt wiedergab. Dort heißt es:

Unter allen Umständen darf man die Schrift als ein erfreuliches Zeichen des wachsenden Interesses unserer slawischen Nachbarn für die darin behandelten Gegenstände begrüßen. [19, S.

699]

Mit der Zeit begann die Diskussion um die Theorien von Arrhenius und van't Hoff zu verstummen. Neue Theorien fanden Anerkennung, wurden verbreitet und angewendet [27, S. 409-421].

Arrhenius konnte nicht ohne Stolz schreiben:

Die Lage der ‚Ionier‘ ist außerordentlich günstig ... Ich denke, jeder von uns hat Grund, sich aufrichtig zu freuen. Wahrscheinlich hat dazu in großem Maße beigetragen, dass die verschiedenen auf diesem Gebiet arbeitenden Wissenschaftler so einmütig aufgetreten sind, und dass im Gegensatz zu dem, wie es leider zu oft in wissenschaftlichen Dingen der Fall ist, es hier weder wilden Hass noch eine Herabwürdigung von Verdiensten gegeben hat. Auf der einen Seite dies, auf der anderen die populären Veröffentlichungen Ostwalds in Lehrbüchern und Zeitungen. [165]

Nachdem sie um den Gedanken der Hydratation der Ionen erweitert war, feierte die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, für die sich Ostwald mit solchem Feuereifer eingesetzt hatte, einen Sieg nach dem anderen.

Ende der 90er Jahre wurde nach Arrhenius' Worten „die wilde Heerschar der ‚Ionier‘ älter und viel zahmer. Die guten alten Zeiten waren vorüber. Alle waren sich darin einig, dass irgendetwas Neues kommen müsse“ [165]. Das sah auch Ostwald.

Er machte mit den Forschungen zur Theorie der Lösungen Schluss und wählte ein neues, verführerisches und wenig erforschtes Gebiet - die Katalyse. Am 21. Januar 1899 schreibt Ostwald an Arrhenius:

Deine letzte physiologische Arbeit mit ihren Beziehungen auf die Luftelektrizität und deren mögliche Wirkung auf die Bildung von Katalysatoren im Organismus hat mich lebhaft interessiert. Überall tritt uns die Katalyse entgegen, und wir haben allen Grund, uns sehr ernsthaft mit ihr zu beschäftigen. [146]

Einige Jahre später sagte Ostwald:

Als das Leipziger physikalisch-chemische Institut in sein neues schönes Heim übersiedelte, ging ich nicht ohne Sorge der neuen Periode entgegen. Die eben abgeschlossene war so fruchtbar gewesen. Große Gebiete, wie die chemische Dynamik und die Elektrochemie, hatten grundsätzliche Förderung erfahren, und es schien, als sollte für das neue Heim an Stelle der frischfröhlichen Eroberungszüge in das neue Land nur noch die nüchterne Aufgabe der Durcharbeitung des Gewonnenen übrigbleiben.

Da sagte ich mir: ein Stückchen Urwald wenigstens müssen wir haben, und das Glück des Vordringens ins möglichst Unbekannte wollen wir um keinen Preis missen. Und von allen Richtungen, die wir zu diesem Zweck einschlagen konnten, schien mir keine dankbarer und hoffnungsreicher als die Katalyse. [105, II, 270]

Später schrieb Ostwald als Erklärung, warum gerade von den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts an Untersuchungen aus der chemischen Kinetik und der Katalyse in der physikalisch-chemischen Forschung so in den Vordergrund traten:

Es ist für die Technik von hoher Bedeutung, die Gesetze der Reaktionsgeschwindigkeit zu kennen, da nur auf solcher Kenntnis die systematische Beherrschung der benutzten Vorgänge, die

ja alle in der Zeit verlaufen, möglich ist. Insbesondere für langsame Reaktionen ist dies wichtig, um womöglich ihre Beschleunigung zu erzielen, denn Zeit ist Geld, in der chemischen Industrie ebenso wie in jeder anderen. [53, S. 26]

3.5 Die Katalyse

Im Jahre 1909 erhielt Ostwald den Nobelpreis für seine Arbeiten auf dem Gebiet der Katalyse. Zu der Zeit hatte er seine experimentellen Untersuchungen auf diesem Gebiet schon eingestellt, aber in seinen Veröffentlichungen und Büchern befasste er sich noch oft mit diesem Thema.

Die Untersuchung des Charakters katalytischer Erscheinungen und der Rolle von Katalysatoren ist ein Thema, das sich fast durch die gesamte wissenschaftliche Biographie Ostwalds hindurchzieht, und experimentelle Arbeiten aus den verschiedensten Bereichen der Katalyse nehmen in seinem wissenschaftlichen Schaffen breiten Raum ein.

Bei Ostwalds Arbeiten über die Katalyse lassen sich verschiedene Richtungen unterscheiden:

1. Wissenschaftshistorische Analysen der Problematik - frühe Arbeiten auf diesem Gebiet, Herausbildung erster Vorstellungen von der Katalyse und ihrer Theorie;³⁵
2. experimentelle Untersuchungen katalytischer Prozesse - größtenteils Untersuchungen der Kinetik katalytischer Reaktionen (Rohrzuckerinversion, Zerfall von Estern in wässriger Lösung unter Einwirkung von Säuren und Neutralsalzen, Verseifung von Estern u. a. m.);
3. allgemeine Probleme der Katalyse - das Wesen dieser Erscheinung, Formulierung der entsprechenden Begriffe, Klassifizierung der katalytischen Erscheinungen;
4. Probleme der biologischen Katalyse - theoretische und experimentelle Aspekte.

W. Ostwald machte darauf aufmerksam, dass man es auf fast allen Abschnitten des großen Gebietes der Chemie mit katalytischen Erscheinungen zu tun habe. Die Rolle eines Katalysators spielen das Stickstoffdioxid und Platin bei der Herstellung von Schwefelsäure, Aluminiumchlorid bei den Friedel-Crafts-Reaktionen usw.

„Kurz, wohin wir sehen, treffen wir katalytische Vorgänge an“, sagt Ostwald in seinem Vortrag „Chemische Dynamik“ [53, S. 290].

W. Ostwald war der Meinung, dass die Katalyse nicht nur im Rahmen der Chemie, sondern auch über ihre Grenzen hinaus gewaltige Bedeutung hätte. Er war zutiefst davon überzeugt, dass die Wissenschaft mit der Erforschung der Katalyse den Schlüssel zu vielen biologischen Problemen finden werde.

W. Ostwald wies auch auf die Bedeutung einer philosophischen Analyse katalytischer Erscheinungen hin, weil sie zum tieferen Verständnis solcher Dinge wie des zeitlichen Verlaufs, der Ursache, der Voraussetzung und der Folge von Prozessen führen könne.

³⁵Damit, dass wir diese Richtung an die erste Stelle setzen, soll nicht zum Ausdruck gebracht werden, dass sie unter Ostwalds Arbeiten zur Katalyse die wichtigste sei.

Ostwalds Verdienste auf dem Gebiet der Katalyse sind mit seinen theoretischen Erkenntnissen zu allgemeinen Fragen der Katalyse nicht erschöpft; wichtig sind auch bestimmte konkrete Untersuchungen, die die Entwicklung dieses Gebiets der Chemie stark gefördert haben, und seine große Rolle als Organisator katalytischer Forschungen. Er lenkte die Aufmerksamkeit vieler Wissenschaftler, in erster Linie derer, die in seinem Leipziger Institut tätig waren, auf dieses Gebiet. Er öffnete den jungen Wissenschaftlern die Augen für die Bedeutung dieses Problems als Ganzes und seine verschiedenen Aspekte für die Wissenschaft und die Praxis.

Nicht alle Anschauungen Ostwalds hielten der Prüfung durch die Zeit stand und fanden Eingang in den ewigen Bestand der Wissenschaft, aber es steht außer allem Zweifel, dass seine Arbeiten eine bestimmte Epoche der Entwicklung der Katalysforschung repräsentieren, dass sie ein bedeutender Meilenstein in ihrer Geschichte sind und ihre Entwicklung beschleunigten.

Es gibt wohl unter den Gelehrten um die Jahrhundertwende niemanden, der das Problem der Katalyse so vielseitig und umfassend behandelt hätte wie Ostwald.

3.6 Wissenschaftshistorische Arbeiten Ostwalds zur Katalyse

Ostwald war wohl der erste, der die Entwicklung der Vorstellungen und Forschungen auf dem Gebiet der Katalyse systematisch darstellte, der die Bedeutung der einzelnen Arbeiten für den weiteren Fortschritt einzuschätzen versuchte und die Zusammenhänge der Katalyse mit den verschiedenen Entwicklungsrichtungen der Chemie und der angrenzenden Wissenschaften, besonders der Biologie, aufdeckte.

Ostwald machte in vielen seiner Werke historische Ausflüge; die vollständigste historische Analyse des Katalyseproblems ist wohl in seiner bekannten Rede über die Katalyse, die er 1901 in Hamburg auf der Tagung der deutschen Naturforscher, und Ärzte hielt,³⁶ und in seinem Buch „Leitlinien der Chemie“ [53] enthalten.

In diesen Darstellungen der Geschichte der Katalysforschung finden sich einige interessante Äußerungen Ostwalds zu methodologischen Problemen der Geschichte der Wissenschaft.

Die Geschichte der Katalyse beginnt nach Ostwalds Darstellung mit dem Petersburger Chemiker K. S. Kirchhoff, der in den Jahren 1811/1812 die Entdeckung machte, dass Stärke unter der Einwirkung verdünnter Säuren zuerst in Dextrin und dann in Zucker übergeht [194].

Dabei erfährt die Säure keinerlei Veränderungen. Einige Säuren; wie z. B. Schwefel- und Salzsäure, wirken stark, die Phosphorsäure wirkt schwächer, und bei der Einwirkung von Essigsäure entsteht überhaupt kein Zucker. Beim Kochen von Stärke mit Wasser bildet sich Dextrin, das unter diesen Bedingungen nicht in Zucker übergeht. Etwas später konnte Kirchhoff zeigen, dass Stärke durch die Anwesenheit von Malz schneller vollständig in Zucker umgewandelt wird als durch die von Schwefelsäure.

³⁶1923, zum 70. Geburtstag Ostwalds, veröffentlichte sein Schüler G. Bredig, ein bedeutender deutscher Chemiker, diese Rede nochmals in der Reihe „Ostwalds Klassiker“ (Nr. 200), wobei er sie durch eine biographische Einleitung und Anmerkungen ergänzte.

Mitscherlich konnte überzeugend nachweisen, dass nicht die wasserentziehende Wirkung der Schwefelsäure für die Ätherbildung entscheidend ist, denn in Gegenwart anderer wasserentziehender Stoffe entsteht aus Alkohol kein Äther. Es stellte sich heraus, dass man die bei der Reaktion freiwerdende Wassermenge trotz der Schwefelsäure abdestillieren kann.

Mitscherlich kam deshalb zu dem Schluss, dass die Schwefelsäure im vorliegenden Fall die chemische Reaktion allein durch ihre Anwesenheit auslöst, wobei sie selbst nicht an der Reaktion teilnimmt.

Er fasste auch die meisten zu der Zeit bekannten katalytischen Reaktionen wie die Bildung und Zerlegung von Estern, die Stärkehydrolyse durch Säuren, chemische Reaktionen an Metalloberflächen, die Vergärung von Zucker und die Zerlegung von Alkohol zu Äthylen und Wasser mit Hilfe von Schwefelsäure zu einer Gruppe zusammen.

In den 30er Jahren erschienen dann erste theoretische Verallgemeinerungen derjenigen chemischen Erscheinungen, die von Berzelius als katalytische Prozesse bezeichnet worden waren (1835), von Berzelius selbst und von Liebig.

Die von Ostwald angestellte vergleichende Analyse dieser beiden Arbeiten ist interessant, weil sie einen guten Überblick über die wissenschaftshistorischen und methodologischen Positionen des Autors verschafft.

Bekanntlich hat Berzelius 1835 den Begriff „katalytische Kraft“ geprägt, diese Kraft sollte bei allen Vorgängen wirksam sein.³⁷ Er schreibt:

Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, dass Körper durch ihre bloße Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei dieser Temperatur schlummernden Verwandtschaften zu erwecken vermögen, so dass zufolge derselben in einem zusammengesetzten Körper die Elemente sich zu solchen anderen Verhältnissen ordnen, durch welche eine größere elektrochemische Neutralisierung hervorgebracht wird. [53, S. 281]

Ostwald interpretiert diese Behauptung Berzelius' folgendermaßen: Es gibt chemische Systeme, die sich nicht im Gleichgewicht befinden, aber ungeachtet dessen keine Veränderungen zeigen; die katalytische Kraft weckt die „schlummernde Verwandtschaft“, d. h., sie überführt das System in einen stabileren Zustand. Nach Ostwalds Auffassung besteht das Verdienst Berzelius' darin, dass er alle chemischen Reaktionen, die die oben geschilderte Besonderheit aufweisen, zur Klasse der katalysierten Reaktionen zusammengefasst hat.

Ebenfalls wichtig ist nach Ostwald, dass Berzelius vor der verfrühten Aufstellung einer Theorie der Katalyse gewarnt hat, weil beim damaligen Entwicklungsstand nur spekulative Theorien möglich gewesen wären.

Liebig hingegen verwarf den von Berzelius geprägten Begriff, „weil er (wie dies Berzelius beabsichtigt hatte) keine Erklärung der Erscheinungen enthielt oder versprach“ [53, S. 284-285]. Er selbst entwickelte die nach Ostwalds Auffassung „unfruchtbare Hypothese der molekularen Stöße“ [53, S. 285]. Nach dieser Hypothese soll der Katalysator seine

³⁷Berzelius' Arbeiten zur Katalyse erregten in hohem Maße die Aufmerksamkeit seiner Zeitgenossen, wurden sehr rege diskutiert und von Wissenschaftlern späterer Generationen sehr unterschiedlich eingeschätzt [196].

Schwingungen auf den reagierenden Stoff übertragen.

J.v. Liebig sah eine Erhöhung der Aktivität der reagierenden Stoffe als Ursache der Katalyse an. Er unterteilte die chemischen Verbindungen nach ihrer Beständigkeit. Danach zerfallen beständige Stoffe durch Wärmeeinwirkung oder durch Reaktion mit aktiven Stoffen, unbeständige Stoffe zerfallen allmählich von selbst. Dieser allmählich ablaufende Zerfall könne durch die Berührung mit feinverteilter Kohle, mit Platin und ungezählten anderen festen Stoffen stark beschleunigt werden, wobei die genannten Stoffe keinerlei Veränderung erführen.

Diese Stoffe sollten als Träger „einer verstärkten Bewegung ihrer Bestandteile“ wirken, die durch Berührung auf die Teilchen der reagierenden Stoffe übertragen würde.

Ostwald hielt diese Theorie für nutzlos, sie habe auf die weitere Entwicklung der Ansichten über die Katalyse keinen Einfluss gehabt. Dabei führte er gegen Liebigs Vorstellungen von der Katalyse folgende Argumente ins Feld:

1. Die den Teilchen des Katalysators zugeschriebenen Bewegungen könnten weder bewiesen noch gemessen werden;
2. (nach Ostwalds Meinung der Hauptmangel dieser Theorie) - sie lasse „keinerlei mehr oder weniger wahrscheinliche experimentelle Schlüsse ..., deren Richtigkeit dann an der Erfahrung zu prüfen wäre“, zu [53, S. 289], d. h. mit anderen Worten, die Hypothese wäre nicht in der Lage, ihre Wirksamkeit zu beweisen.

Ostwald war der Meinung, jede Hypothese müsste in der Lage sein, Hinweise auf noch unbekannte Zusammenhänge zu geben, die experimentell überprüfbar wären und es möglich machten, die beschriebene Erscheinung mit irgendeinem anderen Fakt zu verknüpfen, und uns damit die Möglichkeit verschaffen nachzuprüfen, ob ein solcher Zusammenhang tatsächlich existiert.

Beschränkt sich das Bild auf die darzustellende Tatsache allein, so ist es ein leerer Name, der keinerlei Folgen hat. [53, S. 289]

Liebigs mechanistische Theorie der Katalyse, nach Ostwalds Worten „die unfruchtbare Hypothese der molekularen Stöße“, sei von den aufgezählten Unzulänglichkeiten gezeichnet und bringe daher das ganze Katalyseproblem kein Stück voran.

Ostwald weist darauf hin, dass dieser Katalysebegriff Liebigs aus seinen Vorstellungen über die Wirkungsweise der Hefe entstanden sei; darüber war zu der Zeit gerade ein Streit mit Pasteur im Gange. Pasteur betrachtete die Umwandlung von Zucker in Alkohol und Kohlendioxid unter dem Einfluss von Hefe als Resultat der Lebenstätigkeit der Hefezellen, während Liebig diese Wirkung damit erklärte, dass in der Hefe enthaltene, im Zerfall befindliche organische Stoffe den Anstoß zum Zerfall des Zuckers gäben.

Indem er die „Achillesferse“ der Liebigschen Katalysekonzeption vermerkt, kann sich Ostwald nicht eines antiatomistischen Ausfalls enthalten. Er bringt den Stillstand, der so lange Zeit auf dem Gebiet der Katalysforschung geherrscht hat, damit in Zusammenhang, dass die führenden Positionen in der Chemie von der Atomistik, die diese Erscheinungen ignoriert habe, besetzt gewesen seien. Dazu schreibt er:

... gerade von dieser Beschaffenheit ist nun die mechanische Theorie der Katalyse. ... Hierauf gibt keiner von den vielen Vertretern der mechanischen Hypothese irgendeine Auskunft. Eben-
sowenig gehen von der Hypothese bestimmte Fragen über die möglichen Gesetze der Wirkung
aus, und das ganze Problem bleibt mit der Hypothese ebenso stehen, wie es vor der Hypothese
stand. [53, S. 289]³⁸

Mit diesen Worten ignoriert Ostwald jedoch die geschichtliche Wahrheit, denn etwa von
den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts an erweiterte sich die Zahl der katalytischen Er-
scheinungen vorwiegend dank der Entdeckung neuer organischer Reaktionen und dank
der Neuanwendung früher bekannter Reaktionen, d.h., gerade diejenigen Chemiker, die
fest auf dem Boden der Atom- und Molekültheorie standen, widmeten diesem Problem
die größte Aufmerksamkeit.

Die Atomtheorie war für diese Wissenschaftler eine wirksame Waffe bei der Forschungs-
arbeit, und sie waren davon überzeugt, dass man ohne Verständnis für das sonderbare
„Spiel“ der Atome und Moleküle unmöglich in die Geheimnisse der Katalyse eindringen
könne.

Nach Ostwalds Auffassung ist das Fehlen einer allgemeinen Konzeption katalytischer
Prozesse bis ins letzte Viertel des 19. Jahrhunderts hinein damit zu erklären, dass der
Zeitbegriff noch nicht im nötigen Umfang in die Chemie Eingang gefunden hatte - es
fehlten noch systematische Untersuchungen der Geschwindigkeit chemischer Umset-
zungen, die die wesentlichste Grundlage zur Erforschung katalytischer Prozesse seien;
eine vernünftige Forschung auf dem Gebiet der katalytischen Erscheinungen sei ohne
die chemische Kinetik unmöglich.

Entsprechend Ostwalds Definition nämlich besteht die Katalyse „in einer Veränderung
der Reaktionsgeschwindigkeit durch Stoffe, welche nicht als Bestandteile in den End-
produkten erscheinen“ [105, II, S. 262].

Ostwald hat sehr richtig festgestellt, dass der Stillstand in der Katalysforschung durch
eine „rationelle Begriffsbildung“ überwunden werden könne. Man müsse sich allgemein
dessen bewusst werden, „dass es bei der Katalyse um Probleme der chemischen Ki-
netik geht“. Er hielt es für unbedingt notwendig, alle katalytischen Probleme mit den
Mitteln der chemischen Kinetik zu lösen, da nur so eine quantitative Bewertung des
Katalyseeffekts möglich sei. Dazu schreibt er selbst:

Ich weiß kein Beispiel in der Geschichte der Wissenschaft, wo die Ausführung der Begriffsbildung
allein, ohne irgendwelche erhebliche Vermehrung des tatsächlichen Materials, ihre entscheidende
und fördernde Wirkung auf die Fortentwicklung der Wissenschaft so glänzend offenbart hätte,
wie in diesem Beispiel. [53, S. 292]

Seiner Meinung nach waren also weniger experimentelle Erfolge, die die Wissenschaft
lediglich um neue, aber unzusammenhängende Fakten bereicherten, sondern die Schaf-
fung eines Katalysebegriffs, der all diese Fakten zu einem System vereinigte und den
Zusammenhang zwischen Katalyse und chemischer Kinetik herstellte, entscheidend da-
für, dass ein solcher Umschwung in der Katalysforschung eingeleitet wurde.

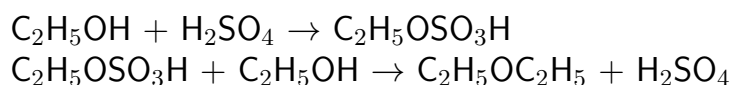
Man kann daraus ersehen, wie hoch Ostwald die Bedeutung theoretischer Vorstellungen

³⁸Ostwald verstand unter einer „mechanistischen Weltanschauung“ die atomistischen Vorstellungen.

für die Lösung wissenschaftlicher Probleme einschätzte.

In der schon erwähnten Rede von 1901 hat Ostwald die Entwicklung der Katalysevorstellungen bei weitem nicht vollständig umrissen. So beschränkt er sich, als er die ersten Arbeiten über Reaktionszwischenprodukte als Erklärung katalytischer Erscheinungen erwähnt, auf einen Hinweis auf die Arbeit von Clement und Desormes über die Oxydation des Schwefeldioxids, vergisst aber eine überaus fruchtbringende Arbeitsrichtung der organischen Chemie, die durch die Arbeiten von A. Williamson über den Bildungsmechanismus einfacher Äther eingeleitet wurde [197].

A. Williamson erforschte in den Jahren 1851/52 die Ätherbildung aus Alkohol durch Schwefelsäure. Er konnte beweisen, dass sich zuerst. Äthylschwefelsäure bildet, die dann ihre Äthylgruppe auf ein Alkoholmolekül überträgt:



Es handelt sich also um einen Zweistufenprozess; zuerst bildet sich ein Zwischenprodukt, dessen Umsetzung mit Alkohol den Äther ergibt. Dabei regeneriert sich die Schwefelsäure.

In einer Rezension des erwähnten Vortrags von Ostwald hat schon L. A. Tschugajew auf die große Bedeutung dieser Arbeiten hingewiesen. Tschugajew machte besonders darauf aufmerksam, dass Ostwald im geschichtlichen Teil seiner Rede nicht genügend objektiv gewesen sei.

Dieser Umstand ist um so seltsamer, als Ostwald selbst, wie übrigens auch aus dem Text seiner Rede zu entnehmen ist, in letzter Zeit dieser Theorie, die auf Williamson zurückgeht, wesentlich wohler gesonnen ist als früher. [198]

In späteren Arbeiten hat Ostwald dieser Theorie große Aufmerksamkeit zugewandt und auf ihre Bedeutung in der Geschichte der Katalyse verwiesen. So lesen wir z. B. in den „Leitlinien der Chemie“:

Der Gedanke, katalytische Vorgänge durch Zwischenreaktionen zu erklären, ist viel älter als der Begriff der Katalyse selbst, denn er stellt die erste sachgemäße Theorie der Schwefelsäurebildung dar ... [53, 5. 304]

Wie wir noch zeigen werden, ergibt sich die Theorie von den Reaktionszwischenprodukten notwendig aus der allgemeineren Konzeption, die Ostwald in seiner Stufenregel formuliert hat.

1904 schrieb Ostwald, dass diese Theorie bei der Katalyse schon breite Anwendung gefunden habe. In seinem Nobelvortrag 1909 stellte er jedoch fest, dass es keine ausreichenden Grundlagen dafür gebe, alle katalytischen Reaktionen durch einen Reaktionsverlauf in mehreren Teilschritten, über Zwischenprodukte, zu erklären. Er weist aber darauf hin, dass es zur Zeit noch kein Katalyseprinzip gebe, das in seiner Wirksamkeit mit der Lehre von den Teilschritten katalytischer Reaktionen vergleichbar wäre.³⁹

³⁹Man kann sich keinesfalls mit der Behauptung von W. I. Kusnezow [196] einverstanden erklären, dass Ostwald die Theorie von den Zwischenprodukten faktisch abgelehnt habe. In Ostwalds frühen

3.7 Experimentelle Untersuchungen

Experimentelle Forschungen zur Katalyse nahmen im Programm von Ostwalds Rigaer und Leipziger Laboratorium und besonders dann am physikalisch-chemischen Institut einen bedeutenden Platz ein. Diese Untersuchungen wurden teils von Ostwald allein, teils gemeinsam mit Mitarbeitern, teils auch von im Laboratorium arbeitenden Praktikanten durchgeführt. Charakteristisch für Ostwalds experimentelle Arbeiten zur Katalyse ist die große Vielfalt von Problemen, denen sie gewidmet sind.

Am Anfang stehen eine Reihe von Arbeiten zur Esterverseifung in wässrigen Lösungen. Sie ergaben, dass dieser Vorgang mit sehr geringer Geschwindigkeit abläuft, dass bei Zugabe von Säuren die Geschwindigkeit stark zunimmt und dass sie von Menge und Art der zugegebenen Säure abhängig ist. Bei der Zugabe von Weinsäure dauert dieser Vorgang einige Wochen, bei der Zugabe von Salzsäure nur Stunden.

Ostwalds Ergebnisse [5] lassen sich so zusammenfassen: Zu einem beliebigen Zeitpunkt ist die Zerfallsgeschwindigkeit des Esters seiner Konzentration proportional, d. h., die Geschwindigkeitskonstante ändert sich nicht, die katalytische Wirkung der Säuren nimmt mit deren Dissoziationsgrad zu, wobei die Geschwindigkeitskonstante in erster Näherung der Wasserstoffionenkonzentration proportional ist; die katalytische Aktivität der Wasserstoffionen nimmt in Gegenwart von Neutralsalzen merklich zu.

Der Beginn von Ostwalds Arbeiten zur Katalyse lag etwas früher als die Arrheniussche Theorie der elektrolytischen Dissoziation.

Schon von 1882 an führte Ostwald Untersuchungen der katalytischen Aktivität von Säuren anhand von vergleichenden Messungen von Reaktionsgeschwindigkeiten (Hydrolyse von Acetamid, Verseifung von Methylacetat, Rohrzuckerinversion) durch. Das Ziel dieser Arbeiten war die Ermittlung der Aktivität der Säuren.

Ostwald fand eine Proportionalität zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Säuren und der Geschwindigkeit der von ihnen katalysierten Reaktionen. Nach den damaligen Vorstellungen (bevor es die Theorie der elektrolytischen Dissoziation gab) sollte die Leitfähigkeit eines Stoffes um so größer sein, je größer die Verwandtschaft zwischen den Teilchen seiner Moleküle wäre, d. h. im Falle von Säuren, je stärker die Bindungskräfte H-X wären.

Ostwalds Versuche ergaben das Gegenteil: Eine Säure war um so aktiver, je schwächer die Bindung H-X war, d. h. je beweglicher das Wasserstoffatom war.

Anfangs versuchte Ostwald, diesen Widerspruch zu beseitigen, indem er ein besonderes mechanisches Modell des Säuremoleküls annahm. Danach sollte das Wasserstoffatom mit dem restlichen Molekül durch eine chemische Verwandtschaftskraft verbunden sein, die sich in Form einer wechselnden mechanischen Kraft äußerte.

Das Wasserstoffatom sollte sich in einem Schwingungszustand befinden, und sein Austausch gegen ein anderes Atom oder Radikal sollte dann am leichtesten möglich sein, wenn zwischen ihm und dem restlichen Teil des Moleküls ein Minimum an Anziehungs-

Arbeiten zur Katalyse ist eine gewisse Unterschätzung dieser Theorie zu verzeichnen, aber in späteren Arbeiten zählte Ostwald diese Theorie zu den wirksamsten unter den Katalysetheorien, obwohl er natürlich der Meinung war, dass man nicht das gesamte Gebiet der katalytischen Erscheinungen damit erfassen kann.

kraft auftrat. Um die Tatsache zu erklären, dass die Wasserstoffatome gerade in den Säuren, in denen sie mit dem restlichen Molekül durch die stärksten Verwandtschaftskräfte verknüpft sein sollten, die größte Neigung zum Austausch zeigten, nahm Ostwald an, dass die Schwingungen des Wasserstoffatoms in solchen Molekülen die höchste Frequenz haben müssten und folglich den Wasserstoff besonders zum Austausch befähigten.

Weiter nahm Ostwald an, man könne Messungen der Zerfallsgeschwindigkeit von Estern zur Bestimmung der Konzentration der Wasserstoffionen heranziehen. Dieser Plan wurde von J. Walker, Ostwalds erstem englischen Praktikanten, realisiert. Er bestimmte die Konzentration der Wasserstoffionen aus der Zerfallsgeschwindigkeit von Essigsäuremethylester [199].

In engem Zusammenhang mit den erwähnten Arbeiten stehen andere Untersuchungen Ostwalds zur Esterverseifung (Esterzerfall unter Einwirkung von Basen), wobei ein Salz der verwendeten Base und der entsprechende freie Alkohol entstehen [11]. Gegenstand der Untersuchungen war es, den Einfluss der beteiligten Stoffe (Ester und Base) auf die Verseifungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Die Kinetik dieser Reaktion wurde damals von vielen Wissenschaftlern untersucht (van't Hoff, Arrhenius u.a.); sie stellten fest, dass es sich dabei um eine bimolekulare Reaktion handelt.

Alle starken Basen verseifen Ester mit etwa gleichgroßer Geschwindigkeit; mit zunehmender Größe des Estermoleküls nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit ab.

W. Ostwald fand heraus, dass sich bei der Einwirkung schwacher Basen die Esterverseifung nicht durch ein Geschwindigkeitsgesetz für eine Reaktion zweiter Ordnung (bimolekulare Reaktion) beschreiben lässt; in diesen Fällen nimmt die Geschwindigkeitskonstante mit der Zeit ab. Die Erklärung, die er dafür gab, sieht folgendermaßen aus:

Das entstehende Neutralsalz (im Fall der Verseifung von Essigsäureäthylester mit Ammoniak - $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, Ammoniumacetat) wirkt stark verlangsamend auf die Reaktion, d. h., es handelt sich um einen Fall negativer Autokatalyse.

1887 gab Ostwald in allgemeiner Form die Herleitung für das Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion erster Ordnung, bei der das Reaktionsprodukt katalytisch wirkt. Dabei berücksichtigte er das Prinzip, dass bei zusammengesetzten organischen Reaktionen die einzelnen Umsetzungen unabhängig voneinander ablaufen. Das Gesetz lautet

$$\frac{dx}{dt} = (k_1 + k_2x)(A - x)$$

Hierbei ist k_1 die Geschwindigkeitskonstante der monomolekularen Umwandlung der Ausgangsverbindung; k_2 - die Geschwindigkeitskonstante der Wechselwirkung des Ausgangsstoffs mit den Reaktionsprodukten; A - die Anfangskonzentration des Ausgangsprodukts; x - die Konzentration des Reaktionsprodukts.

Nach Untersuchungen der katalytischen Wirkung von Chlorwasserstoff bei der Ätherbildung und von Eisenchlorid bei Chlorierungsreaktionen äußerte Ostwald den Gedanken, dass diese Stoffe mit den organischen Molekülen Verbindungen eingehen, die

den Charakter von Elektrolyten haben [16]. In nichtwässrigen Lösungen erfolgt die Bildung solcher unbeständiger Elektrolyte ziemlich häufig, wie spätere Untersuchungen von P. Walden, W. A. Plotnikow u. a. ergaben.

Neben vielen anderen Forschern befasste sich auch Ostwald mit der Rohrzuckerinversion. Das ist eine typische katalysierte Reaktion, denn sie läuft nur in Gegenwart irgendeiner Säure, deren Menge sich dabei nicht verändert, ab. Die Geschwindigkeitskonstante der Inversion verringert sich in Abhängigkeit von der Art der anwesenden Säure (0,5 n bei 25°C) um das 61fache in der Reihe von der Salz- zur Ameisensäure. Auch an der Reaktion zwischen Kaliumjodid und Kaliumbromat (je 0,01 n) in essigsaurer Lösung untersuchte Ostwald katalytische Erscheinungen. Dabei muss Jod frei werden, wodurch die Lösung eine entsprechende Färbung annimmt. Die Reaktion verläuft äußerst langsam, gibt man jedoch Spuren von Natriumsulfat hinzu, wird sie stark beschleunigt.

Bei Zugabe einer verdünnten Lösung von Kaliumbichromat läuft sie augenblicklich ab, ohne dass der Katalysator irgendwelche Veränderungen erfährt. In dieser Versuchsreihe studierte Ostwald den Einfluss von Säuren auf die Reaktion



und stellte fest, dass die Reaktion um so schneller abläuft, je stärker die zugefügte Säure ist. Die Geschwindigkeit vergrößert sich auf mehr als das Dreifache, wenn so starke Säuren wie HCl, HNO₃, HBr oder HClO zugegeben werden; im Gegensatz dazu verändert sich die Reaktionsgeschwindigkeit bei Zugabe von Propionsäure, Milchsäure und anderen schwachen organischen Säuren praktisch nicht.

1900 führte Ostwald den Terminus „gekoppelte Reaktionen“ [39] ein und wandte ihn auf Oxydationsreaktionen an, bei denen Stoffe entstehen, die stärkere Oxydationsmittel als Sauerstoff sind; im Resultat solcher Reaktionen können gleichzeitig schwer oxydierbare Stoffe, die durch Sauerstoff allein nicht oxydiert werden, zur Reaktion gebracht werden. Ostwalds Vorstellungen vom Charakter gekoppelter Reaktionen sind den Ansichten der deutschen Physikochemiker F. Haber und F. Braun, wie sie in deren „Peroxidtheorie“ zum Ausdruck kommen, sehr ähnlich.

Diese Arbeitsrichtung wurde von R. Luther und N. A. Schilow weitergeführt, wobei von letzterem besonders die klassische Monographie „Gekoppelte Oxydationsreaktionen“ aus dem Jahre 1905 zu erwähnen ist.

1900 begann Ostwald umfangreiche Versuchsreihen zur Gewinnung von Salpetersäure aus Luftstickstoff.

Ostwalds Interesse an diesem Problem ist auf den Einfluss seines Lehrers Schmidt zurückzuführen, der seinerseits unter dem unmittelbaren Einfluss Liebig's stand und sich für den natürlichen Kreislauf der Stoffe, in erster Linie des Kohlenstoffs, Wasserstoffs, Stickstoffs und Schwefels, interessierte.

Die Pflanzen absorbieren Kohlendioxid, Wasser und Ammoniak und geben sie nach dem Absterben durch Fäulnis- und Zerfallsprozesse wieder ab. Diese Gruppe von Vorgängen nannte Ostwald bildhaft „Mühle des Lebens“.

1900 verfasste W. Ostwald eine Abhandlung, in der er besonders darauf hinwies, dass Landwirtschaft und Industrie Deutschlands ganz vom Import von Chilesalpeter abhängig wären (zu der Zeit wurden in Deutschland 90% der Salpetersäure daraus hergestellt).⁴⁰ Es mussten neue Wege zur Herstellung von Ammoniak und Salpetersäure gefunden werden. Später schrieb Ostwald:

Damals waren Stickstoffverbindungen aus der Luft so etwas wie der Stein der Weisen.

W. Ostwald begann mit experimentellen Untersuchungen zum Problem der Ammoniaksynthese. Es war bereits bekannt, dass sich Ammoniak in Anwesenheit schwach erhitzten Eisens in die Elemente zersetzt. Ostwald äußerte die Vermutung, dass die umgekehrte Reaktion, d. h. die Bildung von Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff, auf katalytischem Weg verwirklicht werden könnte.

Experimentelle Untersuchungen von Brauer, einem der Assistenten Ostwalds, ergaben, dass die Umsetzung von einem Raumteil Stickstoff mit drei Raumteilen Wasserstoff in Anwesenheit von bis auf schwache Rotglut erhitztem Eisendraht zur Bildung von Ammoniak führt, allerdings gelang es bei diesen Versuchen nicht, große Ausbeuten an Ammoniak zu erzielen, Nichtsdestotrotz schrieb Ostwald in seinem Patentgesuch:

Es ist bekannt, dass sich freier Stickstoff und Wasserstoff durch gewöhnliche Mittel nicht zu Ammoniak verbinden lassen; erst durch die Anwendung des elektrischen Funkens erzielt man eine sehr langsame und unvollkommene Vereinigung.

Ich habe gefunden, dass die Verbindung von freiem Stickstoff und Wasserstoff durch geeignete Kontaksubstanzen oder Katalysatoren bereits bei geringer Erhitzung auf 250° bis 300° mit messbarer Geschwindigkeit bewirkt werden kann. Die Geschwindigkeit nimmt mit steigender Temperatur schnell zu. Als Katalysatoren dienen beispielsweise Metalle, hauptsächlich Eisen und Kupfer, denen man große Oberflächen gibt.

Die Verbindung ist nie vollständig, sondern führt zu einem chemischen Gleichgewicht, und die gebildete Ammoniakmenge ist daher von dem Mengenverhältnis der Stoffe abhängig. Um die Verbindung vollständig zu machen, muss man das Ammoniak aus dem Reaktionsgemisch entfernen, was durch Aufnahme desselben in Wasser oder Säuren geschehen kann. Das Gasgemisch kann zu diesem Zweck einen Kreislauf, nötigenfalls unter Abkühlung und Wiedergewinnung der Wärme, durch- machen.

Da die verhältnismäßige Menge des Ammoniaks im Gasgemisch mit steigendem Druck zunimmt, so ist es zweckmäßig, die Synthese unter vermehrtem Druck auszuführen.

Patentanspruch: Die Gewinnung von Ammoniak und Ammoniakverbindungen durch Vereinigung von freiem Stickstoff und Wasserstoff mittels Kontaksubstanzen. [105, II, S. 284-285]

In seiner Selbstbiographie schreibt Ostwald, dass damit prinzipiell alle Probleme der Ammoniaksynthese gelöst waren und dass er sich deshalb als geistigen Vater eines neuen Industriezweiges ansehen könne. Er veranlasste eine Überprüfung aller Resultate, die die Laboratoriumsversuche ergeben hatten, unter großtechnischen Bedingungen. Nach seinen Worten wurde dabei eine maximale Ammoniakausbeute von 8% erreicht. Ostwalds Untersuchungen zur Ammoniaksynthese dauerten etwa ein Jahr, dann wandte er sich von diesem Problem ab und überließ es anderen Wissenschaftlern.

Die späteren Arbeiten von F. Haber zur Bestimmung der Geschwindigkeits- und Gleich-

⁴⁰Ostwald hat dieses Problem ausführlich in seinem Vortrag „Stickstoff, eine Lebensfrage“ (1903) dargelegt [46].

gewichtskonstanten der Ammoniaksynthese in einem großen Temperaturintervall und Nernsts Untersuchungen, wie sich die Ammoniakausbeute in Abhängigkeit vom Druck ändert, führten zur Festlegung optimaler Bedingungen für die Durchführung des Prozesses in großtechnischem Maßstab.

Es ergaben sich als optimale Bedingungen für diesen Prozess ein Druck von 200 Atmosphären, Temperaturen zwischen 500 und 600°C und die Verwendung von Katalysatoren (Cr, Mn, Fe, Ni, Os). Bei Haber heißt es:

Mit ihrer (dieser Katalysatoren - der Übers.) Hilfe ließen sich bei 200 Atmosphären die beiden Forderungen erfüllen, die wir an eine technisch überzeugende Ausführung des Versuchs stellen zu müssen glaubten: die eine betraf den Gehalt an Ammoniak, die andere die pro cm³ des Kontaktraums und Stunde erzeugte Ammoniakmasse: mit einem Gehalte von 5% war die 1905 beschriebene Umlaufvorrichtung nicht mehr die Darstellung einer Bildungsweise, sondern ein Herstellungsverfahren. [202]

Im Herbst 1901 widmete sich Ostwald dem Problem der Gewinnung von Salpetersäure durch Ammoniakoxydation. In Wissenschaftler- und Technikerkreisen war man sehr skeptisch, ob es überhaupt möglich sei, Salpetersäure in industriellem Maßstab durch Ammoniakoxydation herzustellen, während Ostwald die Perspektiven dieser Methode überaus optimistisch einschätzte. In einem Brief vom 11. Januar 1902 schreibt er an Arrhenius:

Ich selbst bin ziemlich erwartungsvoll; ich habe mit einem Assistenten (Brauer - die Aut.) die katalytische Verbrennung von Ammoniak zu Salpetersäure ausgearbeitet, und die Sache geht jetzt quantitativ und mit riesiger Geschwindigkeit. Eben werden die Versuche im Großen vorbereitet; da das Preisverhältnis NH₃ : HNO₃ etwa 1:6 ist, so ist die Sache technisch wertvoll, und außerdem wegen der bevorstehenden Erschöpfung der Salpeterlager in Chile wichtig. [146]

Ostwald und Brauer leiteten ein Gemisch aus Luft und Ammoniak durch eine Glasröhre, in der sich eine zum Glühen erhitzte Platinspirale befand. Der erste Versuch ergab, dass mit dem Platinkatalysator die Hälfte des Ammoniaks in Salpetersäure umgewandelt wird.

Weitere Versuche hatten zum Ziel, die optimale Kontaktzeit zwischen Gasgemisch und Katalysator zu ermitteln, und es ergab sich, dass bei einem langsameren Gasstrom durch das Gefäß mit dem Katalysator die Ausbeute an Reaktionsprodukt bis auf 30% zurückging. Umgekehrt gelang es durch eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, die Ausbeute an Salpetersäure bis auf 85% zu steigern.

Anfangs erregten diese Resultate bei Ostwald Erstaunen; bald kam er aber zu dem Schluss, dass man sie mit Hilfe der von ihm selbst früher aufgestellten Stufenregel erklären konnte. Wenn man ein System mit einem hohen Vorrat an freier Energie hat, so wandelt es sich nicht unmittelbar in das System mit der geringsten möglichen Menge freier Energie um, sondern es durchläuft eine Reihe von Zwischenstadien, von denen jedes einen geringeren Vorrat an freier Energie als das vorhergehende, aber einen größeren als der Endzustand des Systems hat.

Das System Ammoniak - Sauerstoff hat einen großen Vorrat an freier Energie, das System Stickoxid - Wasser liegt in der Mitte, und das System freier Stickstoff- Wasser

hat den geringsten Energievorrat. Wenn das Gasgemisch lange mit dem Katalysator Kontakt hat, bildet sich das letzte System, das nicht zu Salpetersäure führt. Die Bildung von Stickoxid erfolgt bei einer „mittleren“ Kontaktzeit des Gasgemischs mit dem Katalysator.

Somit entwickelte Ostwald die physikalisch-chemischen Grundlagen für die technische Anwendung der Ammoniakoxydation. 1911 wurden in Deutschland schon 1495 Tonnen Ammoniumnitrat nach dem Verfahren von Ostwald und Brauer hergestellt.

Bald nach diesen so vielversprechenden Resultaten zog sich Ostwald von der aktiven Teilnahme an den Untersuchungen zurück und behielt sich lediglich die Rolle des „Katalysators“, des Anregers vor.

Ostwalds Arbeiten über die Ammoniakoxydation errangen breite Anerkennung und Hochschätzung, seine Arbeit zur Ammoniaksynthese jedoch fand sowohl in der periodischen Literatur als auch in Patentschriften nur schwachen Niederschlag. In den Arbeiten von F. Haber und W. Nernst z. B. findet man keine Hinweise auf Ostwalds Untersuchungen zur katalytischen Ammoniaksynthese [203], in späteren Aufsätzen von G. M. Schwab⁴¹ und W. Frankenburger werden Ostwalds Arbeiten zur Ammoniaksynthese erwähnt [137].

3.8 Allgemeine Probleme der Katalyse

Definitionen der Begriffe „Katalyse“ bzw. „Katalysator“ finden sich in zahlreichen Arbeiten und Vorträgen Ostwalds, angefangen vom Jahre 1891 bis zu den allerletzten Arbeiten, die er kurz vor seinem Tode veröffentlichte.

Ostwald warf hierbei Fragen auf wie: Was ist Katalyse? Was ist das Besondere daran? Welche Bedeutung hat das Katalyseproblem für die Chemie, aber auch für die Biologie, die Psychologie und die Philosophie? Und er versuchte, Antworten darauf zu geben.

Die allgemeine Definition der Katalyse bleibt bei Ostwald im Verlauf seiner gesamten wissenschaftlichen Laufbahn fast unverändert, sie erfasst aber natürlich nicht die ganze Komplexität des Problems, all seine Aspekte. Ostwald richtete seine Aufmerksamkeit zu verschiedenen Zeiten auf verschiedene Seiten des Problems, betrachtete es unter verschiedenen Aspekten.

Die erste Definition der Katalyse legte Ostwald 1891 vor: Ein katalytischer Prozess läuft in Anwesenheit bestimmter Stoffe, die nicht in den Reaktionsprodukten enthalten sind, ab; diese Stoffe lösen die chemischen Reaktionen aus oder beschleunigen sie [21].

In allen späteren Ostwaldschen Definitionen der Katalyse wird der Katalysator nicht mehr als Initiator chemischer Reaktionen angesehen; ihm wird nur noch eine Rolle zugeschrieben - er verändert die Reaktionsgeschwindigkeit (vergrößert oder verringert sie).

⁴¹Nach der Meinung von G. M. Schwab wären "Nernst und Haber ... nicht auf die richtige Spur gekommen, wenn nicht Ostwald die theoretischen Bedingtheiten der Katalyse so eindeutig klargestellt hätte. Also nur in dieser mehr allgemeinen und indirekten Weise können wir Ostwald als den Vater oder besser den Großvater der Ammoniaksynthese ansehen" [137, S. 883].

1894 empfahl Ostwald die folgende Definition:

Katalyse ist die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorganges durch die Gegenwart eines fremden Stoffes. [27, S. 706]

1896 kommt Ostwald zu genau demselben Schluss, nämlich dem dass die katalytischen Erscheinungen keine Prozesse besonderer Art sind, sondern ausschließlich in einer Beschleunigung oder Verlangsamung einer ablaufenden Reaktion bestehen [31].

In einer Rezension über die Arbeit „Mikrobiologie“ von E. Duclaux schreibt Ostwald:

Wir wissen jetzt, dass eine energetische Vorausbestimmung des Geschwindigkeitskoeffizienten einer Reaktion nicht möglich ist, und dass daher in dieser Beziehung eine Freiheit besteht, über die durch Katalysatoren verfügt werden kann. [37]

Nach Ostwald kann jeder beliebige Stoff, der die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion verändert, ohne dabei die Energiebilanz zu beeinflussen, Katalysator sein. Er schreibt:

Ein Katalysator ist jeder Stoff, der, ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert. [44, 42, S. 29]

Die Ostwaldsche Katalysedefinition stimmt mit den Definitionen, die zu seiner Zeit von anderen bedeutenden Chemikern (offenbar nicht ganz frei vom Einfluss der Arbeiten und Ansichten Ostwalds) gegeben wurden, überein. So besteht nach van't Hoff die Katalyse in der Beschleunigung oder Verlangsamung einer chemischen Reaktion, wobei der Stoff, dessen Anwesenheit zu diesen Effekten führt, sich selbst nicht verändert (1898).

W. Nernst meinte (1898), Katalyse ist die Beschleunigung einer Reaktion, die auch ohne Katalysator abläuft, aber langsam. Ähnliche Definitionen finden wir bei A. Michaels (1899): Ein Katalysator ist ein Stoff, dessen Anwesenheit in einem System, in dem eine Reaktion thermodynamisch möglich ist, diese beschleunigt.

Die Katalysedefinition des deutschen Organikers R. Willstätter, die übrigens mit der ersten Definition von Ostwald übereinstimmt, fällt aus dieser Reihe heraus: Ein Katalysator beschleunigt die Reaktion nicht nur, sondern er löst sie auch aus.

Ostwald war der Meinung, alle Reaktionen, die katalytisch zu beeinflussen sind, müssten immer auch selbständig, ohne fremden Einfluss, ablaufen können;⁴² wäre das nicht so, bedeutete das eine Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik.

Aus dem zweiten Hauptsatz folge, dass, wenn eine Reaktion, die zu einem Gleichgewichtszustand führt, katalytisch beeinflussbar ist, auch die Rückreaktion in gleicher Weise beeinflusst werden muss. Als Beispiel für diese Behauptung könne die Esterbildung in Gegenwart starker Säuren dienen - dieselben Katalysatoren beschleunigten in

⁴²In bezug auf die Ostwaldsche Katalysedefinition schrieb sein Schüler A. Mittasch 1926: „Mit der Definition der Katalyse als einer Beschleunigung an sich stattfindender Vorgänge kommen wir ... praktisch nicht sehr weit, da für die Annahme, dass die Bildung der verschiedenen Produkte auch im katalysatorfreien System freiwillig (obgleich außerordentlich langsam) statfinde, jede Erfahrungsgrundlage fehlt.“ [204]

gleichem Maße die Verseifung dieser Ester durch Wasser.

Die zweite von Ostwald im Gebiet der Katalyse getroffene Verallgemeinerung besteht darin, dass er sagte, der katalytische Einfluss des Katalysators sei etwa seiner Konzentration proportional, wie das insbesondere bei der Rohrzuckerinversion zu beobachten ist, deren Geschwindigkeit der Wasserstoffionenkonzentration proportional ist.

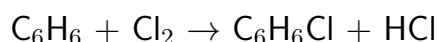
Wenn mehrere Katalysatoren gleichzeitig anwesend seien, so addierten sich ihre Wirkungen nicht, sondern es ergäbe sich ein Effekt, der die Summe der Einzelwirkungen übersteige. Die Selektivität von Katalysatoren zeigte Ostwald am Beispiel der Oxydation von Jodwasserstoff durch Chlor- oder Bromsäure, die durch Chrom- oder Eisensalze beschleunigt wird, während diese Salze auf die Oxydation von Jodwasserstoff durch Jodsäure nicht beschleunigend wirkten. Im Zusammenhang damit schrieb er:

Es scheint, als ob Reaktionen, die von sich aus schnell verlaufen, wenig empfindlich gegen positive Katalysatoren sind.

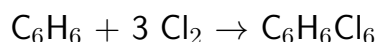
In einer Reihe von Arbeiten stellte Ostwald immer wieder die bei- den folgenden Fragen:

1. Ist es möglich, all die zahlreichen Reaktionen, die nur dank der Katalyse in wahrnehmbarer Form ablaufen, auch bei Abwesenheit von Katalysatoren zu beobachten?
2. Wenn ein Stoff eine Reaktion durch seine Anwesenheit beschleunigt, verändert sich dann nur die Reaktionsgeschwindigkeit, oder ändert sich vielleicht gleichzeitig der Charakter der Reaktion selbst, z. B. durch die Bildung von Zwischenprodukten?

Auf die erste Frage antwortet Ostwald, dass jede im homogenen Medium mögliche Reaktion auch tatsächlich abläuft, obwohl die Geschwindigkeit unmessbar klein sein könne. Die zweite Frage beantwortet er, indem er sie am Beispiel der Chlorierung des Benzols in Anwesenheit verschiedener Katalysatoren abhandelt. In Gegenwart von Zinnchlorid erfolgt eine Substitution:



in Anwesenheit von Jod jedoch eine Addition:



Bei der Chlorierung von Benzol ohne Katalysatoren laufen beide Reaktionen mit unmessbar geringer Geschwindigkeit ab, durch einen spezifischen Katalysator wird dann eine von beiden beschleunigt. Ein Gemisch der beiden Katalysatoren führt zur Bildung etwa gleicher Mengen beider Produkte.

Nach Ostwald hat die Katalyse in dem Sinne eine universelle Bedeutung, dass für jeden beliebigen chemischen Vorgang ein Katalysator gefunden werden könne und dass es umgekehrt für jedes beliebige Element oder seine Verbindungen Vorgänge gebe, wo sie als Katalysator wirken könnten.

Auf eine Frage, die schon Berzelius gestellt hat: „Gibt es allgemeine oder spezifische Katalysatoren?“ antwortet Ostwald, dass es sowohl die einen als auch die anderen gebe. So ist seiner Meinung nach das Wasserstoffion ein Katalysator der ersten Art, ein Enzym einer der zweiten.

Nach Ostwalds Meinung muss auch eine andere Frage Berzelius' positiv beantwortet werden, nämlich die, ob man aus einem Stoff oder Stoffgemisch mit Hilfe verschiedener Katalysatoren verschiedene Produkte erzeugen könne.

Ostwald wies Liebigs Hypothese von den Molekülschwingungen, mit deren Hilfe jener die Ursachen der Katalyse zu erklären versuchte, energisch zurück und machte darauf aufmerksam, dass sich „viel Günstigeres von einem anderen Gedanken sagen (lässt), der lange vorher aufgestellt, inzwischen aber lange Zeit nicht zur Geltung gekommen war. Es ist dies die Idee der Zwischenreaktionen“ [42, S. 33], die ihren Ursprung in der klassischen Arbeit von Clement und Desormes (1806) [195] hat, in der die Wirkung der Stickoxide bei der Oxydation von Schwefeldioxid durch Luftsauerstoff auf dieser Grundlage erklärt wurde. Ostwald wies der Theorie von den Zwischenprodukten aber keine universelle Rolle zu, denn er schrieb:

Ich glaube, eine ganze Anzahl Katalysen zu kennen, bei denen eine derartige Erklärung nicht durchführbar ist. Insbesondere sehe ich keine Möglichkeit, die Tatsache der verzögernden katalytischen Beeinflussung durch die Annahme von Zwischenprodukten zu erklären. [42, S. 35]

In seinem Vortrag über die Katalyse, den er 1901 in Hamburg hielt, gab Ostwald eine Klassifikation der Kontaktwirkungen, indem er sie in die folgenden Gruppen unterteilte:

1. Katalyse in homogenen Systemen,
2. heterogene Katalyse,
3. die Wirkung von Enzymen.

Er wies darauf hin, dass die Katalysatoren nicht nur zerstörend, sondern auch aufbauend wirken können und dass unter dem Einfluss von Katalysatoren auch endotherme Reaktionen ablaufen können.

Das Gebiet der Kontaktwirkungen in homogenen Systemen hielt Ostwald für das umfangreichste und in theoretischer Hinsicht interessanteste. Die Katalyse erfolgt hier in homogenen Systemen, die unbeständig sind, „die nicht anders als im Zustand der Umwandlung existieren können“, wo jedoch die Umwandlungen ohne Katalysator unendlich langsam vor sich gehen.

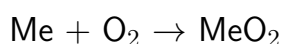
„Hierdurch gewinnen wir alsbald auch für diesen Fall (für homogene Gemische - der Übers.) die Definition eines Katalysators“, heißt es in seinem Vortrag [42, S. 29] - „Ein Katalysator ist jeder Stoff, der, ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert.“

Ostwald war der Meinung, auch die von N. I. Menschutkin entdeckten Erscheinungen [205] müsse man zu den katalytischen rechnen. Menschutkin hatte gefunden, dass in Abhängigkeit vom verwendeten Lösungsmittel die Reaktionsgeschwindigkeit sehr unterschiedlich sein kann.⁴³

⁴³N. I. Menschutkin untersuchte die Reaktion von Triäthylamin mit Äthyljodid in 23 verschiedenen Lösungsmitteln und stellte fest, dass sie in verschiedenen Lösungsmitteln mit stark unterschiedlicher Geschwindigkeit verläuft. So verläuft sie z. B. in Benzylalkohol 742mal schneller als in Hexan. Ostwald vermerkte in seinem Vortrag, dass man schon diese Lösungsmittelleffekte als katalytische Erscheinungen ansehen müsse; allerdings dürfe damit nicht die Lösung des Problems - ob sich

Die heterogene Katalyse wird von Ostwald vor allem am Beispiel der Einwirkung von Platin auf entzündliche Gasgemische abgehandelt.

Wir hatten schon früher festgestellt, dass Ostwald unter allen existierenden Theorien der Katalyse die Theorie des schrittweisen Reaktionsablaufs für die fruchtbringendste hielt. Dass er dieser Katalysetheorie den Vorzug gab, obwohl sie keinesfalls allumfassende Bedeutung hat, hängt mit seinen Ansichten über die Natur chemischer Umsetzungen zusammen. Ostwald war der Meinung, für den größten Teil aller chemischen Umsetzungen sei die Bildung von Zwischenprodukten charakteristisch. Sogar ein auf den ersten Blick so einfacher Prozess wie die Oxydation eines Metalls durch Luftsauerstoff verläuft ja nicht nach der Reaktionsgleichung



sondern es ist fast immer die Gegenwart von Wasser erforderlich, und die Reaktion verläuft über die Bildung von Wasserstoffperoxid.

Ich möchte die Gesamtheit der bisherigen Erfahrungen über den Gegenstand in dem allgemeinen Satz zusammenfassen, dass beim Verlassen irgendeines Zustandes und dem Übergang in einen stabileren nicht der unter den vorhandenen Verhältnissen stabilste aufgesucht wird, sondern der nächstliegende.

Diese Regel wurde von Ostwald erstmals 1897 in einer Arbeit über die Kristallisation aus übersättigten Lösungen und unterkühlten Schmelzen formuliert [32, S. 289]. Er weitete diese Regel, nach der bei jeder beliebigen Zustandsänderung oder Umsetzung zuerst nicht der stabile Endzustand, sondern der dem Ausgangszustand energetisch am nächsten liegende erreicht wird, auch auf Schmelz- und Kondensationsvorgänge sowie homogene chemische Reaktionen aus.

So bildet sich bei der Umsetzung von Chlor mit Ätzkali nicht gleich das stabilste System Kaliumchlorid-Kaliumchlorat, sondern erst das am wenigsten stabile Chlorid-Hypochlorit, das nur langsam in das stabile übergeht. Mit jedem Reaktionsschritt wird dabei ein Zustand mit geringerer freier Energie erreicht.

Ostwald machte darauf aufmerksam, dass in sehr vielen Reaktionssystemen nur eine langsame Teilreaktion aufträte, alle anderen liefen sehr schnell ab. In diesen Fällen würde die Reaktionsgeschwindigkeit der Gesamtreaktion von der Geschwindigkeit der langsam verlaufenden Teilreaktion bestimmt, und mit größter Wahrscheinlichkeit wäre die langsame Reaktion der erste Reaktionsschritt, denn wenn der erste Reaktionsschritt schnell ablief, so wäre sein Produkt auch das Endprodukt der Reaktion.

Das Auftreten von neuen Teilreaktionen ist nach Ostwalds Meinung in vielen Fällen der Grund für die katalytische Beschleunigung; wenn sie schneller als die eigentliche Reaktion abliefen, beschleunigten sie den Ablauf der Gesamtreaktion.

Zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen (d.h. zur Klärung der Frage, ob eine Reaktion unmittelbar oder in Teilschritten abläuft) sei eine kinetische Analyse von entscheidender Bedeutung.

dabei vielleicht Verbindungen zwischen dem Lösungsmittel und den Reagenzien herausbilden als bereits gefunden betrachtet werden [42, S. 30].

1898 empfahl Ostwald eine Methode für die kinetische Analyse von Vorgängen - er schlug vor, die Konzentrationen der Ausgangsprodukte so zu variieren, dass alle Konzentrationen außer einer einzigen verhältnismäßig hoch liegen. Er betonte, dass man auf diesem Weg zwar nie eindeutig finden könne, wie die rechte Seite der Gleichung für das Geschwindigkeitsgesetz einer Reaktion aussieht, aber doch so sichere Anhaltspunkte gewinne, dass die Lösung des Problems stark erleichtert würde.

Wenn man in einem reagierenden System irgendeine vermutete Zwischenverbindung finde, sei das nicht immer ein Beweis für diese Katalysetheorie, weil diese Verbindung auch das Produkt einer zufälligen Nebenreaktion sein könne.

Ostwald meinte, es sei wenig wahrscheinlich, dass die Theorie von den Teilreaktionen zu einer allgemeinen Theorie der Katalyse werde; sie treffe für einige katalytische Reaktionen zu, für andere aber nicht. Als Beweis für diesen Standpunkt führte er an, dass bei einigen reagierenden Systemen die Zugabe von Verbindungen, die sehr wahrscheinlich als Zwischenprodukt dabei auftraten, keinerlei Einfluss auf die Geschwindigkeit des Vorgangs hätte.

Für andere Reaktionen, insbesondere für die Rohrzuckerinversion, unterstrich Ostwald, dass die Bildung von Zwischenprodukten äußerst unwahrscheinlich sei. Bei einer Reihe katalytischer Reaktionen erfolgt schließlich Ostwalds Meinung nach die Bildung einer lockeren Verbindung des Katalysators mit einem der Ausgangsprodukte, die dann durch Umsetzung mit dem anderen Ausgangsstoff unter Bildung des Endprodukts und Regenerierung des Katalysators leicht wieder zerfällt.

Auf die Frage jedoch, ob man von dieser Position alle Fälle von Katalyse erklären könne, sagte Ostwald:

Das kann man heute kaum mit Sicherheit beantworten, es ist aber durchaus möglich.

Gleichzeitig mit dem Hinweis, dass die Katalyse für chemische Reaktionen ganz allgemeine Bedeutung hat, weil es „aller Wahrscheinlichkeit nach keine Reaktion gibt, deren Geschwindigkeit nicht katalytisch beeinflusst werden könnte, und keinen Stoff, der nicht bei irgendeiner Reaktion als Katalysator wirken könnte“, verweist Ostwald auf das Fehlen allgemeiner Gesetze der Katalyse (natürlich in dem Sinne, dass sie noch nicht gefunden waren).

In allgemeinen Zügen umriss Ostwald den Weg, den man gehen müsse, um eine allgemeine Theorie der Katalyse zu schaffen. Er verwies darauf, dass die Reaktionsgeschwindigkeit messbar sei, also sei alles, was sie beeinflusse, über die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit ebenfalls messbar. Durch diesen Umstand könne man das Katalyseproblem aus dem qualitativen Stadium, in dem alle Erörterungen im wesentlichen nur Spekulationen seien, in das quantitative überführen.

W. Ostwald warf auch die Frage der Existenz eines Zusammenhangs zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und anderen Eigenschaften des betreffenden Systems auf, wobei diese anderen Eigenschaften in irgendeiner Weise vom Katalysator abhängig sein sollten, da dieser nur dann die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen könne.

Er schlug deshalb zur Lösung des Katalyseproblems folgende Verfahrensweise vor: Erstens müsse man den Zusammenhang zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und be-

stimmten Eigenschaften des Systems und zweitens den zwischen diesen Eigenschaften und den Katalysatoreigenschaften finden.

In seiner Rede anlässlich der Verleihung des Nobelpreises 1909 sagte Ostwald, dass die Schaffung einer allgemeinen Katalysetheorie in vielem von der Lösung fundamentaler Probleme der chemischen Kinetik, insbesondere vom Auffinden eines Zusammenhangs zwischen der Reaktionsgeschwindigkeit und den Eigenschaften des reagierenden Systems abhängt [206].

Ostwald sah einen engen Zusammenhang zwischen der Katalyse und dem Zeitbegriff in der Chemie und analysierte auch das Problem „Katalyse als Beeinflussung des Zeitmaßes“.⁴⁴ Er wies darauf hin, dass das Zeitmaß, d. h. die Stoffmenge, die pro Zeiteinheit reagiert, nicht den Gesetzen der Thermodynamik unterliegt, denn diese erlauben nicht, die Geschwindigkeitskontakte einer Reaktion zu ermitteln und Zeitcharakteristika chemischer Prozesse zu definieren. Das ist ausschließlich das Vorrecht der chemischen Kinetik.

Die Katalyse stellt einen Faktor dar, der die Dauer einer chemischen Reaktion bestimmt. Der Katalysator ist damit ein Mittel zur Veränderung des Zeitmaßes von chemischen Reaktionen, weil er die „Wirkung pro Zeiteinheit“ verändert. Ostwald unterstrich, dass die Bedingungen für den Ablauf chemischer Prozesse im ganzen sowie ihrer einzelnen Schritte von der Natur und der Menge der reagierenden Stoffe, aber auch von äußeren Bedingungen diktiert werden.

Die Aufeinanderfolge der Prozesse und der relative Zeitanteil, der für jede Stufe nötig ist, liege ganz genau fest, während die Gesamtdauer des chemischen Vorgangs nicht von den aufgezählten Faktoren abhängt, sondern von der Anwesenheit von Katalysatoren. In seinen "Vorlesungen über Naturphilosophie" sagte Ostwald über die Katalysatoren:

Sie wirken so, als würde durch sie die Einheit der Zeit geändert, während die gegenseitigen Verhältnisse der für die verschiedenen Stufen des Vorgangs erforderlichen Zeiten keine Änderung

⁴⁴W. Ostwald betonte [35], dass unser Zeitbegriff auf doppelt periodischen Erscheinungen basiert - dem Wechsel von Tag und Nacht und dem Wechsel der Jahreszeiten, Die subjektive Wahrnehmung dieser Veränderungen führe nicht zu einer Erkenntnis der „Zeit an sich“. Ein „denkender Maikäfer, dessen Leben nur Wochen dauert, würde nur den Wechsel von Tag und Nacht konstatieren, für ein Insekt, das nur einige Stunden zu leben hat, würde es auch diese Periodizität nicht geben, und alle zeitlichen Veränderungen trügen begrenzten Charakter, und einer Bakterie schließlich, die nur 15 Minuten lebt, stellte sich alles und jedes als stabil und unveränderlich dar“. W. Ostwald legte eine eigene Zeitinterpretation vor, nach der man die Zeit vor allem als allgemeines Naturgesetz definieren müsse. Seine Analyse des Zeitbegriffs führte zur Definition folgender Elemente der Zeit:

1. Stetigkeit - Wir alle, so sagt Ostwald, haben die Empfindung, dass die Zeit ununterbrochen abläuft, es gibt mit anderen Worten keine zeitlosen Anteile zwischen verschiedenen Zeitstücken.

2. Lineare Beschaffenheit - Das soll besagen, dass die Zeit eine stetige Größe von der Art ist, dass man von jedem bestimmten Wert nach einem anderen Wert nur auf eine Weise gelangen kann.

3. Eindeutigkeit- Damit soll gesagt werden, dass die Zeit nie auf einen Punkt zurückgelangt, auf dem sie sich bereits befunden hat - „die Zeit schneidet sich selbst“,

4. Einsinniger Verlauf - Mit diesen Worten soll die Tatsache bezeichnet sein, dass sich zwei Zeitpunkte nicht nur durch ihren Abstand, sondern auch durch ihre Folge unterscheiden. Einen dieser Zeitpunkte bezeichnet man als „früher“, den anderen als „später“, und dieses Verhältnis ist nicht umkehrbar.

erfahren. Man verstellt also gleichsam mittels eines Katalysators die Pendellinse an der Uhr des Vorgangs. [43, S. 327]

Den gleichen Gedanken äußerte er auch noch in dieser Form:

Katalysatoren ... haben immer nur die Eigenschaft, ... dass sie sozusagen das Pendel ihrer Uhr (d. h. der Uhr der Prozesse, die möglich sind und auch ohne Katalysatoren mit unmessbar geringer Geschwindigkeit ablaufen - Anm. d. Aut.) in mehr oder weniger starkem Maße verkürzen oder unter Umständen wohl auch verlängern. [69, S. 38]

Nach diesem Standpunkt besteht die katalytische Wirkung in einer zeitlichen Veränderung des Prozesses, in einer Reduzierung des Zeitmaßstabs.

Ein anderer Aspekt, unter dem Ostwald das Katalyseproblem analysierte, ist die Suche nach einem Zusammenhang zwischen katalytischen Erscheinungen und Auslösungsvorgängen.

Die allgemeinen Vorstellungen der „Auslösungslehre“ werden aus einem kurzen historischen Überblick über diese Lehre ersichtlich, deren Entstehung Ostwald mit den Namen von R. Mayer in Zusammenhang brachte [114]. In seinem Buch „Große Männer“ schreibt Ostwald u. a. im Kapitel über R. Mayer:

Im Jahre 1876 veröffentlichte er seine letzte Arbeit über Auslösung, wo er solche Vorgänge betrachtete, bei denen nicht, wie bei der Umwandlung der Energie, der Hauptsatz, *causa aequat effectum* (die Ursache ist der Wirkung gleichwertig) zur Anwendung kommen kann. Es handelt sich, wie in der Hauptsache bereits Leibniz klargelegt hatte, in solchen Fällen immer darum, dass vorhandene Energiemengen, die zur Umwandlung fähig und bereit sind, durch irgendeinen besonderen Umstand von der Umwandlung zurückgehalten waren, nun plötzlich in einen umwandlungsfähigen Zustand gebracht werden. Solche Umstände oder Vorgänge, deren Arbeitsbeträge in keinem Verhältnis zu dem Betrage der umwandlungsbereiten Energie zu stehen brauchen, heißen Auslösungen. [59, S. 85]

Ostwald analysierte verschiedene Formen der Auslösung - die Explosion, die Reizung, die Regulierung, die „Selbstausslösung“ (Autokatalyse). Viele Naturprozesse laufen nur dann ab, wenn ihnen ein Anstoß vorausgeht, z. B. wandelt sich ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff bei normaler Temperatur nicht in Wasser um, aber es wird bei Temperaturerhöhung, beim Durchgang einer elektrischen Entladung oder in Anwesenheit eines Platinkatalysators zu Wasser.

Wie aus der angeführten Aufzählung hervorgeht, ist der Kreis von „Auslösungserscheinungen“ ziemlich groß, und ihr Wirkungsbereich liegt in verschiedenen Gebieten sowohl der unbelebten als auch der lebenden Natur.

Die Ostwaldsche Auslösungskonzeption hängt mit seiner Lehre von den Vorgängen zusammen. Er meinte, jeder Naturvorgang wäre ein Ausgleich von Intensitätsgrößen (Temperaturen, Potentialen usw.), und folglich wäre die Voraussetzung für ihren Ablauf ein Intensitätsunterschied.

Ein System könne auch, wenn es einen gewaltigen Energievorrat enthalte, der es zur Umwandlung befähige, im Ruhezustand verbleiben, wenn zwischen ihm und dem umgebenden Medium ein Gleichgewicht der Intensitäten besteht. Die Auslösung bestehe

dann in einer Verletzung des Gleichgewichts der Intensitäten, auf die ein erneuter Ausgleich der Energien folge.

Ostwald unterschied zwei Gruppen von Auslösungen - solche, die zur Kompensation von Intensitätsunterschieden beitragen, und solche, die einen langsam ablaufenden Intensitätsausgleich beschleunigten. Zur letztgenannten Gruppe zählte er die Katalyse.

Alle Kompensationsprozesse sind zeitabhängig, und sie unterscheiden sich in der Geschwindigkeit, mit der das Gleichgewicht erreicht wird. Nach den Worten von A. Mitasch, einem Schüler Ostwalds und großen Katalysespezialisten, zieht sich die Erkenntnis, dass der Auslösungsbegriff in unwandelbarer Beziehung zum Zeitbegriff steht, wie ein roter Faden durch Ostwalds gesamte Auslösungslehre, insbesondere ist seine Katalysekonzeption davon durchdrungen [130].

Als Illustration für die erste Gruppe von Auslösungen können die folgenden Prozesse dienen. Stellen wir uns ein abfahrbereites Schiff oder ein geladenes Gewehr oder einen Dampfkessel unter hohem Druck, dessen Hahn aber noch geschlossen ist, vor. In all diesen Fällen haben wir die Möglichkeit, die Umsetzung einer relativ großen Energiemenge auszulösen, indem wir relativ wenig Arbeit aufwenden.

Die genannten Zustände können beliebig lange bestehen bleiben, aber wenn einmal die Auslösung erfolgt ist, läuft der Prozess selbständig weiter. Die zur Auslösung aufzuwendende Energie ist nicht gleich Null, aber sie steht in keinerlei Zusammenhang mit der freiwerdenden Energiemenge. Ostwald stellte fest:

Die allgemeine Bedingung, dass ein Gebilde mit verfügbaren Energiemengen in Ruhe bleibt, besteht nun darin, dass man alle vorhandenen Intensitätsunterschiede kompensiert. Die Auslösung wieder besteht allgemein darin, dass man diese Kompensation irgendwo aufhebt und damit den Ausgleich der Energie ermöglicht. [43, S. 300]

Eine zweite Gruppe von Prozessen, die in vielem den Auslösungsvorgängen ähnlich sind, bilden die sich selbst beschleunigenden Prozesse.

Hier besteht kein Gleichgewicht der Intensitäten, sondern das Gebilde ist nur deshalb beständig, weil die Umwandlungsgeschwindigkeit überaus klein ist. Da der Prozess die Eigenschaft hat, durch den Einfluss der eigenen Resultate beschleunigt werden zu können, sind hier zwei Fälle möglich - entweder verteilt sich der beschleunigende Stoff schnell genug, dass die Geschwindigkeit des Prozesses ein bestimmtes kleines Maß nicht überschreitet, oder es geschieht das Gegenteil, d. h., der Prozess nimmt den Charakter einer Explosion an. "... der Vorgang, welcher die Zerstreuung des Beschleunigers verhindert, spielt die Rolle der Auslösung", schrieb Ostwald [43, S. 301].

Weiter bemerkte er, dass aller Ausgleich letzten Endes nur auf eine bestimmte Zeit möglich sei und dass deshalb jedes Gebilde mit im Gleichgewicht befindlichen Intensitäten nur deshalb den Eindruck eines Gleichgewichts erzeuge, weil darin nur noch sehr langsame Prozesse abliefen. „Dann würden die eben geschilderten beiden Klassen von Auslöseerscheinungen tatsächlich nur eine Klasse bilden, deren äußerste Glieder die fraglichen Zeitunterschiede zwar sehr ausgeprägt erkennen lassen, die aber einen stetigen Übergang von dem einen Gliede zum anderen zeigen“, bemerkt Ostwald dazu [43, S. 302].

A. Mittasch hat darauf hingewiesen, dass Ostwald in der Frage der Zurückführung der Katalyse auf Auslösungserscheinungen nicht immer konsequent war. Die Katalyse unterscheidet sich von der Auslösung, wenn man es einmal so ausdrücken will, in der „Permanenz des Anstoßes“. Bei klassischen Auslösungserscheinungen hat der „Anstoß“ entsprechend der Bedeutung dieses Wortes den Sinn der „Einmaligkeit“, während für den Ablauf katalytischer Prozesse die ständige Anwesenheit des Katalysators erforderlich ist.

Zwar bezieht sich Ostwald in seinem Vortrag über die Katalyse [42] auf eine Klasse von Erscheinungen, die durch einen einmaligen Anstoß ausgelöst werden, nämlich auf die Wirkung von Keimen in einer übersättigten Lösung, die er als „Auslösung in einem übersättigten Gebilde“ bezeichnet. Dieser Keim der anderen Phase ist aber nicht in dem Sinne Ursache der Reaktion, wie er hier hineingelegt wird, weil er nicht die für den Anstoß nötige freie Energie liefert, sondern den Vorgang allein durch seine Anwesenheit auslöst.

Noch in einem zweiten Punkt unterscheidet sich die Katalyse von der Auslösung - der Katalysator bringt weder Energie in das System hinein, noch entnimmt er ihm welche, während der „Anstoß“ bei einem typischen Auslösungsvorgang nur deshalb wirksam wird, weil er selbst einen Energiebeitrag in das System einbringt.

Mittasch ist der Meinung, dass der Widerspruch - einerseits hat nach Ostwald das Agens, das die Auslösung bewirkt, eine bestimmte energetische Rolle, andererseits lehnt er das für den Katalysator ab - verschwindet, wenn man annimmt, dass der ganze Mechanismus der Katalyse auf die Bildung von Zwischenprodukten zurückzuführen ist. Auf jeden Fall besteht zwischen der einen und der anderen Gruppe von Auslösungsvorgängen vom energetischen Standpunkt ein bedeutender Unterschied.

Im Unterschied zu der Gruppe von Auslösungsvorgängen, die man als „totale Auslösungsvorgänge“ bezeichnen könnte, interpretiert Ostwald die Katalyse als gesteuerte Auslösung. Ganz besondere Aufmerksamkeit widmete er der chemischen Form der „Selbstausslösung“ - der Autokatalyse.

Derartige Erscheinungen hatte der bekannte deutsche Physikochemiker A. Horstmann schon vor Ostwald entdeckt, aber Ostwald gab ihnen im Jahre 1890 die Bezeichnung „Autokatalyse“.⁴⁵ Bei autokatalysierten Vorgängen wird die Reaktion von den eigenen Reaktionsprodukten beschleunigt.

Ostwald betrachtete die Autokatalyse am Beispiel der Auflösung von Kupfer in halbkonzentrierter Salpetersäure, die, nachdem ein erster Teil des Kupfers gelöst und das erste Stickoxid gebildet ist, beschleunigt wird. Mittasch fand in Ostwalds Laboratorium heraus, dass sich der Zerfall von Nickeltetracarbonyl in Anwesenheit von Nickelkristalliten beschleunigt.

Ein weiteres Beispiel, an dem Ostwald selbst die Autokatalyse erforschte, ist die Verseifung von Essigsäuremethylester, deren Geschwindigkeit sich mit der Bildung der ersten

⁴⁵Wie schon erwähnt, befasste sich Ostwald in seinem Vortrag von 1901 mit der Auslösung in übersättigten Medien, in denen nach der Zugabe einer geringen Menge des betreffenden oder eines isomorphen Stoffes eine feste Phase beginnt sich abzuscheiden. Er selbst stellte fest, dass die Zugabe geringer Mengen entsprechender Stoffe auch in unterkühlten Schmelzen die gleiche Wirkung hat.

Spuren Essigsäure erhöht. Auch Fälle der negativen Katalyse interessierten ihn. Wir lesen bei Ostwald:

Ob es unmittelbar verzögernde Katalysatoren gibt, oder ob die tatsächlich beobachtete Verzögerung von Reaktionen durch kleine Mengen anwesender Fremdstoffe jedesmal auf sekundäre Wirkungen (Lahmlegung anwesender beschleunigender Katalysatoren) zurückzuführen sind, ist noch nicht endgültig entschieden. Doch sind jedenfalls verzögernde Katalysatoren verhältnismäßig seltener beobachtet worden als beschleunigende, deren es eine sehr große Anzahl gibt. [55, S. 463]

Ostwald kannte den Effekt, dass außerordentlich kleine Mengen von Kupferionen eine Oxydation katalytisch beschleunigen können. Wenn aber Inhibitoren vorhanden sind, die die Kupferionen in unwirksame Komplexverbindungen verwandeln, nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit wieder ab. Da die beschleunigenden Katalysatoren stark in der Überzahl sind, kam Ostwald zu dem Schluss, dass „sehr reine Stoffe häufig äußerst langsam reagieren“ und dass „alle tatsächlich verlaufenden Reaktionen durch die Anwesenheit minimaler Mengen katalytisch wirksamer Fremdstoffe verursacht würden“ [55, S. 463].

3.9 Katalyse in der Natur

Schon Berzelius schrieb 1835, dass in den Organismen von Pflanzen und Tieren Tausende katalytischer Prozesse abliefen. Nach ihm widmete Ostwald den katalytischen Prozessen in lebenden Organismen große Aufmerksamkeit.⁴⁶ Er teilte die Meinung seines Leipziger Kollegen Carl Ludwig, der die katalytischen Prozesse für den Hauptbestandteil der physiologischen Chemie hielt.

Durch die Forschungsergebnisse über Reaktionen im lebenden Organismus kam Ostwald zu dem Schluss, dass dort typische katalytische Erscheinungen auftreten, d. h. langsam ablaufende Reaktionen beschleunigt werden. Er betrachtete die katalytischen Erscheinungen in der anorganischen Natur als Modell für eine Reihe von Vorgängen in lebenden Organismen. So war er z. B. der Meinung, dass die gekoppelten Reaktionen ein solches Modell seien. Bei diesen Reaktionen entstehen Verbindungen mit höherer freier Energie als die Ausgangsstoffe. Obwohl in der Gesamtbilanz der Reaktion die freie Energie abnimmt, können einzelne Reaktionsprodukte eine höhere freie Energie als die Ausgangsstoffe haben, weil bei anderen Endstoffen der Gehalt an freier Energie stark abnimmt. Ostwald schrieb:

Durch diese Betrachtung dürfte manches anscheinende Rätsel des Organismus lösbar ... werden. [49]

In der Rezension des Buches „Die Fermente und ihre Wirkungen“ wies er darauf hin, dass es keinen wesentlichen Unterschied zwischen anorganischen Katalysatoren und Fermenten gibt.

⁴⁶Diese Frage ist in Ostwalds interessantem Vortrag „Chemie und Biologie“, den er 1902 gehalten hat, abgehandelt [46, S. 264].

Fermente wirkten nur in einem engen Temperaturintervall, bei Temperaturanstieg verlor sie ihre Aktivität. Ostwald äußerte die Vermutung, dass noch organische Katalysatoren gefunden werden würden, die auch bei hohen Temperaturen wirksam blieben [41].

Die Regulierung von Reaktionen im lebenden Organismus erfolge vor allem deshalb durch Katalysatoren (Enzyme), weil andere Methoden der Beeinflussung der Reaktionsgeschwindigkeit (Änderung von Temperatur und Konzentrationen) hier nicht in Frage kämen; lebende Organismen verfügten über thermostatisierende Mittel, mit deren Hilfe sie ihre Körpertemperatur fast konstant halten könnten, und den Konzentrationen wären oft durch die Löslichkeit der Stoffe Grenzen gesetzt.

Die bestehenden Begriffe und Vorstellungen der Chemie hielt Ostwald für völlig ungeeignet zur Erklärung der in lebenden Organismen ablaufenden Reaktionen, da sie in der Hauptsache die Herstellung von Stoffen und das Auffinden systematischer Zusammenhänge zwischen ihnen betrafen, während die Gesetze ihres Gleichgewichts und ihrer Umwandlung ganz außer acht blieben.

Nichtsdestoweniger war Ostwald davon überzeugt, dass die Rätsel des Lebens gerade mit den Methoden der Physik und der Chemie gelöst werden müssten. Er wusste allerdings, dass es ungeachtet der großen Erfolge der physikalischen Chemie zu jener Zeit noch nicht möglich war, die grundlegenden Prozesse in den lebenden Organismen zu entschlüsseln.

Es ist bekannt, dass die Lebewesen die zum Leben notwendige Energie aus Oxydationsprozessen beziehen. Das Verständnis biologischer Prozesse kann erleichtert werden, wenn man annimmt, dass in lebenden Organismen gerade die Reaktionen ablaufen, die für ihre Erhaltung und Entwicklung notwendig sind. Aber diese sehr elementare und allgemeine Behauptung sagt nichts darüber aus, unter welchen physikalischen oder chemischen Bedingungen solche Prozesse ablaufen.

Man kann jedoch annehmen, dass sie aufs engste mit der Autokatalyse verknüpft sind. 1928 schreibt Ostwald, dass er bereits, als er erstmals die Bezeichnung „Autokatalyse“ für rein chemische Prozesse einführte, die Vermutung geäußert habe, dass Analogien mit Erscheinungen im lebenden Organismus bestünden [106]. Seiner Meinung nach hat die Autokatalyse große Bedeutung für alle Wachstums- und Formenbildungsprozesse in der lebenden Natur.

Sie wirkt, wie er annahm, auch beim Phänomen des menschlichen Gedächtnisses; in jedem Organismus gebe es eine Tendenz, frühere Handlungen sowohl des Individuums als auch seiner Vorfahren zu wiederholen, wodurch eine entsprechende Gewohnheit entstehe, die die Grundlage des Gedächtnisses bilde.

W. Ostwald war der Meinung, man müsste die Untersuchung aller in lebenden Organismen ablaufenden Prozesse auf dem Boden der Chemie ausführen, sie könne die geeignetsten Analogien zum Verständnis dieser Prozesse liefern. Insbesondere ging er an die Erklärung der Nervenreizung und - wie schon erwähnt - des Gedächtnisses unter diesem Blickwinkel heran. Zur Nervenreizung schreibt er:

Man könnte sich denken, dass durch den Reiz am Nervenende ein chemischer Vorgang ausgelöst

würde, der sich durch die Substanz des Nervs fortpflanzt und am anderen Ende entsprechende Veränderungen des empfangenden Apparates hervorruft. [43, S. 353]

Bedingung für den Ablauf eines Reizungsvorgangs ist die Freisetzung von Energie, wobei der Unterschied zu analogen Prozessen in der anorganischen Natur darin besteht, dass dieser Vorgang reguliert abläuft. Mechanische Bewegungen erklären sich bei - höheren Lebewesen damit, dass sich die Gewebefasern an den entsprechenden Stellen unter dem Einfluss der Reizung zusammenziehen.

Ostwald glaubte, die Energie, die diese Arbeit bewirkte, wäre chemische Energie. Chemische Energie könnte sowohl unmittelbar, und zwar durch Änderungen des osmotischen Druckes und des Oberflächenpotentials, als auch über andere Energieformen umgewandelt werden.

Das Wesen der meisten in biologischen Systemen ablaufenden Prozesse sah Ostwald in einer „Umwandlung der verschiedenen chemischen Energien ineinander“, Er schreibt:

Jede Zelle ist ... ein chemisches Laboratorium, in welchem die mannigfaltigsten Reaktionen ohne Ofen und Retorte durchgeführt werden. Das am meisten angewendete Mittel ist hier wahrscheinlich die katalytische Beschleunigung der brauchbaren und die katalytische Verzögerung der unzweckmäßigen Reaktionen ... Durch die Ausbildung eines bestimmten Katalysators kann also die Zelle unter zahllosen möglichen Stoffen einen bestimmten in seiner Bildung so beschleunigen, dass er ganz vorwiegend entsteht. Auf solche Weise wird verständlich, wie ein hochzusammengesetzter Organismus wie z. B. der menschliche aus der gleichen Nährflüssigkeit, dem Blute, in seinen verschiedenen Organen die mannigfaltigsten Stoffe bilden kann. [43, S. 365-366]

Ostwald war überzeugt [75], dass ein allumfassendes biologisches Gesetz gefunden werden würde, von gleicher Bedeutung wie die Hauptsätze der Thermodynamik, und dann werde man „so, wie man jetzt eine energetische Philosophie schaffen kann, eine biologische schaffen“.

3.10 Die Farbenlehre

Mit dem Problem der Farbe und der Farbstoffe begann sich Ostwald im Jahre 1915 systematisch zu beschäftigen. Er betrieb diese Forschungen mit Leidenschaft und meinte, die Ergebnisse auf diesem Gebiet wären seine beste Leistung, ja, fast das Wichtigste in seinem gesamten Schaffen.

In seiner „Selbstbiographie“ hat Ostwald ausführlich erläutert, welche Motive ihn bewegt haben, sich mit dem Problem der Farben zu befassen, und auf welchen Wegen er zu bestimmten Resultaten gelangte. Damit wollte er die Richtigkeit seiner Behauptung, man könnte wissenschaftliche Entdeckungen organisieren, demonstrieren. Diese Behauptung wurde von Anhängern des Mystizismus und der These von der „Intuition“ scharf angegriffen - sie wollten Ostwalds Erfolge in der Wissenschaft damit erklärt wissen, dass er als hervorragender Gelehrter natürlich über eine überdurchschnittliche Intuition verfügte.

Ostwald fragte dann seine Opponenten auch mit unverhüllter Ironie, warum sie „trotz intimen Beziehungen zum Weltgeist“ selbst keine wertvollen Entdeckungen machten [105, III, S. 382].

Er stellte fest, dass die Wurzeln seines Interesses für das Farbenproblem bis in seine Jugendzeit zurückreichten und sowohl auf psychologischen Faktoren beruhten als auch auf seinen Beziehungen zur Chemie. Die psychologischen Quellen sah Ostwald darin, dass er die ganze Welt stets als eine Sinfonie von Farben angesehen habe; all seine Erinnerungen wären in ihnen angemessene Farben gekleidet.

Eine besondere Vorliebe Ostwalds galt der Malerei, für die er sich, wie wir wissen, schon in der Schulzeit zu interessieren begann. Einen bedeutenden Teil seiner Freizeit verbrachte er mit Zeichnen, und seine Bilder fanden großen Beifall bei seinen Freunden und Bekannten. Zudem beschäftigte er sich schon in seiner Jugend damit, selbst Farben für seine Malerei herzustellen.

Durch seine Beschäftigung mit dem Problem der Farben in der Malerei kam Ostwald zu dem Schluss, dass nicht nur die chemisch-technologische Seite dieses Problems ungenügend wissenschaftlich erforscht wäre, sondern oft sogar einfachstes handwerkliches Wissen fehle. Diese Behauptung illustrierte er damit, dass bedeutende Maler bei ihren Bildern ständig die Farben falsch verwendet hätten.

So hat z. B. A. Menzel seine Ölgemälde mit Florentinerlack grundiert, als Folge davon wurden sie rissig. A. Böcklin hat nach Ostwalds Worten „wie ein Alchimist“ mit Farben experimentiert.

Anfang des 20. Jahrhunderts war in München unter Leitung von F. Lenbach ein Verein entstanden, der es sich zur Aufgabe gemacht hatte, Empfehlungen zur Auswahl von Farben für die Malerei zu entwickeln. Diese „Empfehlungen“ riefen bei Ostwald große Verwunderung hervor, da sich unter den empfohlenen auch Asphaltfarben befanden, die sehr gefährlich sind, da sie nie völlig fest werden.



Abb. 18. W. Ostwald im chemischen Laboratorium im Landhaus "Energie"

Er selbst veröffentlichte eine Reihe von Artikeln zum Farbenproblem, die er 1904 in einem Buch zusammenfasste [48]. Nach seinen Worten hatte das Buch Erfolg, wovon allein schon die Tatsache zeuge, dass die in ihm geprägten neuen Begriffe und Termini Verbreitung fänden.

1905 untersuchte Ostwald die Lichtempfindlichkeit der Lithopone, eines Gemischs aus ZnS und BaSO_4 , das anstelle von Bleifarben als weiße Farbe verwendet wird. Dabei stellte er fest, dass die Lithopone unter dem Einfluss von Sonnenlicht grau, in der Dunkelheit aber wieder weiß wird. Diese unerwünschte Farbänderung der Lithopone wollte er beseitigen. In einem Brief an Arrhenius vom 10. April 1905 lesen wir:

Wenn es gelingt, dies zu beseitigen, so kann man in Deutschland das Bleiweiß verbieten, welches unzählige Vergiftungen bei den Anstreichern verursacht. Ich habe die Sache zu 80% schon heraus und hoffe in kurzer Zeit ganz fertig zu sein. Auch Bleichromat, das die verbreitetste gelbe Farbe ist, lässt sich durch CdS -haltige Farben ersetzen. So hoffe ich noch ein bisschen als sozialer Wohltäter wirksam sein zu können. [146]

Systematische Untersuchungen auf dem Gebiet der Farben begann Ostwald jedoch erst im 1. Weltkrieg. Nach der Regel, dass man etwas Neues am besten beim Einfachsten beginnen soll, befasste er sich zuerst mit den Grautönen. Eine Frage, auf die er in der Literatur keine Antwort finden konnte, war:

Wie sieht reines Grau aus? Mischungen von weißen und schwarzen Farbstoffen ergeben nämlich immer ein bläuliches Grau. Ostwald empfahl, Zinkfarben (weiß) in bestimmten Verhältnissen mit Pariser Schwarz zu mischen und zur Neutralisierung des dabei auftretenden bläulichen Anflugs eine geringe Menge Ocker beizufügen.

Alle Farben von Schwarz bis Weiß, die Grenzen eingeschlossen, fasste Ostwald unter der Bezeichnung "graue" oder „unbunte“ Farben zusammen. Jede graue Farbe ist eine Mischung aus Schwarz und Weiß in einem bestimmten Verhältnis. Je tiefer das Grau ist, desto mehr Schwarz und desto weniger Weiß enthält es.

Die ganze Reihe der grauen Farben kann man als eine Gerade wiedergeben, deren eines Ende (s) verabredungsgemäß reines Schwarz und das andere (w) reines Weiß bedeutet:



Wenn man auf dieser Geraden einen beliebigen Punkt a wählt, so gibt das Längenverhältnis s_a/s_w den relativen Gehalt an weißer Farbe in dem betreffenden Grau, das Verhältnis a_w/s_w den an schwarzer Farbe an. Auf diese Weise gewinnt man eine Skala der grauen Farbtöne, wobei sich die einzelnen Punkte auf der Geraden in ihrem Gehalt an Schwarz und Weiß unterscheiden. Allerdings sind die Abstufungen in dieser Skala nicht gleichmäßig.

Nehmen wir an, sie sei in 10 gleiche Abschnitte unterteilt, was von Punkt zu Punkt jeweils einer Veränderung des Gehalts an Schwarz und Weiß um 10% entspräche, dann sind 10% Schwarz in Weiß fast nicht wahrzunehmen, während 10% Weiß in Schwarz deutlich ins Gewicht fallen.

Nach dem Gesetz von Weber und Fechner sind die Empfindungen dem Logarithmus der

Reize proportional, d. h., für das Auge spielt nicht die prozentuale Zusammensetzung, sondern deren Logarithmus eine Rolle. Deshalb müssen in einer Skala der Grautöne, deren Abstufungen dem menschlichen Auge gleichmäßig erscheinen sollen, die Logarithmen der prozentualen Zusammensetzung aufgetragen werden.

So kann die ganze Reihe von Schwarz bis Weiß in messbaren Größen wiedergegeben werden, nur die beiden Grenzen bleiben unbestimmt, weil man weder absolut reines Schwarz noch absolut reines Weiß erzeugen kann.

Im Unterschied zu den Grautönen, die zwischen den Grenzfällen Schwarz und Weiß eine kontinuierliche Folge bilden, stellen die bunten Farben einen kontinuierlichen geschlossenen Zyklus dar, der keinen Anfang und kein Ende hat. Ostwald machte den Vorschlag, hundert Abstufungen zur Identifizierung der bunten Farben festzulegen, die mit Eins für reines Gelb beginnen und über Rot, Blau und Grün zum Gelb zurückführen sollten. Zur graphischen Wiedergabe empfahl er die einfachste aller in sich geschlossenen Kurven - den Kreis.

In seiner Reihe der bunten Farben ist jede eine sogenannte "Vollfarbe", sie enthält keinerlei Beimengung von Weiß oder Schwarz. Hier tritt schon eine der Schwächen von Ostwalds Farbtheorie zutage - in der Realität erweist es sich als unmöglich, diese völlig reinen Farben zu erzeugen.

Ostwald ordnete den Farben unter der Annahme, dass der Farbkreis ganz gleichmäßig eingeteilt sei, Zahlen zu, d. h., er nahm an, die Abstufung der Empfindungen von einer Farbe zur benachbarten sei überall auf dem Farbkreis gleichgroß. Die Mischung zweier Farben mit bestimmten Nummern ergebe eine Farbe, deren Nummer zwischen diesen liegt. Dazu wurde eine zusätzliche Definition nötig: Eine Zwischenfarbe ist jede Farbe, die an irgendeiner Stelle des kürzeren Kreisbogens, der die beiden Ausgangsfarben verbindet, liegt.

Zwei Farben, die beim Mischen eine weiße oder graue Farbe ergeben, heißen Komplementärfarben (Gegenfarben).

Die Mischung einer reinen Buntfarbe mit Weiß in verschiedenen Verhältnissen ergibt eine Reihe, die Ostwald die Reihe der hellklaren Farben nannte, während die Mischung der reinen Farbe mit Schwarz die Reihe der dunkelklaren Farben bildet. Diese zwei Reihen können analog zur Reihe der Grautöne symbolisch durch Längenabschnitte entsprechender Geraden wiedergegeben werden.

Die Mischung einer reinen Buntfarbe mit Weiß und Schwarz zugleich ergibt nach Ostwalds Terminologie die „trüben Farbtöne“. Zu ihrer Wiedergabe reicht eine Gerade schon nicht mehr aus, sondern man muss sie als Punkte einer ebenen Figur darstellen. Die einfachste solche Figur ist ein gleichseitiges Dreieck, dessen Ecken die reine Vollfarbe (v), reines Weiß (w) und reines Schwarz (s) bedeuten:

Auf der Dreieckseite vw liegen alle hellklaren Farben, auf vs die dunkelklaren und auf sw die grauen. Alle trüben Farbtöne, die aus einem gegebenen Grundton entstehen können, werden durch Punkte im Innern des Dreiecks repräsentiert. Aufbauend auf diesen Vorstellungen konstruierte Ostwald einen „Farbkörper“, d. h. eine geometrische Darstellung der Gesamtheit aller denkbaren Farben.

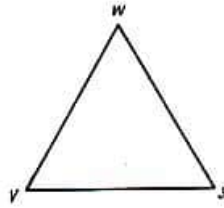


Abb. 20.

Dabei musste er voraussetzen, dass alle bunten Farben in gleicher Reinheit herstellbar sind, was leider in der Praxis nicht der Fall ist. Bekanntlich können in der Malerei die als „warm“ bezeichneten Farben (rot, orange, gelb und grüngelb) sehr rein erzielt werden, während man die sogenannten "kalten" Farben (violett, tiefblau, himmelblau und blaugrün) niemals in gleicher Reinheit erhält [207, S. 34].

Ostwald fand, dass in den allerreinsten Farben, die man herstellen kann, immer noch eine Beimengung von 3 bis 4% weißer Farbe enthalten ist; die schwarzen Beimengungen liegen stets noch höher - bei 10 bis 20% in den warmen Tönen und bei 40 bis 50% in den kalten. Durch diesen hohen Gehalt an schwarzer Farbe unterscheiden sich die kalten Töne von den warmen.

Bei einer Einteilung des Farbkreises in hundert Teile und einer genügend feinen Unterteilung der trüben Farben umfasst der Farbkörper 6000 verschiedene Farben. Diese Zahl ist ohne Zweifel noch weit vom Höchstmaß entfernt, denn man könnte ja auch den Farbkreis in 200 statt in 100 Teile unterteilen. Auch die Graduierungen bei der Mischung der Vollfarben mit den Grautönen können noch feiner gewählt werden, und so könnte man einige zehntausend verschiedene Farben definieren.

Hier taucht natürlich die Frage auf, ob das nötig ist. Braucht man wirklich eine solche Vielfalt von Farben in der Praxis, müssen die Töne so fein graduiert werden, welche Schattierungen kann man überhaupt erzielen?

Ein Vergleich mit dem Schall bietet sich an, wo es auch eine große Anzahl verschiedener Abstufungen gibt, ebenso wie im Bereich der Farben. In der Musik werden aus der großen Vielzahl von Tönen nur 120 verwendet, was aber, wie Ostwald schreibt, keineswegs zu einer Einengung des musikalischen Schaffens geführt habe... im Gegenteil, dadurch sei es möglich geworden, feste Harmonieregeln, ein sehr einfaches System der Bezeichnung der Töne durch Noten und bestimmte Gesetze der Stimmführung aufzustellen, und erst dadurch habe die Musik einen solchen Entwicklungsstand erreichen und so komplizierte Formen hervorbringen können, wie sie bei einer völligen, durch nichts eingeschränkten Freiheit des Komponisten in der Auswahl der Töne für seine Werke, bei einem chaotischen Stand der Lehre von den Tönen allgemein nie möglich gewesen wären [zit. nach 207, S. 62].

Ostwald empfahl, die Anzahl der normalerweise verwendeten Farben zu beschränken und diejenigen auszuwählen, die sich in der Praxis als ausreichend erwiesen; er meinte, eine Normung der Farbe wäre außerordentlich bedeutungsvoll für das Kunsthandwerk, während die Malerei wenig davon berührt würde.

Um die Farbeinteilung zu vereinfachen, schlug Ostwald vor, 8 verschiedene Grauabstufungen festzulegen und den Farbkreis für die Vollfarben nicht 100mal, sondern nur 24mal zu unterteilen. Jede dieser 24 Vollfarben kann durch Zufügen von Schwarz und

Weiß in bestimmten Verhältnissen 28 Kombinationen ergeben (Ostwald benutzte zur Bereicherung der entstehenden Farbtöne eine Kombination von Symbolen aus Zahlen und Buchstaben). Bei dieser Festlegung enthält der normierte Farbkörper $24 \cdot 28 = 672$ trübe Farben, dazu kommen noch die 8 Grautöne, so dass sich insgesamt 680 Farbnormen ergeben.

Anfang der 20er Jahre brachte Ostwald Sortimente fertiger Farben der verschiedenen Sorten (Aquarellfarben, Pastellfarben u. dgl.) auf den Markt, mit denen man alle Farben seines Farbkörpers herstellen konnte. Ein Sortiment, das aus allen 680 Farben bestand, hieß „Farborgel“.

Außerdem stellte er auch kleinere Sortimente normierter Farben her, aus denen man durch Mischen die Zwischenfarben erhalten konnte. In einem Brief vom 21. Oktober 1921 an Arrhenius schreibt Ostwald:

Ich bin all diese Zeit sehr stark durch die praktischen Arbeiten an der Einführung der neuen Farbenlehre in den Volksschulen und was damit zusammenhängt in Anspruch genommen gewesen, und die verfügbaren Energien am Tage werden mit zunehmendem Alter immer weniger.

In Sachsen werden schon Tausende von Schulkindern in der neuen Lehre unterrichtet. Und hierfür sind nicht nur die Lehrgänge auszuarbeiten, sondern auch die Unterrichtsmittel (Farbkarten, Farbnormen, Lehrbücher usw.) zu beschaffen. So habe ich mit Hilfe meines jüngsten Sohnes Otto, der Ingenieur ist, eine kleine Fabrik für solche Sachen eingerichtet, die natürlich in der ersten Zeit ganz besonders viel Arbeit macht.

Sie hat schon etwa 10000 „Kleinchen“ (neuer Farbkasten) und entsprechend viel Buntpapiere, viele Farborgeln usw. hergestellt und kann nicht so viel liefern, als gewünscht wird.

Auch sonst geht diese Sache gut vorwärts. Anfang Dezember war in Dresden der erste Lehrer-Farbentag, der von 4-500 Teilnehmern, hauptsächlich aus Sachsen, besucht war, um über die Grundsätze des Unterrichts zu beraten. Er hat einstimmig für die Einführung der neuen Lehre vom Kindergarten ab votiert. Ende Januar ist eine ähnliche Versammlung, bei der aber auch die Industrie beteiligt ist, in München. In Frankfurt, Berlin, Nürnberg werden Zweigstellen vorbereitet, nachdem im November v. J. die Deutsche Werkstelle für Farbkunde in Dresden eröffnet worden ist und gleich eine ausgedehnte Tätigkeit begonnen hat.

Du siehst, ich habe hier wieder einmal alle Hände voll zu tun, ganz wie damals vor 30 und einigen Jahren, als die physikalische Chemie zur Welt gebracht wurde. Nur sind diesmal keine gleich- oder höherwertigen Mitarbeiter vorhanden; ich habe alles Wissenschaftliche allein machen müssen und finde nur jetzt bei der Organisation gute Mitarbeiter. So wirst Du es erklärlich finden, dass ich nichts anderes im Kopfe habe, wie auch dieser Brief zeigt.

Natürlich empfinden wir alle den wirtschaftlichen Druck, und meine Ersparnisse fliegen in alle Winde. Aber wir haben guten Mut, dass wieder bessere Zeiten kommen werden.

In den Jahren 1920 bis 1923 leistete Ostwald die mühsame Arbeit der Messung, Normierung und Systematisierung der Farben.

Dabei erhielt jede Farbe einen bestimmten Platz im Farbkörper und wurde durch ein Symbol - eine Zahl und eine Formel - von allen anderen unterschieden. Diese Arbeiten bedeuteten für Ostwald nach seinen eigenen Worten ein nie endenwollendes Vergnügen.⁴⁷

⁴⁷In seiner „Farbenlehre“ schreibt Ostwald, dass er sich oftmals nicht von der Arbeit losreißen konnte, obwohl ihn ein schmerzender Rücken schon lange darauf aufmerksam machte, dass er seine Kräfte nicht zu sehr verausgaben durfte; wie manchmal die am Abend hergestellten Blätter mit Proben

Ostwalds Systematisierung der Farben sieht folgendermaßen aus:

Jede Farbe wird durch drei Parameter charakterisiert, den Gehalt an einer Vollfarbe v , den Gehalt an Weiß w und den Gehalt an Schwarz s . Da die Summe $w + s$ nichts weiter bedeutet als den Anteil einer bestimmten Grauschattierung an der betreffenden Farbe, ist Ostwalds Methode zur Farbmessung im Prinzip nichts anderes als der Vergleich einer Probe mit einer Skala der Grautöne.

Ostwald betrachtete die Systematisierung der Farben als Mittel, um unmittelbar zu Gesetzen vorzustoßen, nach denen sie zusammenzustellen sind, also zu Gesetzen der Farbharmoneie. Der Begriff „Harmonie“ hatte für Ostwald die Bedeutung einer gesetzmäßigen Verbindung zwischen Dingen.

Die ersten Versuche, solche Gesetze zu finden, machte er am einfachsten Beispiel, dem der Grautöne. Der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen ihnen war ja durch ihren Abstand auf der Schwarz-Weiß-Skala gegeben.

Ostwald fand einige mögliche Zusammenstellungen von Grautönen, die harmonisch wirkten. Er experimentierte auch mit einigen Farben und stellte dabei eine Behauptung auf, die zu zahlreichen Einwänden führte - er behauptete, dass nur Farben, die im Farbkörper auf einem wertgleichen Kreis liegen, d. h. durch die gleiche Kombination von Buchstabensymbolen für s und w gekennzeichnet sind, miteinander harmonisieren können (im normierten Farbkörper gibt es, wie wir schon wissen, 28 solcher wertgleichen Kreise) [207, S. 71].

1921 stellte Ostwald einen großen Farbatlas mit 2500 Farben fertig. „Ich arbeite jetzt fast 5 Jahre unermüdlich daran, und ich denke, das ist das beste von allem, was ich in meinem Leben getan habe“, schrieb er an Arrhenius [165].

Außerdem baute Ostwald für die optische Synthese und Analyse von Farben einige Geräte, die ziemlich einfach zu handhaben sind. Die Systematisierung der Farben, in die er sehr viel Arbeit hineinsteckte, hatte eine gewisse praktische Bedeutung.⁴⁸

In den 20er Jahren fand Ostwalds Farbenlehre Anwendung in der deutschen Textilindustrie und in einigen Porzellanmanufakturen [110]. Ein leitender Mitarbeiter der Staatlichen Porzellanmanufaktur Meißen sagte über den praktischen Nutzen von Ostwalds „Farbenatlas“:

Seine Anwendung erwies sich in der Staatlichen Porzellanmanufaktur Meißen als äußerst fruchtbringend. Schon jetzt, wo wir ihn erst einige Monate benutzen, haben wir zahlreiche Beweise dafür, wie hervorragend er für die Praxis geeignet ist; das eröffnet uns für die Zukunft die

bestimmter Harmonien wegen des fehlenden Blaus im Lampenlicht zunächst keinen besonderen Eindruck hinterließen, die Freude am nächsten Morgen aber um so größer war, wenn man sie bei Tageslicht betrachten konnte.

⁴⁸S. O. Meisel (ein bekannter sowjetischer Physiker und Spezialist auf dem Gebiet der Optik - Anm. d. Übers.) charakterisierte noch zu Ostwalds Lebzeiten dessen Farbenlehre mit den Worten: „In einer ganzen Reihe von künstlerischen Lehranstalten Deutschlands erfolgt die Ausbildung in Farbenlehre auf der Grundlage des Ostwaldschen Systems, es sind einige Gesellschaften zur Erforschung der Farbharmoneie gebildet worden, und es gibt schon eine Organisation für die industrielle Anwendung der Ostwaldschen Lehre. Wie auch das weitere Schicksal von Ostwalds Farbsystem aussehen mag, auf jeden Fall hat er eine gewaltige, außerordentlich wertvolle Arbeit geleistet und grandiose, in vielem völlig unerwartete Perspektiven auf dem Gebiet der Farbenlehre eröffnet.“ [207, S. 72-73]

allerbesten Perspektiven. [87]

1918 kam Ostwalds Buch „Die Harmonie der Farben“ heraus, 1920 erschien dieses Buch nochmals in einer überarbeiteten Auflage.

Ostwald stellte fest, dass „diese Arbeit überaus wohlwollend aufgenommen wurde ... und praktische Folgen hatte ... Mir persönlich ist bekannt, dass sich eine ganze Reihe großer Fabriken, und zwar Textil-, Tapeten- und Farbenfabriken, von der neuen Lehre leiten lassen“ [87].

In der Periode von 1916 bis 1925 veröffentlichte Ostwald viele Arbeiten zu Problemen der Farbe. Das waren außer Artikeln in Zeitschriften u. dgl. auch grundlegende Monographien, in denen er das von ihm entwickelte Farbsystem erläuterte. Ab 1921 gab er die Zeitschrift „Die Farbe“ heraus, die sich mit den verschiedensten Problemen der Farbenlehre - mit physiologisch-psychologischen, physikalischen, messtechnischen und normativen - befasste.

Große Aufmerksamkeit widmete Ostwald der Ausbildung an den verschiedenen Schulen und der Heranbildung gutgeschulter Spezialisten für die Farbenlehre, da bis zu der Zeit das handwerkliche Herangehen an Probleme der Farbenlehre überwogen hatte.

1929 hielt Ostwald in der Akademie der Wissenschaften in Berlin vor einem Zuhörerkreis, zu dem so bedeutende Gelehrte wie M. Planck, M.v. Laue, W. Nernst, O. Hahn und A. Einstein gehörten, einen Vortrag über seine Arbeiten auf dem Gebiet der Farbenlehre.

A. Einstein hatte schon 1916 in einem Brief an Ostwald dessen Arbeiten zur Schaffung einer quantitativen Farbenlehre als „überragenden Erfolg“ bezeichnet.

Zweifellos hat W. Ostwald in der Geschichte der Farbenlehre und der Kolorimetrie eine hervorragende Rolle gespielt, aber die wesentlichsten Grundlagen seiner Farbenlehre haben prinzipielle Mängel.

Damals jedoch erregte seine Lehre große Aufmerksamkeit. Es erschienen zwar auch Arbeiten, in denen die Ideen Ostwalds kritisiert und ihre schwachen Stellen überzeugend genug aufgedeckt wurden, aber es gab auch viele Versuche, diese Ideen weiterzuentwickeln und für praktische Zwecke zu vervollkommen. So ging der amerikanische Farbenfachmann Mansell, dessen Farbenatlanten auch heute noch in den USA eine gewisse Verbreitung haben, den von Ostwald aufgezeigten Weg.

Ostwalds Farbenatlas, dessen Anwendung darin bestand, dass man die zu untersuchende Farbe mit der Farbskala des Atlas verglich, wurde oft kritisiert, weil der Vergleich stets subjektiv ausfällt und dieses Vorgehen unbedingt zu mehr oder weniger starken Fehlern führen muss. Ostwald machte auch einige theoretische Fehler. So z. B. nahm er an, die von uns wahrgenommene Farbe hänge nicht von der Beleuchtung bzw. Helligkeit ab.

Sehr wenig Bedeutung für die Farbenlehre maß er der Physiologie und Psychologie des Sehvorganges bei, er selbst hat nie auf diesem Gebiet experimentiert.

Ostwald ging von dem Gedanken aus, dass im menschlichen Auge mindestens fünf Arten von lichtempfindlichen Reizempfängern existieren, wovon jede Art auf eine der Farben

Rot, Gelb, „Meergrün“, „Laubgrün“ bzw. Blau reagiert. Die Kombination aller durch äußere farbige Gegenstände erfolgten Reize soll zu unserem komplizierten Farbempfinden führen. Mit dieser Idee trat er hervor, als schon längst anerkannt und bewiesen war, dass die Dreikomponententheorie des Farbempfindens von Young und Helmholtz richtig ist.

Man darf jedoch keinesfalls übersehen, dass Ostwalds Arbeiten einen der ersten Versuche darstellen, Ordnung in das Chaos der Farben zu bringen und sie zu systematisieren. Man kann mit gutem Recht behaupten, dass eine direkte Verbindung von den Arbeiten Ostwalds zu denen der Internationalen Kommission für Beleuchtung führt, die bereits Ende der 20er Jahre begonnen wurden.

Das von dieser Kommission erarbeitete internationale kolorimetrische System beruht auf dem Dreikomponentensystem des Farbempfindens und hat eine sichere experimentelle Grundlage. Heute wird dieses System zur Bezeichnung, Definition und Messung der Farben von allen Ländern anerkannt.

4 Der Lehrer

Ostwald ging nicht nur als hochbegabter Forscher, sondern auch als Begründer einer großen wissenschaftlichen Schule und bedeutender Organisator wissenschaftlicher Arbeit in die Wissenschaftsgeschichte ein.

Durch seine Fähigkeit, Hunderte von Schülern heranzubilden und für die Wissenschaft zu begeistern, und durch seine zahlreichen Bücher sowie die wissenschaftlichen Zeitschriften, die er begründete und herausgab, übte er auf die Wissenschaftsentwicklung in der ganzen Welt einen bedeutenden Einfluss aus. Als Leiter des Leipziger Physikalisch-chemischen Instituts spielte Ostwald bei der Herausbildung der modernen physikalischen Chemie zu einer selbständigen Wissenschaft eine ganz wesentliche Rolle.

Das wird deutlich, wenn man die Situation der Chemie in den 60er bis 80er Jahren des 19. Jahrhunderts genauer betrachtet. Die wissenschaftliche und pädagogische Tätigkeit von Regnault und Sainte-Claire Deville in Frankreich, Mendelejew und Betekow in Russland, Bunsen und Kopp in Deutschland und Graham und Faraday in England trug ganz eindeutig physikalisch-chemischen Charakter.

Einige dieser Wissenschaftler gründeten nationale Schulen von Physikochemikern; aber die meisten Chemiker jener Zeit zeigten nur sehr wenig Aufmerksamkeit und Verständnis für physikalisch-chemische Probleme. Deshalb schrieb P. Walden einmal nicht ganz ohne Grund:

Die Schule, die auf des Meisters Worte schwört, die für Bedeutung und Inhalt der Abhandlungen eingetreten wäre und durch zahlreiche Publikationen und Experimentalarbeiten die Fruchtbarkeit derselben veranschaulicht hätte, eine solche Schule, wie überhaupt eine Schule für physikalische Chemie, fehlte damals. [208, S. 429]

W. Ostwald begründete eine solche Schule. Er selbst sagte darüber:

Wenn ich auf irgend etwas in meiner wissenschaftlichen Tätigkeit stolz bin, so bin ich es auf die glänzende Reihe der Männer, die ich in jungen Jahren aus dem Kreise ihrer Mitstreбenden ausgewählt und in ihrer freien wissenschaftlichen Entwicklung gefördert habe. Diese Reihe beginnt mit den Namen Arrhenius, Nernst, Beckmann, Leblanc, Bredig und Luther, und ich hoffe, sie ist noch nicht abgeschlossen. [67, S. 149]

Ähnlich wie J. v. Liebig in den 30er bis 40er Jahren des 19. Jahrhunderts hochqualifizierte Spezialisten auf dem Gebiet der organischen Chemie herangebildet hatte, die sowohl in wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen als auch in der chemischen Industrie einsetzbar waren, wurde in den 80er bis 90er Jahren der physikalisch-chemische Nachwuchs bei Ostwald ausgebildet.

Da kam ein Professor aus Riga in ein Land, das selbst genügend hochbegabte Chemiker hatte, und an eine Universität mit reichen Traditionen in Wissenschaft und Lehre. Gerade er brachte es zustande, dass Deutschland Ende des 19. Jahrhunderts die führende Rolle in der Entwicklung der modernen physikalischen Chemie übernahm und die Leipziger Universität zur wichtigsten „Kaderschmiede“ dieser Wissenschaft wurde!

In den 25 Jahren seiner pädagogischen Tätigkeit bildete Ostwald einige hundert Phy-

sikochemiker heran, viele davon wurden Wissenschaftler ersten Ranges. Aus den verschiedensten Ländern kamen junge Leute zu Ostwald, um von ihm zu lernen. Später schrieb Ostwald:

Meine Unterrichtstätigkeit hatte sich von jeher auf Angehörige der verschiedensten Länder und Völker erstrecken dürfen; hieraus waren persönliche Beziehungen entstanden, deren Fäden schließlich fast den ganzen Erdball umspannten und mir die Tatsache der von allen nationalen Verschiedenheiten freien, allgemeinmenschlichen Beschaffenheit der Wissenschaft eindringlich zum Bewusstsein brachten. [67, S. 8]

In den 90er Jahren des 19. Jahrhunderts wird die Universität Leipzig zum bedeutendsten Zentrum physikalisch-chemischer Ausbildung in der Welt. Junge Wissenschaftler aus Frankreich, England, Russland, Schweden, Amerika, Japan und anderen Ländern arbeiten bei Ostwald, mit jedem Jahr nimmt die Zahl seiner Schüler zu.

Für Ostwald war es stets ein inneres Bedürfnis, auf andere Menschen einzuwirken, sie für die Wissenschaft zu gewinnen, Das zeigte sich schon in seiner Rigaer Zeit, aber besonders deutlich dann an der Leipziger Universität.

Einer der ersten Schüler Ostwalds am Rigaer Polytechnikum war P. Walden, der spätere hervorragende Chemiker auf dem Gebiet der Stereochemie, der Elektrochemie nicht-wässriger Lösungen und der Geschichte der Chemie [209]. Schon als Student begann er, unter Ostwalds Anleitung wissenschaftlich zu arbeiten.

Er untersuchte die elektrische Leitfähigkeit komplizierter Säuren und Basen, um ihre Basig- bzw. Säurigkeit zu ermitteln. In den Jahren 1890/91 setzte Walden seine physikalisch-chemischen Untersuchungen in Leipzig bei Ostwald fort; seine Doktordissertation schrieb er „Über die Affinitätsgrößen einiger organischer Säuren und ihre Beziehungen zur Konstitution derselben“ (Leipzig 1891).

Ostwald verstand es ausgezeichnet, seinen Schülern die große Vielfalt der noch ungelösten Probleme der Wissenschaft nahezubringen und sie für deren Lösung zu begeistern. An der Universität Leipzig hielt Ostwald im Wintersemester die Vorlesung in anorganischer Chemie, im Sommersemester die in physikalischer Chemie. Diese Einteilung war den ausländischen Praktikanten sehr angenehm, weil sie gewöhnlich im Frühjahr oder Sommer nach Leipzig kamen.

P. Walden, der Ostwalds Vorlesung in physikalischer Chemie ebenfalls besuchte, hat sein pädagogisches und rhetorisches Talent folgendermaßen charakterisiert:

Doch gab Wilhelm Ostwald in seinen mündlichen Vorlesungen noch etwas, das man nicht in seinen Lehrbüchern nachlesen kann. Sein Vortrag brachte die ganze Persönlichkeit des Meisters zum Ausdruck...

Seine Vorlesungen über ein und dasselbe Fach waren von Jahr zu Jahr ganz verschieden und boten einen getreuen Spiegel der geistigen Evolution, die der Meister durchlebte... Mit besonderem Geschick verstand es der Meister, aus dem Zusammengesetzten das Einfache herauszuschälen, aus dem Wirrwarr der streitenden Vorstellungen verschiedener Autoren die einfachsten und plausibelsten herauszufinden. [188, S. 64-66]

Auch M. G. Zentnerschwer bezeugt [186, S. 231], dass Ostwalds Vorlesungen nie einen routinemäßigen Eindruck machten, und es nicht so war, dass ihr Inhalt ein für allemal

feststand und sich in jedem Jahr ohne Veränderungen wiederholte.

Für Anfänger waren Ostwalds Vorlesungen oftmals schwer verständlich, aber wer bei ihm arbeitete und so die Möglichkeit hatte, besser in die Gedankengänge des Professors einzudringen, hörte seine Vorlesungen mit großem Genuss und nahm dazu noch jedes Mal einen Vorrat an neuen Fragen und kritischen Gedanken mit nach Hause. Walden hat diese Qualitäten Ostwalds sehr treffend charakterisiert:

Wir können drei Arten von Pädagogen unterscheiden. Die einen betrachten sich als ‚Überlehrer‘, die zu dem Schüler als einem niedrigeren Wesen hinabschauen und jede geistige Gemeinschaft für unpassend halten - sie sind ein Überbleibsel der Vergangenheit, und man findet sie namentlich an mittleren Schulen. Die anderen sehen alles Heil in einer gegenseitigen Annäherung, infolgedessen sie zum Schüler hinabsteigen und auf dessen geistiges Niveau sich stellen - es sind dies die guten Pädagogen und die klassischen Popularisatoren.

Die dritten, die noch wenig verbreitet sind, die Lehrer der Zukunft, betrachten ihre Schüler als ebenbürtig und trachten sie zu sich heraufzuziehen. Ostwald gehörte zu dieser dritten Kategorie von Lehrern; ‚je mehr wir dem Schüler zumuten, um so mehr wird er leisten können‘ war ein Wort, das er sich zum Leitmotiv seiner pädagogischen Tätigkeit gesetzt hatte. [118, S. 67]

Später schrieb Walden:

Wer einmal das Glück hatte, bei Ostwald in Leipzig zu weilen und in seinem bescheidenen und dunklen Laboratorium zu arbeiten, dem werden sowohl die Persönlichkeit dieses Gelehrten als auch der Charakter seiner überaus intensiven wissenschaftlichen Arbeit unvergesslich bleiben. [210]

Ostwalds Leipziger Laboratorium hatte drei verschiedene Abteilungen - eine für das Anfängerpraktikum, eine für analytische und präparative Chemie und eine pharmazeutische. Die Leitung über all diese Abteilungen hatte Ostwald selbst, aber alle übrigen Arbeiten hatten seine Assistenten zu erledigen. In den Jahren 1888/89 war z. B. Nernst für das physikalisch-chemische Praktikum verantwortlich. Wagner betreute das Anfängerpraktikum, und Beckmann kümmerte sich um die pharmazeutische Abteilung.

Ein Teil der jungen Praktikanten wurde von Ostwald selbst betreut. Bei der Auswahl des wissenschaftlichen Themas ließ er ihnen völlige Freiheit. Alle hatten das Recht, sich den Weg selbst zu suchen, auf dem sie meinten, ihre individuellen Fähigkeiten am besten entfalten zu können.

Ostwald befasste sich auch mit dem Problem, welche Versuche für das Studentenpraktikum am besten geeignet waren. Seine Meinung dazu fasste er folgendermaßen zusammen:

Ich habe mich bemüht, nur solche Versuche aufzunehmen, die im wissenschaftlichen Sinne ausgenutzt werden können.

Ostwald selbst hat die Methode, nach derer an der Universität Leipzig seine Schüler ausbildete, einmal charakterisiert. Er sagt, eine wissenschaftliche Forschung sei nie die Privatangelegenheit desjenigen, der sie ausführt, daher müsse die Diskussion über die Auswahl neuer wissenschaftlicher Themen sowie über den Fortgang von Arbeiten nicht nur vom Arbeitenden und seinem Betreuer, sondern im gesamten Forschungskollektiv geführt werden.

Am besten sei es, wenn der Praktikant das Thema für seine wissenschaftliche Arbeit selbst auswähle und im Laboratorium darüber berichte; die Aufgabe des Betreuers bestehe darin, aus den geäußerten Vorstellungen einen fertigen Arbeitsplan zu machen.

Wenn dann die Arbeit etwa zur Hälfte geschafft sei, solle der Praktikant wieder einen Bericht geben; durch die Anregungen und Bemerkungen bei der Diskussion könne er seine Arbeit effektiver weiterführen. Nach Beendigung der Arbeiten solle dann ein Bericht über die wesentlichsten Ergebnisse und Schlüsse, die sich aus der Untersuchung ziehen ließen, gegeben werden. Es sei daran erinnert, dass Liebig auf ganz ähnliche Weise verfuhr. Er selbst hat dazu gesagt:

Ich gab die Aufgaben und überwachte die Ausführung; wie die Radien eines Kreises hatten alle einen gemeinsamen Mittelpunkt. Eine eigentliche Anleitung gab es nicht. Ich empfing von jedem einzelnen jeden Morgen einen Bericht über das, was er tags zuvor getan hatte, sowie seine Ansichten über das, was er vorhatte, Ich stimmte bei oder machte meine Einwendungen. Jeder war genötigt, seinen eigenen Weg selbst zu suchen.

In dem Zusammenleben und dem steten Verkehr untereinander und indem jeder teilnahm an den Arbeiten aller, lernte jeder von dem anderen. Im Winter gab ich zweimal wöchentlich eine Art von Übersicht über die wichtigsten Fragen des Tages. Es war zum größten Teil eine Übersicht über meine und ihre Arbeiten, in Verbindung gebracht mit den Untersuchungen anderer Chemiker. Wir arbeiteten, wenn der Tag begann, bis zur sinkenden Nacht. [Zit. nach 59, S. 167]

Genauso war es auch bei Ostwald. Er war ein ausgezeichnete Betreuer und Organisator wissenschaftlicher Forschungen, und junge, von der neuen physikalischen Chemie begeisterte Leute strömten bei ihm zusammen. Die Übersichtsvorträge, die er auf den Kolloquien hielt, seine Art, die Anfänger geschickt zu ermuntern - all das machte ihn zum Magneten.

Seine neuen Ideen und Pläne für künftige Arbeiten vertraute er offenherzig seinen Mitarbeitern an. Mit scharfem Blick fand er die „weißen Flecken“ in der physikalischen Chemie heraus.

Charakteristisch für Ostwald war auch, dass er seine Begeisterung, seinen Enthusiasmus auf andere übertragen konnte. Diese „katalytische Wirkung“ des Professors erfolgte ohne jeden Zwang, keiner der jungen Forscher wurde in seinen Ideen behindert - im Gegenteil, die Entwicklung der Individualität wurde stimuliert, es wuchsen selbständige Forscher heran.

Ostwald gab seinen jungen Mitarbeitern volle Handlungsfreiheit, er war der Meinung, die Jugend besitze den unbefangenen Mut gerade den großen und schwierigen Problemen gegenüber.

Noch keine niederdrückenden Erfahrungen des Misslingens wegen eigener Unzulänglichkeit hemmen diesen Mut, und die Frische der Anschauung dem Neuen gegenüber bewirkt die Unbefangenheit in der Beurteilung der gesamten Sachlage, welche so oft zu simplen Fragestellungen und damit zu überraschend einfachen Lösungen führt [59, S. 403].

Eine wichtige Voraussetzung für die Entstehung einer wissenschaftlichen Schule ist, dass ihr Leiter die Schüler für seine Sache zu begeistern und ihren Enthusiasmus zu

wecken vermag. Dabei spielen Organisationstalent, die rhetorischen Fähigkeiten und der persönliche Charme des Lehrers eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Eine wissenschaftliche Schule wird dann gut vorankommen, wenn sie in der Lage ist, sich „selbst zu erneuern“, d. h., wenn sie der Jugend freien Lauf lässt. Ostwald schrieb einmal, der Kopf einer wissenschaftlichen Schule müsse auch in der Lage sein, rechtzeitig seinem talentierten und vorwärtsstürmenden Schüler Platz zu machen.

Mit Recht wies er darauf hin, dass jeder Forscher einmal die Stafette an eine neue Generation, die sich mit neuen Problemen befasse, weitergeben müsse und dass dieser Prozess sich bis in die Unendlichkeit wiederholen werde. Ein Forscher müsse sich stets darüber im klaren sein, dass seine Ergebnisse nur einen Schritt auf einem unendlichen Weg darstellen, und sich von der Illusion freimachen, dass mit seiner Arbeit auf diesem Gebiet alles getan sei.

Zu seinen Schlussfolgerungen über die Bedingungen für eine wissenschaftliche Schule kam Ostwald einmal durch eine umfassende Analyse des Schaffens großer Gelehrter und der von ihnen geleiteten wissenschaftlichen Kollektive, zum anderen durch seine eigene wissenschaftliche Tätigkeit, besonders in der Leipziger Periode. So erklärte er die großen Erfolge bei der Ausarbeitung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation damit, dass der Mitarbeiterkreis, der an diesem Problem arbeitete und manchmal ironisch die „ionische Schule“ genannt wurde, an der Leipziger Universität konzentriert war und von einem jungen Lehrer geleitet wurde, „der mit der eigenen Liebe zur Sache die Fähigkeit vereinte, diese Liebe anderen mitzuteilen“.

M. Planck hat einmal gesagt, dass jeder hervorragende Gelehrte nicht nur durch seine eigenen Entdeckungen, sondern auch durch die, zu denen er andere anregt, in die Wissenschaftsgeschichte eingehe. Was Ostwald betrifft, kann man sagen, dass er in noch größerem Maße als durch seine eigenen Leistungen durch die Schaffung einer äußerst produktiven Schule von Physikochemikern, die die Wissenschaft durch viele hervorragende Entdeckungen bereichert haben, in die Wissenschaftsgeschichte eingegangen ist. Ostwalds Schüler haben oft darüber berichtet, wie gut es ihr Professor verstanden hat, Gedanken anzuregen und mit vollen Händen Ideen für neue Forschungen auszustreuen. So hat E. Beckmann einmal gesagt, ein halbstündiges Gespräch mit Ostwald habe ihm Material für ein halbes Jahr Forschungsarbeit geliefert.

Der bekannte englische Physikochemiker F. Donnan, der Ostwald sehr gut gekannt hat, sagte über ihn in einer Gedenkrede:

Ostwald war ein pausenlos sprudelnder Quell neuer Ideen und Inspirationen. Stellen Sie sich einen gutgelaunten Mann mit durchdringendem Blick, gesunder Gesichtsfarbe und Haaren und einem Vollbart von rötlicher Farbe vor, der Tag für Tag geschäftig durch das Labor eilte.

Wenn man in Schwierigkeiten war, war er stets bereit zu helfen, einen Ausweg vorzuschlagen. Wenn man gerade keine Schwierigkeiten hatte, brachte er einen auf irgendeinen neuen Gedanken. Auch wenn man bestimmte Ansichten über Musik, Malerei oder Philosophie vertrat, hörte sie der Chef aufmerksam an und war stets bereit, mit einem darüber zu diskutieren. [126, S. 326]

Ostwald selbst schrieb später über die freundschaftliche, schöpferische Atmosphäre, die im Leipziger Laboratorium herrschte:

Unsere Arbeiten waren gemeinsam; die Besprechungen des Professors mit dem einzelnen Praktikanten fanden unter reger Teilnahme der anderen statt, jeder Erfolg eines von uns spornte die anderen zu um so eifrigerer Arbeit an, die dann auch fast immer bald einen ähnlichen Lohn ergab. [105, II, S. 44-45]

Er erinnert sich, wie Nernsts Theorie der elektromotorischen Kräfte als Folge eines Laborgesprächs geboren wurde: Nernst fragte ihn, warum denn die Ionen nicht aus der Lösung herausflögen, wenn sie von innen gegen die Oberfläche stießen.

Darauf hatte der Wiener Physiker Stephan die Antwort gegeben, die uns geläufig war: beim Verlassen der Oberfläche entstehen sofort zurücktreibende Kräfte von vielen Atmosphären (die Oberflächenspannung- Anm. d. Aut.). Aber wenn man diese Kräfte dadurch aufhebt, dass man reines Lösungsmittel darüber schichtet, dann müssten sich die Ionen sofort dahinein stürzen, sagte Nernst.

Das tun sie ja auch, antwortete ich; die Diffusion setzt ja gleich ein. Aber bei einem Gase wäre der leere Raum in wenigen Augenblicken erfüllt, und die Diffusion dauert Wochen und Monate, lautete der Einwand. Der leere Raum bietet kein Bewegungshindernis, sagte ich; das flüssige Lösungsmittel aber einen sehr großen Reibungswiderstand, der die Bewegung entsprechend verlangsamt. [105, II, S. 38-39]

Nernst hatte diese Vorstellungen im Geiste weiter analysiert, bis sie ihn schließlich zu seiner Theorie der Diffusionspotentiale führten.

In den 80er und 90er Jahren des 19. Jahrhunderts hat Ostwald mehrmals in Briefen an seine Freunde (Arrhenius, Nernst u. a.) darüber berichtet, wie sehr sein Laboratorium mit Praktikanten überfüllt war. Am 2. Januar 1892 schrieb er an Arrhenius:

Außer dem Schwefelwasserstoffzimmer sind alle Räume belegt, es arbeiten insgesamt zwanzig Praktikanten. Ich kann Dir nicht schreiben, was jeder von ihnen im einzelnen macht, Du musst herkommen und es Dir selbst ansehen. [146]

Der erste russische Wissenschaftler, der bei Ostwald arbeitete, war W. A. Kistjakowski. Er hatte unmittelbar zuvor (1888) an der Universität Petersburg seine Kandidatendissertation mit dem Thema „Die Hypothese von Planck und Arrhenius“ [211] verteidigt, in der erstmals in Russland die Arbeiten von Arrhenius zur Theorie der elektrolytischen Dissoziation und von van't Hoff zur physikalischen Theorie der Lösungen aus den Jahren 1887 bis 1888 in die Betrachtung einbezogen wurden.

An dieser Dissertation ist bemerkenswert, dass ihr Autor nur ein Jahr nach dem Erscheinen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius für eine Vereinigung der Mendeleejewschen Hydrattheorie mit der Arrheniusschen Theorie der elektrolytischen Dissoziation eintrat, denn die Universität Petersburg war das Zentrum der Opposition gegen diese Theorie, die die Chemiker in zwei sich scheinbar unversöhnlich gegenüberstehende Lager gespalten hatte.

Er vertrat die Theorie von der Hydratation der Ionen, die später in den Arbeiten von Kablukow, Walden, Jones u.v.a. erfolgreich weiterentwickelt wurde.

In einer umfangreichen, 1890 in Ostwalds „Zeitschrift für physikalische Chemie“ veröffentlichten Arbeit entwickelte Kistjakowski seinen Gedanken von der Hydratation der Ionen weiter und untersuchte ausführlich das Problem der Doppel- und Komplexsalze

[212].

Nachdem er noch eine Arbeit über die Elektrolyse von Doppelsalzen abgeschlossen hatte, befasste sich Kistjakowski in Leipzig auf Ostwalds Rat hin mit dem Einfluss von Säuren auf die Bildung und den Zerfall von Estern.

1889 tauchte ein anderer junger Wissenschaftler von der Moskauer Universität - I. A. Kablukow - bei Ostwald auf. Er war gekommen, um die neuen physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden und auch die Laboratoriumseinrichtung, die man für solche Untersuchungen brauchte, kennenzulernen. Außerdem hörte er in Leipzig Ostwalds Vorlesung in allgemeiner und theoretischer Chemie.

Im Abschlussbericht Kablukows über seine Auslandsreise lesen wir:

Um einige Methoden der physikalischen Chemie zu erlernen, wählte ich das Laboratorium von Prof. Ostwald aus, deshalb wendete ich mich nach meiner Abreise aus Moskau am 3. Mai 1889 zuerst nach Leipzig...

Schon am Tag nach meiner Ankunft in Leipzig begab ich mich zu Prof. Ostwald, den ich vorher brieflich gebeten hatte, für mich einen Platz freizuhalten. Ich bekam auch meinen Platz im Laboratorium Prof. Ostwalds und arbeitete dort das ganze Semester hindurch, nebenbei hörte ich die gesamte Vorlesung in allgemeiner Chemie bei ihm.

Im Sommersemester hielt Prof. Ostwald seine Vorlesung über allgemeine und theoretische Chemie... Der Umfang dieser Vorlesung entspricht genau seinem Lehrbuch der allgemeinen Chemie, obwohl natürlich die Darbietung eine ganz andere ist, außerdem sind einige Kapitel des Buches neu überarbeitet worden wie z. B. das Kapitel über die Lösungen, die in letzter Zeit die Aufmerksamkeit und die Kräfte vieler Chemiker auf sich gelenkt haben. [213]

Über Ostwalds Qualitäten als Betreuer hat Kablukow interessante Gedanken hinterlassen. Er schreibt:

Ich war zu ihm gekommen, um unter guter Anleitung zu arbeiten. Er übergab mich an Arrhenius⁴⁹, der zu der Zeit so etwas wie sein persönlicher ‚Laborant‘ war. (Kablukow untersuchte im Leipziger Laboratorium die elektrische Leitfähigkeit von Chlorwasserstoff.

Für seine Arbeit brauchte er einen hochohmigen elektrischen Widerstand - d. Aut.) Ich erinnere mich, wie ich zusammen mit Arrhenius zu Ostwald kam und wie Ostwald folgendes sagte - ‚Sie müssen sich eine mehr oder weniger dicke Glasplatte besorgen, dazu ein paar Blätter Silberpapier, und schon haben Sie, was Sie brauchen. Oder Sie nehmen einen Bleistift - Graphit leitet bekanntlich den elektrischen Strom -, und schon haben Sie Ihren Widerstand‘. [214]

Kablukow arbeitete das ganz Sommersemester hindurch als Praktikant bei Ostwald, er erforschte die elektrische Leitfähigkeit von Chlorwasserstofflösungen in nichtwässrigen Lösungsmitteln. Das war eine der ersten Arbeiten zur Elektrochemie nichtwässriger Lösungen. Auf Kablukows Rat hin kam im Herbst 1890 A. W. Speranski, Assistent an der Universität Moskau, zu Ostwald.

Einige Briefe, die Speranski aus Leipzig an Kablukow geschrieben hat, sind erhalten geblieben. In einem davon (vom 11. November 1890) schreibt Speranski:

Meine Arbeit geht gut voran. Ich höre Vorlesungen bei Nernst - ‚Die Anwendung der Mathematik

⁴⁹In Ostwalds Laboratorium waren damals „drei Russen (W. A. Kistjakowski, I. A. Kablukow, A. W. Speranski - d. Aut.), und sie versicherten mir, dass sie von den neuesten Fortschritten der physikalischen Chemie sehr begeistert seien, schrieb Arrhenius an Tammann [165, Brief vom 8. Oktober 1889].

zur Lösung chemischer Probleme' - und Beckmann- ‚Die Analyse von Nahrungsmitteln‘ -, wobei ich das mehr tue, um mich in Deutsch zu üben, da ich noch immer schlecht deutsch verstehe; anfangs sprach ich mit Ostwald russisch, er mit mir deutsch.

Wenn ich aber sagte, dass ich nicht verstanden hatte, was er gesagt hatte, begann er auch, in einem schlechten, aber verständlichen Russisch zu sprechen; Ostwald gefällt mir sehr. [215]

Später arbeitete in Ostwalds Laboratorium auch noch W. F. Timofejew von der Universität Charkow an seiner Magisterdissertation.

Er befasste sich genau wie Kablukow mit der Natur nichtwässriger Lösungen. 1896 fuhr N. A. Schilow, damals noch ein junger Assistent an der Moskauer Universität, nach Leipzig zu Ostwald. Auf Ostwalds Empfehlung untersuchte er die katalytischen Erscheinungen bei der Oxydation von Jodwasserstoff durch Bromsäure. Die Arbeit verfolgte zwei Ziele - erstens sollte der katalytische Einfluss einer Reihe von Stoffen (Schilow untersuchte den Einfluss von 95 anorganischen und 80 organischen Verbindungen) auf diese Reaktion und zweitens der Zusammenhang zwischen der Konzentration des Katalysators und seiner katalytischen Wirkung erforscht werden.

Der wissenschaftliche Kontakt zwischen Ostwald und Schilow brach auch nicht ab, als letzterer nach Moskau zurückgekehrt war. Am 16. Mai 1897 schrieb Ostwald an Schilow:

Würden Sie mir bitte mitteilen, in welcher Richtung Sie arbeiten, damit wir hier nicht gleichzeitig dieselbe Arbeit anfangen. [216]

Ende 1900 fuhr Schilow nochmals zu Ostwald und untersuchte gemeinsam mit Luther gekoppelte Reaktionen. In diesen Jahren arbeiteten bei Ostwald die jungen russischen Physikochemiker A. W. Rakowski, L. W. Pissarschewski, A. A. Titow, D.P. Turbaba und A. W. Saposhnikow.

An Amerikanern arbeiteten in den 90er Jahren in Ostwalds Laboratorium J. Loeb, A. Noyes und H. Jones, die später viel zur Weiterentwicklung der Theorie der Lösungen beigetragen haben.

A. Noyes und H. Jones gehörten zu den ersten amerikanischen Chemikern, die die volle Bedeutung der Lösungstheorien von Arrhenius und van't Hoff erfassten. Um die neuen Theorien eingehender zu studieren und ihre Autoren persönlich kennenzulernen, beschloss Jones 1892, nach Europa zu reisen und dort an den neuen Problemen der physikalischen Chemie zu arbeiten.

Zunächst fuhr er nach Deutschland zu Ostwald, wo er Thematik und Charakter der physikalisch-chemischen Arbeitsrichtung sowie die Ansichten der „Jonier“ über die Natur der Lösungen kennenlernte [217].

Auf Ostwalds Empfehlung und unter seiner Anleitung verbesserte Jones 1892 die kryoskopische Methode von Beckmann und bestimmte mit ihrer Hilfe den Dissoziationsgrad von Elektrolyten in Lösung. In den Jahren 1893 und 1894 untersuchte er in Ostwalds Laboratorium den Lösungsdruck von metallischem Silber in Wasser und in einer alkoholischen Lösung von Silbernitrat und konnte erstmals überzeugend nachweisen, dass sich das Elektrodenpotential ein und desselben Metalls in Abhängigkeit vom Lösungsmittel stark ändert.

Auch aus Großbritannien kamen Wissenschaftler, um bei Ostwald zu arbeiten, wie z. B. der Schotte J. Walker. Besonders herzliche Beziehungen verbanden Ostwald mit dem englischen Gelehrten W. Ramsay, mit dem er lange Jahre hindurch in freundschaftlichem Briefwechsel stand [218].

W. Ramsay war einer der ersten in England, der die Arrheniussche Theorie der elektrolytischen Dissoziation und van't Hoffs osmotische Lösungstheorie anerkannte. Ostwalds Bemühungen um die Organisation von physikalisch-chemischen Forschungen stand er sehr wohlwollend gegenüber. Ramsay veröffentlichte einige wichtige Arbeiten mit physikalisch-chemischem Charakter in Ostwalds „Zeitschrift für physikalische Chemie“. Ostwald und Ramsay trafen sich einige Male und erörterten dabei verschiedene wissenschaftliche und gesellschaftliche Probleme.

Die Kunde vom Ruhm des Leipziger physikalisch-chemischen Laboratoriums und seines Leiters Ostwald war auch bis ins ferne Japan gedrungen. Anfang der 90er Jahre arbeiteten 3 Gäste aus dem Land der aufgehenden Sonne bei Ostwald - Sakurai, Ikeda und Osaka. Unter Ostwalds Betreuung untersuchten sie die Themen "Das Molekularvolumen aromatischer Verbindungen" (Sakurai 1889-1890), „Eine Verbesserung der Beckmann-Methode zur Bestimmung des Molekulargewichts gelöster Stoffe" (Sakurai 1894) und „Eine einfache Methode für chemisch-kinetische Studien" (Ikeda 1894).

Fast in jedem Semester studierten etwa 30 junge Chemiker bei Ostwald. In der Regel musste er selbst jedem von ihnen ein Thema für die wissenschaftliche Arbeit stellen und die Ergebnisse verfolgen. Außerdem hielt er regelmäßig seine Vorlesungen in allgemeiner und physikalischer Chemie, schrieb Lehrbücher, Artikel, Referate und Rezensionen. In zahlreichen Briefen an seine Freunde lesen wir, dass er „bis zum Hals in der Arbeit stecke“. Am 17. März 1893 teilt Ostwald seinem Freund Arrhenius in einem Brief mit:

... in diesem Semester waren 28 bis 30 ‚selbständige‘ Arbeiter. In 2 oder 3 Tagen gehe ich mit meinem ältesten Sohn Wolfgang zusammen an den Gardasee nach Torbole, um zu malen und zu bummeln und mich wieder arbeitsfähig zu machen... Auch habe ich noch am Ende des vergangenen Semesters ein Buch über die Laboratoriumspraxis der phys. Chemie, eine Art physikochemischen Kohlausch angefangen, das ich nach meiner Rückkehr fertig machen will, um mir den Unterricht zu erleichtern.

Dann kommt ein ausführliches historisches Lehrbuch der Elektrochemie und dann der letzte Band meines Lehrbuches und dann etc. etc., ich mag gar nicht daran denken. Schreibe mir doch Deine Meinung über das elektrochemische Kapitel des Buches; ich habe ungemein viel Arbeit hineingesteckt. [146]

4.1 Lehrbücher

W. Ostwald hat zahlreiche Lehrbücher geschrieben. Sie bildeten in den letzten Jahrzehnten des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts in vielen Ländern die Grundlage für die Ausbildung in physikalischer, analytischer und anorganischer Chemie.

In der langen Zeit seiner Lehrtätigkeit hatte er reiche pädagogische und methodische Erfahrungen gesammelt. Dadurch war er in der Lage, Lehrmittel sehr verschiedenen Zuschnitts zu schaffen. Schon zu Ostwalds Zeit war es wohl eine der schwierigsten Fragen, wie man das gewaltige Faktenwissen, das den Studenten zu vermitteln war, bewältigen sollte bzw. welchen Teil des Materials man weglassen konnte.

Gegenwärtig ist dieses Problem besonders aktuell, denn die Zunahme des Faktenmaterials erfolgt in der Chemie sehr schnell und beschleunigt sich noch weiter. Wie versuchte Ostwald, mit dieser Schwierigkeit fertig zu werden? Hören wir, was der erfahrene Pädagoge schreibt:

Ich bin ... der Meinung, dass die genaue persönliche Bekanntschaft mit einer nicht allzu kleinen Zahl wichtiger und charakteristischer Stoffe Grundlage alles chemischen Unterrichts sein und bleiben muss. Wenn aber ein solches Anschauungsmaterial gewonnen ist, so wird es dem Schüler nur nützlich sein können, die großen Zusammenhänge, durch welche alle diese Einzelheiten zu einer Einheit verbunden sind, einmal befreit von allem Zufälligen in ihren einfachen und großen Linien zu überblicken...

Die Allgemeinheiten bilden den Grundbass der chemischen Sinfonie, ... oder, um ein anderes Bild zu gebrauchen, sie bilden das Knochengerüst des chemischen Körpers, das er unter der Umkleidung durch die chemischen Einzelheiten immer erkennen lassen muss, wenn er seinen Unterricht zu einem wirklichen Kunstwerk gestalten will. [S.55, VII]

An anderer Stelle schreibt Ostwald:

Ich habe das Faktenmaterial ganz energisch eingeschränkt ... Hiermit wird die Gefahr vermieden, wegen deren gelegentlich ein früher Anfang des Chemieunterrichts beanstandet worden ist: dass nämlich der jugendliche Schüler nach Beendigung des Kursus bereits glaube, alles zu wissen, und damit seiner Entwicklung geschadet werde...

Das hängt in der Hauptsache damit zusammen, dass das Gedächtnis des Schülers mit überflüssigen Einzelheiten überladen ist, während er mit einer tiefergehenden Analyse der chemischen Erscheinungen nur ungenügend vertraut gemacht wird ... Ich war deshalb bemüht zu zeigen, wie man bei gründlicher Herausarbeitung der Konsequenzen aus wenigen einfachen Fakten tiefgreifende Schlüsse ziehen kann, die ihrerseits zu experimenteller Prüfung und neuen Beobachtungen anregen. [45]

Ausgehend von dieser völlig richtigen allgemeinen Position bemühte sich Ostwald in seinen Lehrbüchern, bei den Studierenden das selbständige wissenschaftliche Denken zu entwickeln. Beständig wies er darauf hin, dass es neben dem im Lehrplan enthaltenen Stoff noch unermessliche Gebiete für weitere Studien gab.

In den Lehrbüchern brachte Ostwald das Material oftmals in historisch-kritischer Darstellung. Er hoffte, so den Studenten dazu zu bringen, dass er sich nicht eine Menge Einzelheiten einprägte, sondern die Wissenschaft als in steter Bewegung befindlich begriff. Immer, wenn er ein Lehrbuch der Chemie schrieb, stand Ostwald wieder vor dem Problem, wie er das Material darlegen sollte.

Es gab die Möglichkeit, die historische Entwicklung des Wissens zu beschreiben. Man konnte aber auch die Studierenden ausschließlich mit den letzten Errungenschaften der Wissenschaft bekannt machen, ohne dabei besonders darauf einzugehen, wie und durch wen sie erreicht wurden - mit anderen Worten, die Jugend nur mit einem reinen Filtrat der Errungenschaften der Wissenschaft versorgen und den Bodensatz, der auf den Filtern zurückliegender Epochen verblieben war, wegwerfen. Ostwald selbst schrieb dazu:

Somit hat die Zeit die Spreu vom Weizen gesondert, und wir haben den letzteren in dem täglichen Brote unserer Lehrbücher säuberlich gemahlen und verbacken. Das mag der werdend Forscher genießen... [66, S. 7]

Ostwald führte seine Leser meist auf dem historisch-logischen Weg zu den Lehrsätzen der Chemie. 1885 bis 1887 veröffentlichte Ostwald die beiden grundlegenden Bände des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“, in denen er unter weitestgehender Berücksichtigung chemiegeschichtlicher Fakten ein umfangreiches physikalisch-chemisches Wissen zusammengefasst hatte.

Im ersten Band werden ausführlich die verschiedenen Methoden zur Bestimmung von Atom- und Molekulargewichten betrachtet, darauf folgt die Beschreibung der Stöchiometrie von gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen, und den Schluss bildet eine Zusammenfassung von Angaben über die chemischen Elemente und ihre Verbindungen. Der zweite Band enthält folgende Abschnitte: Thermochemie, Photochemie, Elektrochemie, Chemische Verwandtschaftslehre (Geschichte und gegenwärtiger Stand).



Abb. 21. Titelblatt des „Lehrbuches der allgemeinen Chemie“

Für Ostwald war eine historisch-kritische Analyse die wichtigste Methode, um den aktuellen Stand eines Problems zu verdeutlichen. So beleuchtet er z. B., wenn er die Grundlage der chemischen Kinetik behandelt, die Geschichte dieses Gebietes und zieht nebenbei eine Reihe wesentlicher wissenschaftshistorischer Schlüsse.

Auch in den Kapiteln über die chemische Verwandtschaft, über Thermochemie und über Elektrochemie betrachtet er ausführlich die Entwicklung dieser Richtungen der physikalischen Chemie vom Moment ihrer Entstehung an. Daran wird deutlich, dass Ostwald eine Vorstellung von der Wissenschaft und ihrer Bewegung wecken wollte, von dem lebendigen Strom entstehender und untergehender Theorien und Hypothesen, verbunden mit den Namen der Gelehrten, die unmittelbar an dieser Entwicklung beteiligt waren.

Schon bald nach seinem Erscheinen war Ostwalds „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ weithin bekannt und anerkannt. Der Erfolg dieses Lehrbuchs wurde in hohem Maße davon mitbestimmt, dass es genau zur richtigen Zeit auf den Plan trat - die 80er Jahre des 19. Jahrhunderts waren von bedeutenden physikalisch-chemischen Entdeckungen

und einem wachsenden Interesse aller jungen Wissenschaftler für diesen Zweig der Chemie geprägt. Ostwald veröffentlichte sein Lehrbuch gerade zu dem Zeitpunkt, als es dringend gebraucht wurde.

Er selbst sagte einmal, dass „oftmals sehr viel Zeit vergehen muss, bis einer kommt, der in der Lage ist, eine reife Frucht zu bemerken und abzureißen“. Zum gleichen Problem schreibt P. Walden:

Um auf weite Kreise zu wirken, bedarf eine neue wissenschaftliche Wahrheit gleichsam eines Resonanzbodens; sie muss zu einer geeigneten Zeit und in günstiger Gestalt erscheinen. [208, S. 429]

Aber nicht nur diese Tatsachen trugen zum Ruhm von Ostwalds Lehrbuch bei - das Wichtigste war, dass es das erste Lehrbuch der allgemeinen (physikalischen) Chemie war, das sehr ausführlich die Entwicklung aller damals existierenden Richtungen dieser Wissenschaft widerspiegelte. Es sei kurz erwähnt, was es vor Ostwald an Lehrbüchern in allgemeiner Chemie gegeben hatte.

1857 hatten H. Buff, H. Kopp und K. Zammer in Deutschland ein kleines Buch mit dem Titel „Theoretische Chemie“ veröffentlicht (1859 war eine russische Übersetzung davon erschienen). Später hatte H. Kopp allein ein „Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie“ herausgegeben (1863).⁵⁰

Von L. Meyer kam 1864 das Buch „Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik“ heraus (eine russische Übersetzung davon erschien 1866, die fünfte deutsche Auflage 1884). Ein anderer deutscher Wissenschaftler, A. Naumann, veröffentlichte 1869 seinen „Grundriss der Thermochemie oder der Lehre von den Beziehungen zwischen Wärme und chemischen Erscheinungen vom Standpunkt der mechanischen Wärmetheorie“ (1871 ins Russische übersetzt).

In Russland erschien im Jahre 1877 das Lehrbuch „Physikalische Chemie“ von N. N. Ljubawin. All diese Bücher befassten sich nur mit einem bestimmten Teil der physikalischen Chemie, keines von ihnen konnte Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Eine Ausnahme stellt das Buch von Ljubawin dar, in dem jedoch veraltete Theorien gelehrt wurden (z. B. war der Autor ein Anhänger der Phlogiston-Theorie).

Ostwalds „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ war frei von diesen Unzulänglichkeiten. Er hatte eine Unmenge Literatur durchgearbeitet (meist die Originalarbeiten) und stellte die gewaltigen Erfolge, die die physikalische Chemie inzwischen erreicht hatte, sehr überzeugend dar. Der von ihm geschaffene Abriss der Entwicklung der neuen Wissenschaft hinterließ großen Eindruck.

Er dokumentierte den jungen Wissenschaftlern, dass bereits viele namhafte Gelehrte an physikalisch-chemischen Problemen gearbeitet hatten.

In gewisser Weise benötigte Ostwald das historische Material auch dazu, die Notwendigkeit einer Abtrennung der physikalischen Chemie als selbständige Disziplin überzeugend zu begründen.

⁵⁰Dieses Lehrbuch erschien 1885 nochmals in überarbeiteter Form unter dem Titel „Theoretische Chemie“.

Allerdings führte diese Zielstellung stellenweise dazu, dass er die Verdienste bestimmter Forscher zu sehr herausstellte, während er die anderer nur ungenügend würdigte. Diese Schwäche vermerkte auch der russische Chemiker N. N. Alexejew, der in einer Rezension des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ schrieb:

Es ist einigermaßen seltsam, dass in diesem Werk des Rigaer Professors weder bei den spezifischen Volumina der Name Mendelejews noch beim chemischen Bau derjenige Butlerows erwähnt wird; verschwiegen werden auch alle Untersuchungen Menschutkins zur Esterbildung... Wahrscheinlich kennt Herr Ostwald die Arbeiten russischer Chemiker nur aus französischen und deutschen Quellen. [219]

Diese berechnigte, allerdings in sehr ironischem Ton vorgebrachte Kritik führte zu einer sehr heftigen Gegenreaktion Ostwalds - er trat aus der Russischen physikalisch-chemischen Gesellschaft aus.

Natürlich hegte jeder Wissenschaftler den verständlichen Wunsch, seine Arbeiten in einem solchen Werk wie dem „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ von Ostwald vollständig wiederzufinden, und wenn das nicht der Fall war, war er unzufrieden. Es ist jedoch nicht auszudenken, was aus dem Lehrbuch geworden wäre, wenn Ostwald all diese Wünsche berücksichtigt hätte!

Er konnte und wollte ja den Studierenden kein Lexikon der Chemie in die Hände geben. Ostwalds Bestreben jedoch, das Material von seinem Standpunkt aus zu verallgemeinern und zu bewerten, führte zu bestimmten Tendenzen - die Eitelkeit des Autors war an vielen Stellen zu spüren, und das konnte nicht unbemerkt bleiben. Sogar nahe Freunde Ostwalds wie Nernst, Arrhenius u. a. waren der Meinung, er hätte seine eigenen Verdienste zu sehr herausgestrichen.

Wenn solche Urteile bis zu ihm gelangten, reagierte Ostwald sehr empfindlich. Er wusste aus eigener Erfahrung, wie schwer es war, das Material in einem Lehrbuch so darzulegen, dass der Eitelkeit jedes Wissenschaftlers Genüge getan wurde. Er hatte sich bemüht, die Urheber der bedeutendsten Entdeckungen gebührend zu würdigen. So hatte er zur Entdeckung des Periodensystems der Elemente und den Vorhersagen neuer Elemente auf dessen Grundlage geschrieben:

Am energischsten und gleichzeitig am glücklichsten ging Mendelejew nach dieser Seite vor. [15, zit. nach 4. Aufl., S. 172]

Zur Entdeckung der von Mendelejew vorausgesagten Elemente in der Natur schreibt Ostwald:

Er sowie die Wissenschaft haben den Triumph erfahren, dass diese Voraussagen zum größten Teil bei der späteren Entdeckung dieser Elemente bestätigt worden sind. [15, zit. nach 4. Aufl., S. 174]

Die volle Bedeutung des Periodensystems für die spätere Entwicklung der Chemie und der Physik erkannte Ostwald allerdings nicht. Er sah darin kein fundamentales Naturgesetz wie etwa im Gesetz von der Erhaltung der Energie. Trotzdem war er der Meinung, „das Gesetz, nach dem die Eigenschaften der Elemente in vergleichbaren Verbindungen periodische Funktionen der Atomgewichte darstellen“, müsse man als „einen der

wesentlichsten Erfolge der theoretischen Chemie der letzten Zeit“ ansehen; dabei bemerkte er sehr richtig und voller Weitblick: „Das periodische System ist... nicht als der Abschluss, sondern viel mehr als der Anfang einer fruchtbaren Ideenreihe anzusehen“ [15, zit. nach 4. Aufl., 5. 175].

Im Lehrbuch der allgemeinen Chemie von Ostwald (1. Aufl., Bd. I) fanden Mendelejews Arbeiten über Gase (S. 143), über die kritische Temperatur (S. 266) und über die Kapillarerscheinungen (S. 482) ihren Widerhall. Von den Arbeiten russischer Wissenschaftler über die Natur der Lösungen sind die Untersuchungen von D. N. Abaschew, W. F. Alexejew und I. M. Setschenow erwähnt. Sehr ausführlich (S. 365-371) geht Ostwald auf D. P. Konowalows Arbeiten über den Dampfdruck von Lösungen ein.

Zu den Verdiensten von Arrhenius und van't Hoff bei der Entwicklung der physikalischen Chemie meinte Ostwald, dass seine Bücher über physikalische Chemie eben auf „die allgemeine Einführung und Verbreitung der durch van't Hoff und Arrhenius geschaffenen neuen Grundlagen der Chemie“ gerichtet seien [38, zit. nach 3. Aufl., S. IX].

In den Jahren 1891 bis 1893 erschien eine zweite, stark überarbeitete Auflage des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ („Der große Ostwald“).

Ostwald ist die ganze Zeit mit dem Bücherschreiben beschäftigt, und zwar mit der zweiten Auflage seines großen Lehrbuchs. Es wird sehr interessant für mich werden, sie mit der ersten Auflage zu vergleichen,

schreibt Arrhenius am 21. Juni 1890 an Tammann [165]. Als Beispiel dafür, wie Ostwald neue Auflagen seiner Lehrbücher umarbeitete, vervollständigte und veränderte, soll folgendes genügen:

In der ersten Auflage seines Lehrbuchs umfasste das Kapitel „Stöchiometrie“ 500 Seiten, in der zweiten Auflage schon 1163 Seiten!

Für Studenten, besonders für die in den ersten Studienjahren, waren die zwei dicken Bände des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ zu gewichtig, deshalb gab Ostwald 1889 den „Grundriss der allgemeinen Chemie“ (den „kleinen Ostwald“) in einem Band heraus, wo er bei der Darlegung des chemischen Materials auf „überflüssigen Formelballast“ verzichtete. 1891 erschien eine russische Übersetzung dieses Buches.

1899 erschien die dritte Auflage des „Grundrisses“, später folgten noch weitere. Allein in Deutschland war dieses Lehrbuch in über 12000 Exemplaren verbreitet.

In der vierten Auflage (1908) nahm Ostwald nicht nur bedeutende Veränderungen an der Anordnung des Stoffes und bei der Behandlung grundlegender chemischer Begriffe vor, sondern er fügte auch einige neue Kapitel wie eines über „Disperse Gebilde“ (Kolloide) und eines über „Gasleitung und Radioaktivität“ hinzu.⁵¹ Die Arbeit an diesen Kapiteln hatte nach Ostwalds eigenen Worten großen Einfluss auf seine persönliche

⁵¹1911 kam eine autorisierte russische Übersetzung der vierten, überarbeiteten deutschen Auflage des „Grundrisses der allgemeinen Chemie“ unter dem Titel „Grundlagen der physikalischen Chemie“ heraus. Im Vorwort schreibt P. P. Weimarn: „Wenn man das in aller Welt anerkannte großartige pädagogische Talent Ostwalds in Betracht zieht, werden sofort alle Motive klar, derentwegen ich gerade auf dieses Werk gekommen bin und es meinen Hörern an der Bergakademie besonders empfehle.“

Entwicklung. Er schreibt:

Ich habe mich überzeugt, dass wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Natur der Stoffe gelangt sind ... Damit ist die bisherige atomistische Hypothese zum Range einer wissenschaftlich wohlbegründeten Theorie aufgestiegen und darf ihre Stelle auch in einem zur Einführung in das Wissensgebiet der Allgemeinen Chemie bestimmten Lehrbuche beanspruchen. [15, zit. nach 4. Aufl., S. III-IV]



Abb. 22. Titelblatt der russischen Übersetzung der 4. Auflage von W. Ostwalds „Grundriss der allgemeinen Chemie“

Im Kapitel „Elektronentheorie“ wies Ostwald darauf hin, dass „ernsthafte Bemühungen, die bisherige mechanische Auffassung der physischen Welt durch eine elektrodynamische zu ersetzen“, bestünden [15, zit. nach 4. Aufl., S. 604].

1900 erschien die erste deutsche Auflage von Ostwalds Lehrbuch „Grundlinien der anorganischen Chemie“⁵². Nachdem die 4000 Exemplare der ersten Auflage verkauft waren, kamen noch weitere Auflagen heraus.⁵³

An seiner historisch-kritischen Darstellungsweise festhaltend, bemühte sich Ostwald hier, modernere Vorstellungen (besonders aus dem Gebiet der physikalischen Chemie) in die Lehre der anorganischen Chemie einzuführen, um den Studenten von Anfang an mit den neuesten Entdeckungen und Theorien auf diesem Gebiet vertraut zu machen. In logischer Folge führt er in den Kapiteln, die die Eigenschaften der verschiedenen Elemente und ihrer Verbindungen behandeln, die allgemeinen Gesetze in einer solchen systematischen Anordnung ein, dass diese Gesetze und die Zusammenhänge zwischen ihnen klar herauskommen.

Dabei erfordert das Verständnis des Neuen stets die Kenntnis des Vorangehenden. Nach Ostwalds Meinung mussten die Anforderungen an die geistige Arbeit der Lernenden in

⁵²Die russische Übersetzung dieses Buches erschien 1902 mit einem Vorwort des bekannten russischen Chemikers M. I. Konowalow. Darin schreibt er: „Ostwalds Name ist nicht nur dem Chemiker, sondern jedem Naturwissenschaftler so bekannt, dass kaum eine Notwendigkeit bestehen dürfte, dieses Buch noch besonders zu empfehlen.“

⁵³1914 erschien eine russische Übersetzung der dritten Auflage (1912) dieses Lehrbuchs.

der Chemie im Vergleich zu früher gesteigert werden. Er schreibt:

In dem Maße, wie die Chemie aus einer beschreibenden Wissenschaft sich zu einer rationellen entwickelt, stellt sie höhere Ansprüche an die Denk- und Abstraktionsfähigkeit ihrer Jünger. Sie nähert sich in dieser Beziehung mehr und mehr der Physik. Da es ja meist dieselben Schüler sind, welche gleichzeitig Chemie und Physik erlernen, so darf eine Denktätigkeit, wie sie in der Physik dem Schüler zugemutet wird, auch für die Chemie beansprucht werden.

Ich kann nicht verhehlen, dass mich das in den elementaren chemischen Lehrbüchern so oft auftretende bewusste Herabsteigen auf eine niedrigere intellektuelle Stufe gegenüber den für die gleiche Studienzeit bestimmten Lehrbüchern der Physik oder Mathematik stets schwer verdrossen hat. Die bei den jüngeren Physikern so leicht entstehende Vorstellung, dass die Chemie eine Wissenschaft niedrigeren Ranges sei, hat ihre Quelle zu einem erheblichen Teile sicher in dem genannten Umstande. [38, zit. nach 3. Aufl., S. VIII]

Bemerkenswert ist, dass Ostwald von der dritten Auflage der „Grundlinien der anorganischen Chemie“ an hinzufügt:

Durch die vollkommene Übereinstimmung derselben mit der Erfahrung hat die Atomtheorie ein großes Ansehen und eine allgemeine Anwendung erlangt, so dass sie gegenwärtig in der Chemie ausschließlich herrscht.

Auch in diesem Buche soll von diesem allgemeinen Gebrauche nicht wesentlich abgewichen werden, zumal in neuester Zeit auch viele andere Konsequenzen aus der Atomhypothese sich mit den Tatsachen übereinstimmend erwiesen haben. [38, zit. nach 3. Aufl., S. 187]

Hiermit meinte Ostwald vor allem die neuen Entdeckungen auf dem Gebiet der radioaktiven Erscheinungen. Er führte in der dritten Auflage ein neues Kapitel „Die radioaktiven Elemente“ ein, das mit den Worten endet:

Von der neuen und außerordentlich viel höheren Stufe konzentrierter Energie, wie sie in den radioaktiven Stoffen vorliegt, (sind) auch entsprechende neue und ungewöhnliche Resultate zu erhoffen ... Jedenfalls dürfen wir annehmen, dass die nächsten Jahrzehnte der chemischen Wissenschaft nach vielen Richtungen ein neues und unerwartetes Ansehen geben werden, und wir übersehen schon jetzt, dass von einer Erschöpfung der chemischen Möglichkeiten auch im Gebiete ihres älteren Teils, der anorganischen Chemie, noch nicht entfernt die Rede sein kann. [38, zit. nach 3. Aufl., S. 8331]

Arrhenius hat einmal gesagt: „Durch Ostwalds Lehrbücher werden detaillierte Untersuchungen einem breiten Publikum bekannt.“

Um die Grundlagen der chemischen Thermodynamik, die in den klassischen Arbeiten von Gibbs enthalten sind, breiten Kreisen von Chemikern zugänglich zu machen und damit einen Beitrag für den weiteren Fortschritt der Chemie zu leisten, gab Ostwald 1892 die thermodynamischen Arbeiten von Gibbs in deutscher Sprache heraus.

Die deutsche Ausgabe der „Thermodynamischen Studien“ besteht aus drei Arbeiten von Gibbs und einem kurzen Vorwort folgenden Inhalts von Ostwald:

Die Bedeutung der thermodynamischen Arbeiten von Willard Gibbs kann nicht besser gekennzeichnet werden als durch die Tatsache, dass ein großer Teil der Beziehungen, welche inzwischen auf dem Gebiet der chemischen wie physikalischen Gleichgewichtszustände von verschiedenen Forschern entdeckt worden sind und welche zu einer so bemerkenswerten Entwicklung dieses Gebiets geführt haben, sich in diesen Arbeiten teils explizit, teils implizit vorfindet ...

Der Inhalt des Werkes ist noch heute von unmittelbarer Wichtigkeit, und das Interesse an demselben ist keineswegs ein bloß historisches. Denn von der fast unabsehbaren Fülle der Ergebnisse, die es enthält oder anbahnt, ist bisher nur ein geringer Anteil fruchtbar gemacht worden.

Noch liegen ungehobene Schätze für den theoretischen wie namentlich den experimentellen Forscher von größter Mannigfaltigkeit und Bedeutung in den Kapiteln desselben zu Tage... [220]

Arrhenius schrieb am 14. November 1892 an Ostwald: „Ich bin sehr froh über die Übersetzung des Gibbs, die englische Ausgabe war wirklich zu schwierig geschrieben“ [165].

Ostwalds reiche Erfahrungen bei der Durchführung von Praktika in physikalischer Chemie fanden im „Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen“, das er 1893 herausbrachte, ihren Niederschlag.

Später hat dieses Lehrbuch nach einer grundlegenden Überarbeitung, die von Ostwalds Schülern R. Luther und C. Drucker vorgenommen wurde, noch etliche Auflagen erfahren und wurde in verschiedene Sprachen übersetzt, darunter auch ins Russische (1935).

1894 erfuhren die theoretischen Grundlagen der analytischen Chemie in Ostwalds Buch „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ eine umfassende Überarbeitung. Ostwald stellt im Vorwort fest, dass die analytische Chemie zwar in technischer Hinsicht gewaltige Erfolge zu verzeichnen habe, theoretisch aber arg zurückgeblieben sei. Er schreibt:

In auffallendem Gegensatz zu der Ausbildung, welche die Technik der analytischen Chemie erfahren hat, steht aber ihre wissenschaftliche Bearbeitung. Diese beschränkt sich auch bei den besseren Werken fast völlig auf die Darlegung der Formelgleichungen, nach denen die beabsichtigten chemischen Reaktionen im idealen Grenzfall erfolgen sollen... Während sonst überall die lebhafteste Tätigkeit um die theoretische Gestaltung des wissenschaftlichen Materials zu erkennen ist, ... nimmt die analytische Chemie mit den ältesten, überall sonst abgelegten theoretischen Wendungen und Gewändern vorlieb und sieht kein Arg darin, ihre Ergebnisse in einer Form darzustellen, deren Modus oder Mode seit fünfzig Jahren als abgetan gegolten hat. [6, zit. nach 2. Aufl.; S. V-VI]

Nachdem Arrhenius' Theorie von den Ionen breitere Anerkennung gefunden hatte, fand man auch in den Lehrbüchern der analytischen Chemie hier und da Hinweise darauf; trotzdem wurde aber der gesamte Stoff noch im alten Stil dargestellt. Ostwald ging ganz anders vor. Er veränderte die gesamte Darstellung der analytischen Chemie von Grund auf. Die neuen Erkenntnisse über die Natur der Lösungen, die Theorie der elektrolytischen Dissoziation und das Massenwirkungsgesetz machten es möglich, viele schon längst bekannte praktische Methoden und die Bedingungen sowie den Mechanismus analytischer Reaktionen zu erklären. 1894 entwickelte Ostwald auch seine Vorstellungen über die Wirkung der Säure-Base-Indikatoren.

Durch diese Arbeiten Ostwalds verwandelte sich die analytische Chemie

aus einer Art Kunst - einer Sammlung praktisch erprobter Rezepte zur Abtrennung und Bestimmung von Stoffen - in einen Abschnitt der Wissenschaft von den Ionen.

Man muss über diesen Prozess einfach glücklich sein, weil es wirklich an der Zeit ist, dass sich auch die analytische Chemie, ein so wichtiger und nützlicher Teil der angewandten Chemie, der neueren Entwicklung der reinen Chemie anpasst und nicht, wie bisher, jeden Fortschritt in un-

seren chemischen Anschauungen ignoriert, wodurch sie zuweilen zu einem Museum chemischer Antiquitäten wurde, [26, Vorwort zur russischen Ausgabe von P. Walden]

1897 erschien eine zweite Auflage der „wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“, in deren Vorwort Ostwald von dem „vielfachen Interesse, das dem Büchlein bisher freundlichst entgegengebracht wurde“, schreibt. Weiter heißt es dort:

Dazu kommt, dass sowohl im eigenen Unterrichtslaboratorium wie in denen einiger Freunde und Gesinnungsgenossen die klärende und fördernde Wirkung der neuen Anschauungen gerade für den Unterricht sich hat erproben lassen und die Probe bestanden hat. [26, zit. nach 2. Aufl., S. VII]

Dieses Buch wurde ins Englische, Ungarische, Japanische, Italienische und Französische übersetzt. Eine Ausgabe in russischer Sprache kam 1896 in Riga mit einem Vorwort von P. Walden heraus. Die zweite russische Auflage mit dem Titel „Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie in elementarer Darstellung“ war eine Übersetzung der siebenten deutschen Auflage (1920) im Jahre 1925 unter der Redaktion von N. A. Schilow.

1909 erschien ein neues Lehrbuch von Ostwald, die „Einführung in die Chemie“, die 1910, ebenfalls unter der Redaktion von N. A. Schilow, ins Russische übersetzt wurde. Im Vorwort schreibt Schilow:

Schon eine flüchtige Bekanntschaft mit diesem Buch reicht aus, um seinen Wert einschätzen zu können. Es gehört zu den kurzgefassten Lehrbüchern. In den meisten Fällen leidet diese Art Bücher unter der Kürze und folglich auch der Trockenheit der Darbietung, sehr oft sind sie eine fast reine Aneinanderreihung von Fakten.

Aber gerade in dieser Hinsicht ist an Ostwalds Lehrbuch nichts zu bemängeln: der Stoff ist so sorgfältig ausgewählt und so eng mit den allgemeinen Problemen der Chemie und verwandter Wissensgebiete verquickt, dass das ganze Buch unverändert interessant und lebendig bleibt.

Auch Ostwalds veränderte Einstellung zur Atomistik ist nur zu begrüßen. Eine kurze Darstellung der Grundkenntnisse der Chemie außerhalb der atomistischen Vorstellungen ließe sich kaum mit wie auch immer gearteten Argumenten begründen, denn eine solche Darstellung würde den Anfänger nur verwirren und in Schwierigkeiten bringen.

Ostwald interessierte sich lebhaft für die Übersetzung dieses Buches ins Russische. In einem Brief schrieb er:

Lieber Schilow!

Ich habe Ihre Übersetzung erhalten und überlasse Ihnen das Recht, sich darin der folgenden Worte zu bedienen: Ich erteile die Erlaubnis für die russische Ausgabe meiner ‚Einführung in die Chemie‘ und verleihe dem Wunsch Ausdruck, dass dieses Buch jenem Lande nützlich sein möge, in dem ich selbst meine chemische Ausbildung erhalten habe.

Mit den besten Wünschen

Ihr W. Ostwald. [Zit. nach 216, S. 77]

Nicht nur für Hochschulen, sondern auch für die Mittelschule schrieb Ostwald Lehrbücher. So erschien 1903 in sehr großer Auflage ein Buch von ihm mit dem Titel „Die Schule der Chemie“, das in bildhafter und lebendiger Sprache in Form eines Dialogs geschrieben und für Schüler bestimmt ist („Ich denke, jeder wird verstehen, dass ich diese

Form hier nicht zufällig gewählt habe, sondern dass sie das Ergebnis meiner vielseitigen Lehrerfahrungen ist", meinte Ostwald).

An diesem Buch ist nicht nur die Form der Darstellung, sondern auch der Inhalt interessant. Ostwald verwirklichte hier seine Auffassung, dass jeglicher chemischer Bildung, folglich auch dem Chemieunterricht, „von den ersten Schritten an“ die allgemeine und physikalische Chemie zugrunde liegen müsse.

Wenn Ostwald Erscheinungen oder Gesetze, die für einen Anfänger schwer verständlich sind, erläutert, bedient er sich einer Methode, über die er an den Schüler gewandt sagt: „Ich führe dich mit Absicht so, dass du von selbst auf die Naturgesetze stößt, mit denen ich dich bekannt machen will“ [45].

Ostwald lässt in diesem Buch keine Gelegenheit ungenutzt, seinem Schüler zu erklären, dass „über das ihm gezeigte Feld hinaus noch weite Gebiete der Wissenschaft liegen, die er erst viel später wird betreten können“ [45, II, S. VI]. Er will ihm stets vor Augen halten, dass er bei weitem noch nicht alles weiß, damit er „von der Sehnsucht nach den Fernen der Wissenschaft erfüllt wird“.

„Die Schule der Chemie“ fand sehr weite Verbreitung. Es sind davon einige deutsche Auflagen wie auch Übersetzungen in viele andere Sprachen erschienen. Somit hat sich die pädagogische Methode (die Darstellung der Grundlagen der Chemie in Form eines Dialogs) bewährt, es war die einfachste und zugleich verständlichste Form der Darstellung des Stoffs. Auf Initiative von S. Arrhenius bzw. W. Ramsay wurde dieses Buch ins Schwedische bzw. Englische übersetzt; später erschienen dann auch Übersetzungen ins Russische⁵⁴, Holländische, Französische, Ungarische, Polnische, Lettische und Japanische.

Ostwald sah den Wert pädagogischer Tätigkeit darin, dass durch sie die „persönliche Energiebilanz“ des Lernenden günstiger gestaltet würde. Von dieser Position aus ging Ostwald an das Problem der Erziehung heran, das seiner Meinung nach um die Jahrhundertwende in vielen Ländern an erster Stelle tangierte. Dieses Problem war deshalb so kompliziert, weil es immer schwieriger wurde, der jungen Generation wissenschaftliche und literarische Werte zu vermitteln.

Ostwald verwirklichte, wie wir gesehen haben, seine zweifellos fortschrittlichen pädagogischen Prinzipien in großem Maße in seiner Lehrtätigkeit und besonders in seinen zahlreichen Lehrbüchern der Chemie.

Es gibt wohl nur wenig vergleichbare Beispiele in der Geschichte der Chemie, dass ein bedeutender Gelehrter so viele Lehrbücher geschrieben hat wie Ostwald. Zu einer bestimmten Zeit versorgte er allein die Lehrer und Schüler an Mittel- und Hochschulen mit Chemielehrbüchern. Nicht nur in den Ländern Westeuropas, sondern sogar im fernen Japan lernte man nach dem „Ostwald“.

Ostwalds Schaffen war außerordentlich fruchtbringend, gleich ob als Lehrer, als Autor von Lehrbüchern für Hoch- und Mittelschulen oder als Schöpfer populärwissenschaftli-

⁵⁴Die erste russische Ausgabe erschien 1904/1905 in Moskau in einer Übersetzung von J. Rakowski, Eine zweite russische Ausgabe kam in den Jahren 1907 bis 1909 in Odessa heraus. Die Redaktion hatte L. W. Pissarschewski, der auch ein Vorwort schrieb.

cher Literatur, die weite Leserkreise über die Fortschritte der Wissenschaft informieren und in der Jugend „Appetit“ auf die Wissenschaft wecken sollte. Man kann ohne Übertreibung sagen, dass selbst dann, wenn er in seinem Leben nichts anderes geleistet hätte, sein Name mit goldenen Lettern in den Annalen der Wissenschaft vermerkt werden müsste.

5 Der Naturphilosoph

Vom Ende der 90er Jahre an wandte sich Ostwald philosophischen Fragen der Wissenschaft und allgemeinen Problemen der Philosophie (der Erkenntnistheorie, der Ontologie und der Methodologie) zu. Später begannen diese Interessen, die wissenschaftliche Arbeit zu verdrängen, und eine Zeitlang, am Anfang des 20. Jahrhunderts, wurden sie zu seiner Hauptbeschäftigung.

In seinem 1902 erschienenen Buch „Vorlesungen über Naturphilosophie“ ist sein philosophisches Glaubensbekenntnis niedergelegt.

Ab 1902 gab Ostwald auch eine neue Zeitschrift, die „Annalen der Naturphilosophie“, heraus. Er bemühte sich, viele bedeutende Gelehrte für Beiträge in dieser Zeitschrift zu gewinnen.⁵⁵ So schrieb er beispielsweise an Arrhenius:

Ich hätte sehr gern für das erste Heft des neuen Bandes wenigstens einen kurzen Artikel von Dir, der für die ‚Annalen‘ geeignet ist, vielleicht irgendwas aus der Kosmogonie, etwas historisches oder methodisches. Mache es doch bitte möglich, es wäre der Sache sehr zuträglich.

Ostwald selbst konkretisierte in einer Reihe von Artikeln, worin seiner Meinung nach die Aufgabe der Philosophie besteht: Sie habe allgemeine Probleme der Wissenschaft zu bearbeiten und die Grenzen zwischen den einzelnen Wissenschaften zu überwinden, sie zu einem Ganzen zu integrieren.

Im Unterschied zu den meisten Naturforschern war Ostwald überzeugt, dass ein enger Kontakt mit der Philosophie für die erfolgreiche Weiterentwicklung der Wissenschaft unumgänglich sei, und zwar mit einer Philosophie, die sich nicht auf ihren Lorbeeren ausruhe, sondern in steter Bewegung sei. Ostwald sagte, er habe „seine wissenschaftliche Lebensaufgabe größtenteils in der Herausarbeitung und Ordnung der allgemeinsten Grundlagen seiner besonderen Wissenschaft gesucht ... und daher mit dem philosophischen Handwerkszeug derselben mehr zu tun gehabt... als andere Fachgenossen“ [43, S. VII].

Die meisten Naturwissenschaftler zeigten wenig Verständnis für Ostwalds plötzliches Interesse an der Philosophie; sie konnten nicht begreifen, dass ein Wissenschaftler, der so erfolgreiche physikalisch-chemische Forschungen durchgeführt hatte, auf einmal so viel Zeit und Kraft für die Philosophie einsetzte. Auch ein bedeutender Teil der professionellen Philosophen stand Ostwalds philosophischen Arbeiten ablehnend gegenüber; einige vermieden es überhaupt, seinen Namen zu erwähnen.

Das nahm Ostwald aber gelassen hin, weil er deren Werke sowieso nicht schätzte, da sie seiner Meinung nach nichts zum Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis beigetragen hätten.

Ostwald begründete seinen Ausflug ins Gebiet der Philosophie damit, dass ein Naturwissenschaftler bei seinen Forschungen unfreiwillig mit denselben Problemen konfrontiert werde, wie sie die Philosophie behandelt.

⁵⁵Die Zeitschrift war vor allem den Autoren vorbehalten, die die philosophischen Ansichten des Herausgebers teilten oder ihnen zumindest nahestanden, d. h., die die Energetik anerkannten, wie Ostwald sein philosophisches System, eine Spielart des Positivismus, nannte.

Das Problem der Wechselbeziehungen von Philosophie und Naturwissenschaften beschäftigte W. Ostwald stark. In einer Reihe von Vorträgen und Aufsätzen betrachtete er es unter 3 verschiedenen Aspekten - dem historischen, dem aktuellen seiner Zeit und dem der Zukunftsaussichten auf diesem Gebiet. Besonders interessierte ihn die Frage, wie die Philosophie zur Lösung grundlegender Probleme der Naturwissenschaft beitragen und wie diese umgekehrt die Philosophie befruchten könne, indem sie ihr neue Impulse gibt.⁵⁶

W. Ostwald schrieb, dass

bei dem entscheidenden Anteil, den heute die Naturwissenschaft an der Gestaltung des philosophischen Weltbildes nimmt, die Frage ein gewisses Interesse gewinnt, welche Seiten und welche Lehren der geschichtlich gewordenen Philosophie einem Naturforscher für seine Arbeit hilfreich und nützlich geworden sind. [43, S. VI]

Ostwald weist darauf hin, dass die Philosophie eines Naturwissenschaftlers nie beanspruchen könne, ein abgeschlossenes und endgültiges System darzustellen, da sie stets von berufsspezifischen Erkenntnissen geprägt sei und in ihr Denkgewohnheiten zum Ausdruck kämen, die sich im Verlauf der täglichen Beschäftigung mit bestimmten Naturerscheinungen herausgebildet hätten. Ostwalds Meinung nach sollten aber die Naturwissenschaftler die Grundlagen eines philosophischen Systems, das dem Geist der damaligen Wissenschaft entspräche, schaffen, dazu wären die Berufsphilosophen nicht in der Lage; sie könnten jedoch die volle Ausarbeitung des Systems übernehmen.

Wie Ostwald unterstreicht, war die Philosophie die Wissenschaftsdisziplin, in deren Rahmen die Befreiung des wissenschaftlichen Denkens vom religiösen Einfluss begann; damit sei sie chronologisch und methodologisch der Anfang aller wissenschaftlichen Erkenntnis (Hervorhebung von uns - d. Aut.). Ostwald lehnte eine Philosophie ab, die nichts als „ein akademisches Konglomerat aus Logik, Ethik und Ästhetik“ darstellt. Er charakterisierte die Philosophie als Wissenschaft, die das Denken umfasst, wobei sie ihr Material aus der Gesamtheit der Einzelwissenschaften schöpft, um alle Seiten des menschlichen Daseins miteinander in Einklang zu bringen. Dabei bestand Ostwald aber darauf, dass „die Philosophie ... niemals der Spezialforschung ihre Aufgabe abnehmen“ könne;

versucht sie es, so sind die schwersten Irrtümer die alsbald oder doch nach kurzer Frist eintretende Folge.

Vielmehr ist das beste, was sie leisten kann, die Benutzung anderweit gewonnener Einsichten, um die von der Forschung gewonnenen Ergebnisse in nähere Beziehung zueinander zu bringen und dadurch das Vorhandene zu gegenseitiger Beleuchtung und Unterstützung zu verwerfen.

⁵⁶In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren viele Naturforscher. (darunter auch Berzelius) der Meinung, die Philosophie solle sich mit Fragen, die bisher noch nicht in den Kompetenzbereich der Wissenschaft fielen, befassen und nicht in die Probleme der Naturwissenschaften einmischen. Dieses negative Verhältnis zur Philosophie war eine Gegenreaktion auf die idealistische Naturphilosophie, die alle Fragen auf spekulativem Wege beantwortete, indem sie die „Antworten“ auf konkrete Fragen mittels Deduktion aus a priori-Prinzipien gab. Diese mit Recht ablehnende Haltung zur Naturphilosophie führte oft so weit, dass „das Kind mit dem Bade ausgeschüttet wurde“ (obwohl auch in der Naturphilosophie nicht wenige Gedanken entwickelt worden waren, die die Entwicklung der Wissenschaft positiv beeinflussten).

[43, S. 313]

W. Ostwald trat also mit aller Entschiedenheit für eine enge Verbindung der Naturwissenschaft mit der Philosophie ein und betonte, diese Verbindung sei für beide Seiten gleich wichtig. Im Gegensatz dazu bemühte sich die Mehrzahl der Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts, die Probleme der Wissenschaft mit deren eigenen Mitteln zu lösen, d. h. ohne Beziehung zu den historisch entstandenen Richtungen der Philosophie und ohne die Ergebnisse der jahrhundertealten Geschichte der Philosophie zu nutzen. Oft führte das zu Resultaten, wie sie F. Engels in seiner „Dialektik der Natur“ beschrieben hat:

Gerade die, die am meisten auf die Philosophie schimpfen, sind Sklaven der allerschlechtesten, vulgärsten Überreste der allerschlechtesten philosophischen Systeme.

Ostwalds Name ist eng mit einer bestimmten Richtung philosophischen Denkens verknüpft, deren Entstehung in der Wissenschaft und in der Philosophie auf eine große Resonanz stieß und um die es den erbittertesten Streit gab - der Energetik. Die Entstehung der Energetik ist in erster Linie, wie noch gezeigt werden wird, auf eine Krise der mechanistischen Weltanschauung in der Naturwissenschaft, besonders in der Physik, zurückzuführen,

Ihrem Charakter und einer Reihe ihrer Grundgedanken nach ist die Energetik einer Richtung des wissenschaftlichen und philosophischen Denkens ähnlich, die mindestens bis ins 17. Jahrhundert zurückreicht - dem „Dynamismus“. Dieser gibt der „Kraft“ die Priorität vor der „Materie“ und betrachtet alles auf der Welt Existierende und Vorhandene als Auswirkung verschiedenartiger Kräfte. Die Grundlagen der Energetik hat Ostwald 1891 in seinem Buch „Die Lehre von der Energie“⁵⁷ formuliert. An anderer Stelle schreibt er:

Tatsächlich ist die Energie das einzig Reale in der Welt, und die Materie nicht etwa ein Träger, sondern eine Erscheinungsform derselben. [23, S. 771]



Abb. 23. W. Ostwald (1906)

Auf dem Kongress der Naturforscher 1895 in Lübeck kritisierte Ostwald in seinem Vortrag „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ die herrschende Weltan-

⁵⁷Damit ist der 1. Teil des 2. Bandes des „Lehrbuches der allgemeinen Chemie“ mit dem Titel „Chemische Energie“ gemeint, der 1891 in seiner zweiten Auflage erschien (d. Übers.).

schauung heftig und stellte ihr seine eigene Konzeption gegenüber.

Die Weltanschauung, die in jenen Jahren in den Wissenschaften von der anorganischen Natur vorherrschte, kann als mechanistisch bezeichnet werden. Sie besagte, dass alle physikalischen Erscheinungen durch die Bewegung von Materiepunkten bzw. -elementen erklärt werden können. Der „Stein des Anstoßes“ in dieser mechanisch-materialistischen Weltanschauung bestand in der „Schwierigkeit“, die Unumkehrbarkeit der Naturvorgänge in Einklang damit zu bringen, dass in der Mechanik alle Prozesse umkehrbar sind. Gegen diesen verwundbarsten Punkt des mechanischen Materialismus führte auch Ostwald seinen Angriff. In seiner Lübecker Rede [28] wies er darauf hin, dass nach der mechanistischen Naturauffassung alle Erscheinungen der anorganischen Welt nach den gleichen Gesetzen wie die Bewegung der Himmelskörper erklärbar sein müssten, nämlich durch eine Bewegung der Atome.

Nun ist es aber in allen mechanischen Gleichungen möglich, die Vorzeichen der auftretenden Zeitgrößen beliebig zu wählen.

Daraus schließt Ostwald, dass es in einer rein mechanischen Welt kein „früher“ und kein „später“ in dem Sinne, wie wir diese Begriffe verstehen, geben dürfe. Die tatsächliche Unumkehrbarkeit der realen Naturerscheinungen weise klar auf die Existenz von Vorgängen hin, die sich nicht durch die Gleichungen der Mechanik ausdrücken ließen. Damit meinte er, ein endgültiges und vernichtendes Urteil über den wissenschaftlichen Materialismus gefällt zu haben.⁵⁸

Ostwald stellt R. Mayers Auslegung des Energieerhaltungssatzes derjenigen von Joule und Helmholtz gegenüber. Nach seinen Worten waren Joule und Helmholtz Vertreter der mechanischen Naturauffassung gewesen, sie hätten in den Energieumwandlungen nichts anderes als nur Veränderungen in der Bewegung der Atome gesehen. Besonders Helmholtz hatte sich bemüht, eine Erklärung für den Energieerhaltungssatz zu finden, indem er annahm, zwischen den Atomen wirkten nur Zentralkräfte, die vom Abstand abhängig wären.⁵⁹

Sich selbst hielt W. Ostwald für den Vollender der Richtung R. Mayers. Allerdings beschuldigte er diesen des Dualismus (der Anerkennung zweier Substanzen, der Materie und der Energie) und betrachtete die Überwindung dieses Dualismus als sein Verdienst. R. Mayer war der Meinung gewesen, jede Ursache habe eine ganz bestimmte, ihr genau entsprechende Wirkung, d. h., Ursache und Wirkung seien gleichwertig. Er teilte alle Ursachen in zwei Arten ein: Die einen schrieb er den Stoffen, die anderen der Kraft zu. Innerhalb dieser Arten von Ursachen sollten die verschiedensten Umwandlungen mög-

⁵⁸Man muss jedoch an dieser Stelle anmerken, dass Boltzmann damals schon bewiesen hatte, dass mechanische Erscheinungen prinzipiell umkehrbar sind und das Vorzeichen der Zeit bei ihnen keine Rolle spielt, während thermische Prozesse ihrer Natur nach genauso wenig umkehrbar sind wie der Ausgleich zweier verschiedener Temperaturen.

⁵⁹H. Helmholtz war der Meinung, in der Natur existierten nur zwei Arten von Energie - kinetische und potentielle, und daher müsse man bei der Erforschung von Wärme, Elektrizität und Magnetismus nur herausfinden, zu welcher dieser beiden Arten sie gehörten. Hertz ging in dieser Frage noch weiter als Helmholtz, indem er auch die Einteilung in kinetische und potentielle Energie ablehnte und damit alle Probleme, die bei der Erforschung der Energieformen bestanden, mit einem Federstrich beseitigte. Nach Hertz sollte es nur eine einzige Energieform geben, nämlich kinetische Energie.

lich sein, während Übergänge zwischen beiden Arten nicht möglich wären.⁶⁰

Im Unterschied zu Mayer, der die Realität sowohl der Energie als auch der Stoffe anerkannte, war Ostwald der Meinung, dass der Begriff Stoff vom Begriff Energie abgeleitet sei. Er schreibt:

Die Energie ist die allgemeinste Substanz, denn sie ist das Vorhandene in Zeit und Raum... [43, S. 146]

Ostwald behauptete, die verschiedenen Energieformen seien unzerstörbare, zur Veränderung fähige, masselose Objekte. Dementsprechend stellte er in seiner Definition vier Wesenszüge der Energie heraus:

1. Die Energie ist ein Objekt (eine Substanz);
2. sie ist beständig im Sinne ihrer quantitativen Charakteristik;
3. sie birgt die Fähigkeit zu verschiedenen Umwandlungen in sich;
4. sie ist masselos.

Ostwald definiert drei Perioden in der Entwicklung des Begriffes „Energie“ - die erste, in der der in die Wissenschaft eingeführte Begriff „Kraft“ (später Energie) nicht den Status eines Objekts hatte, sondern als Attribut der Stoffe interpretiert wurde, die zweite, in der man anfangs, der Energie gleichberechtigt mit den Stoffen Materialität und Realität zuzuschreiben, und schließlich die dritte, über die er schreibt:

Das Ergebnis ist... eine vollständige Umkehrung der bis dahin als gültig angesehenen Verhältnisse. Während die Energie als Realität mehr und mehr sich befestigt, verflüchtigen sich die Ansprüche der Materie, und es bleiben ihr keine weiteren Rechte als die der Tradition übrig. Sie muss nicht nur die Energie neben sich dulden, wie dies die heutigen fortschrittlich gesinnten Lehrbücher der Naturwissenschaften bereits beanspruchen, sondern sie muss ihren Platz unbedingt der Energie einräumen und sich als ausgediente Herrscherin auf ihr Altenteil zurückziehen, wo sie mit einem Hofstaat von Verehrern des Alten ihrer allmählichen Auflösung entgegenharren kann. [118, S. 21]

Ostwald wirft einer Reihe von Gelehrten vor, sie hätten irgendeine Scheu davor, die Energie ohne alle Ausflüchte als eine Substanz mit dem gleichen Realitätsgrad wie die Stoffe anzuerkennen.

Immer und immer wieder trafe man auf den Einwand, die Energie sei nur eine Abstraktion, eine mathematische Funktion, die lediglich die besondere Eigenschaft habe, unter allen Umständen ihren Wert zu behalten. Die Energie sei aber keine mathematische Abstraktion, sondern etwas, das eine bestimmte, messbare Größe habe, die bei allen Veränderungen des Systems konstant bleibe.

Ostwald weist darauf hin, dass man mit dem Wort „Energie“ gleichzeitig einen allgemeinen Begriff und ein diesem Begriff entsprechendes konkretes Ding bezeichne. Man benenne mit diesem Wort sowohl jene Funktion messbarer Größen, die die Eigenschaft

⁶⁰R. Mayer behauptete, der Energieerhaltungssatz sage gar nichts über die Natur der Energie an sich, aber er erkannte die Existenz qualitativ unterschiedlicher Energieformen, die sich ineinander umwandeln können, an. F. Engels schätzte Mayers Arbeiten sehr hoch, weil sie nicht nur die Formulierung des Energieerhaltungssatzes enthielten, sondern auch den Hinweis, dass die Umwandlung der unterschiedlichen Energieformen ineinander möglich sei.

habe, unter allen Umständen ihren Wert beizubehalten, als auch jeden einzelnen Wert dieser Funktion, wie er in der Natur beobachtet werde. Wenn ein Ding existiere, das einen bestimmten Zahlenwert in einer bekannten Maßeinheit besäße und dessen Wert durch keine uns bekannte Methode verändert werden könne, so genüge dieses Ding im höchsten Maße allen Anforderungen, die man an die Realität stellen könne.

Ostwald hielt also die Energie für eine Realität und für die einzige Substanz auf der Welt.⁶¹ Er schrieb dazu:

Der Energiebegriff ... umfasst nicht nur das Problem der Substanz, sondern auch noch das der Kausalität. [43, S. 153]

Der physikalische Aspekt von Ostwalds Energetik, als deren Ausgangspunkt die Betrachtung der Energie als Weltsubstanz anzusehen ist, enthält bestimmte Vorstellungen über die „Struktur“ der Energie und die Bedingungen für den Ablauf von Vorgängen. Man kann den physikalischen Aspekt der Energetik so zusammenfassen:

1. Zwischen den verschiedenen physikalischen Erscheinungen gibt es keine anderen Beziehungen als energetische. Es gibt keine andere physikalische Größe, die so allgemein anwendbar wäre wie die Energie.
2. Für jede Energieform kann man einmal einen Intensitätsfaktor und zum anderen einen Kapazitätsfaktor definieren. Die Temperatur und das elektrische Potential sind Intensitätsgrößen, die Entropie und die Elektrizitätsmenge sind Kapazitätsgrößen.
3. Allgemeine Voraussetzung für alle Vorgänge ist das Vorhandensein von Intensitätsunterschieden. Damit irgend etwas passiert, müssen nichtkompensierte Differenzen von Intensitätsgrößen vorhanden sein.

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik (der Energieerhaltungssatz) besagt, dass eine Menge einer gegebenen Energieform immer einer bestimmten Menge einer anderen Energieform äquivalent ist, unabhängig von der Intensitätsgröße. Ostwald unterstreicht nun, dass die Intensitätsgröße entscheidende Bedeutung dafür habe, ob im gegebenen Fall eine Energieumwandlung erfolge und in welchem Maße sie erfolge.

⁶¹Dass Ostwald die Energie als Substanz betrachtete, gab Anlass für eine Kritik „von rechts“, d. h., von den Idealisten, denn nicht alle Anhänger der Energetik stimmten darin mit, Ostwald überein. Das geht aus den folgenden Worten des deutschen Physikers G. Helm hervor:

„Für besonders wertvoll an der Energetik halte ich den Umstand, dass sie viel stärker als die älteren Theorien in der Lage ist, sich unmittelbar den Erfahrungen anzupassen, und ich sehe in allen Versuchen, der Energie eine substantielle Existenz zuzuschreiben, eine beträchtliche Abweichung von der ursprünglichen Klarheit der Ansichten Robert Mayers - Es gibt nichts Absolutes, nur Verhältnisse sind der Erkenntnis zugänglich ...

Es wäre ein Traum oder eine Illusion, wollte man in der Energie etwas Absolutes sehen und nicht den für unsere Zeit gelungensten Ausdruck der quantitativen Beziehungen zwischen den Naturerscheinungen“ [221].

W. Ostwald selbst schreibt in seiner Selbstbiographie, dass Helm strikt dagegen war, die Energie als Substanz anzusehen [105].

In einer kritischen Arbeit über Ostwalds Philosophie stellte F. Adler fest, der Ostwaldsche Energetismus stimme in seinem überwiegenden Teil nicht mit den Ansichten von Mach und Avenarius überein, da Ostwald die Energie als etwas in Raum und Zeit Existentes betrachte, d. h., sie als „metaphysische Substanz“ verstehe [119].

4. Die Kapazitätsgröße spielt: im energetischen Weltbild die Rolle, die früher den Stoffen zugeschrieben wurde - sie ist Masse, Gewicht, Volumen.⁶²

Die aufgezählten Annahmen lassen sich in zwei Gesetzen zusammenfassen: im Energieerhaltungssatz und im zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in Ostwalds Interpretation.

Nach Ostwalds Meinung gehört die Energetik oder die Anwendung beider Hauptsätze der Energielehre (unter gleichzeitiger Anwendung besonderer Gesetze in bestimmten einzelnen Gebieten) zu den sichersten und wohlgeordnetsten Gebieten der Wissenschaft. Einige von Ostwalds Schlussfolgerungen aus der Energetik sind zweifelsohne sehr interessant. So kommt er z. B. zu folgendem Schluss:

Wir werden aber voraussichtlich viel mehr mögliche Arten theoretisch abgeleitet haben (aus Tabellen von Intensitäts- und Kapazitätsgrößen, die er vorher einführt- d, Übers.), als wir wirkliche kennen, denn es ist nicht wahrscheinlich, dass uns bereits sämtliche Energien bekannt sind...

Ich erinnere nur an die merkwürdigen Arten Energie, die in neuerer Zeit unter den Namen Röntgenstrahlen, Uranstrahlen usw. bekannt geworden sind. Wir werden dann aber in der Lage sein, aus dem Mannigfaltigkeitscharakter der beteiligten Energiefaktoren die Eigenschaften der zugehörigen unbekannten Energie in ziemlich eingehender Weise abzuleiten. Wir kommen in eine ähnliche Lage, wie sie Mendelejew nach der Aufstellung der systematischen Tabelle der Elemente vorfand; die vorhandenen Lücken dieser Tabelle wiesen auf die Existenz noch unbekannter Elemente hin, und aus der gesetzmäßigen Beziehung zwischen der Stellung in der Tabelle und den Eigenschaften der Elemente konnten die Eigenschaften dieser unbekannten Stoffe mit großer Annäherung abgeleitet werden. [43, S. 292]

5.1 Methodologische Prinzipien der Energetik

Der physikalische Aspekt allein reicht nicht aus, um das Wesen der Energetik darzustellen; sie weist auch ein bestimmtes Verhältnis zu methodologischen Fragen auf. An erster Stelle stehen hier die Fragen nach der Rolle von Hypothesen in der Wissenschaft, der Bedeutung von Anschauungsmodellen, dem Charakter der wissenschaftlichen Auseinandersetzung, der Rolle der Mathematik für die Naturwissenschaften u. dgl.

Ostwalds Einstellung zu diesem ganzen Kreis von Fragen ist im Prinzip die gleiche wie die von Mach und Duhem, den bedeutendsten Vertretern des Positivismus des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts, Für den Positivismus jener Zeit ist

⁶²Die Kapazitätsgröße ist nach Ostwald „den primären Eigenschaften der Materie, d. h. jenen Eigenschaften, zwischen denen ein enger räumlicher Zusammenhang besteht“, äquivalent. Die übrigen Eigenschaften der Materie (die „sekundären“) sind nach Ostwald ebenfalls Kapazitätsgrößen. Die Frage, warum die Volumenenergie (das Volumen), die Schwereenergie (das Gewicht) und die Bewegungsenergie (die Masse) immer räumlich miteinander verknüpft seien, beantwortet Ostwald damit, dass nur bei Vereinigung dieser Größen die Wahrnehmung von Gegenständen möglich werde; so hätte ein System, wenn es nicht über Bewegungsenergie verfügte, keine Masse, deshalb würde es durch den kleinsten Impuls auf unendliche Geschwindigkeit beschleunigt und würde damit unserer Wahrnehmung entzogen.

Wenn ein System keine Volumenenergie hätte, so würde es keinen Raum einnehmen, folglich könnten wir es ebenfalls nicht wahrnehmen und uns in keiner Form seiner bedienen. Wenn schließlich ein System keine Schwereenergie hätte, würde es nicht auf der Erde verbleiben.

die Ablehnung der „Hypothese als Form der Weiterentwicklung der Naturwissenschaft“ charakteristisch, die auch in der typischen Gegenüberstellung „Physik der Hypothesen“ - „Physik der Prinzipien“ zum Ausdruck kommt.

Ostwald selbst stellte die Frage nach den Vorzügen seiner Energetik. Der wichtigste Vorzug ist seiner Meinung nach, dass mit ihrer Hilfe eine von Hypothesen freie Naturwissenschaft möglich werde. Man brauche nicht mehr nach Atomen zu suchen, die man ja nicht beobachten könne, oder nach den zwischen ihnen wirkenden Kräften, die man nur sehr schwer beweisen und messen könne, man brauche nur, wenn man über irgendeinen Prozess urteilen wolle die Art und Menge der eingehenden und der freiwerdenden Energien zu bestimmen.

Nach Ostwalds Plänen sollten auf der Grundlage dieses seines Programms. alle „Erklärungen“ der Natur durch Beschreibungen ersetzt und alle Gesetze und Gleichungen reformiert werden, indem alle in ihnen enthaltenen Beziehungen zwischen verschiedenen Gruppen von Ereignissen als Beziehungen zwischen den entsprechenden Energiegrößen interpretiert würden.

Ostwald nannte folgende Kriterien, mit deren Hilfe man Hypothesen und falsche Theorien von richtigen unterscheiden könnte. Aus den richtigen ergäben sich klar nachweisbare bzw. messbare Größen, während das bei den falschen nicht der Fall wäre. Er erklärte, alle wissenschaftlichen Theorien müssten von „überflüssigen Elementen“ befreit werden, wozu er Gleichungen zählte, aus denen sich experimentell nicht überprüfbare Größen ergeben.⁶³

Ostwald hielt die Thermodynamik für solch eine ideale, von allen überflüssigen Dingen freie Theorie; es gäbe nicht eine Theorie, die sich im Nutzen der Anwendungen und in der Zuverlässigkeit der Schlussfolgerungen mit ihr vergleichen könnte. Er schrieb:

Die Anwendung der gleichen Prinzipien, welche der Thermodynamik diese Vorzüge gegeben haben, auf die anderen Gebiete der Physik und auf die Chemie ist das, was ich Energetik nenne.

⁶³Ostwald stimmte völlig mit Duhem überein, bei dem es, heißt: „Bisher war die Erklärung aller möglichen Erscheinungen mit Hilfe einer kleinen Anzahl einfacher mechanischer Hypothesen das Ideal der Theoretiker. Von diesem Ideal müssen wir uns freimachen; eine bessere Theorie wird diejenige sein, die nur Größen, die einen physikalischen Sinn haben und der unmittelbaren Messung zugänglich sind, in ihre Betrachtungen einbezieht“ [zit. nach Meirson, E.: *Todestvennost' i dejstvitel'nost'*, St. Petersburg 19412].

Auch E. Mach war der Meinung, die Aufgabe der Wissenschaft bestehe darin, eine einfache und vollständige Beschreibung der in der Natur vor sich gehenden Prozesse zu geben. Er behauptete, diese Vorstellung von den Aufgaben der Wissenschaft sei nicht neu, sondern beginne mit der Entwicklung der modernen Naturwissenschaft. Aber schon damals wäre diese These nicht neu gewesen. Selbst wenn man ihre praktische Verwirklichung durch Galilei sowie Newtons Ausspruch „Hypotheses non fingo“ beiseite ließe, hieße es doch ganz klar bei R. Mayer:

„Wenn irgendeine Tatsache allseitig und umfassend beschrieben ist, so ist sie damit auch erklärt, und die Aufgabe der Wissenschaft ist erfüllt.“

Nach Mach tritt diese Situation, d. h. die Reduzierung der Erklärung auf eine allseitige Beschreibung, mit zunehmender Reife der betreffenden Wissenschaft ein: „Eine im Entstehen befindliche Wissenschaft bewegt sich unter Rätseln und Vergleichen; aber je mehr sie sich ihrer Vollendung nähert, umso mehr geht sie zu einer einfachen, direkten Beschreibung des tatsächlich Gegebenen über“ [222].

[67, S. 141]

Seine ablehnende Haltung Hypothesen gegenüber betrachtete Ostwald als eine Fortsetzung der Linie von R. Mayer, der seine erste Publikation den „Freunden einer klaren, hypothesenfreien Naturanschauung“ gewidmet hatte.

Ostwald war der Meinung, alle Hypothesen der Wissenschaftsgeschichte wären nicht nötig gewesen, sie hätten bei der Entwicklung der Wissenschaft keinerlei positive Rolle gespielt.⁶⁴

Große Bedeutung bei der Entwicklung der Wissenschaft hätten dagegen die Abstraktionen gehabt. Darunter versteht Ostwald die Vereinfachung von Beziehungen, die zwischen den Erscheinungen existieren, die bewusste Vernachlässigung einiger ihrer Aspekte; er meint, damit bekämen wir die Möglichkeit, das zu entdecken, was in diesen Beziehungen die Hauptsache sei, und könnten so ein Naturgesetz finden.

Die Ergebnisse all unserer geistigen Arbeit beruhten auf Abstraktionen; Abstraktionen entstünden, indem man von den wirklichen Erscheinungen einige Aspekte wegließe, die entweder noch unbekannt wären oder bewusst vernachlässigt würden. Er war der Meinung, die Hypothese unterscheide sich von der Abstraktion dadurch, dass sie von den beobachteten Erscheinungen nicht etwas wegließe, sondern umgekehrt etwas früher nicht darin Enthaltene hinzufügte.

Für Ostwald waren Hypothesen bestenfalls Modelle wirklicher Erscheinungen, geeignet, in übertragenem Sinne deren wesentliche Seiten widerzuspiegeln; alle Modelle wären aus der Mechanik entlehnt, die dafür die besten Möglichkeiten biete.

Seiner Meinung nach dürften in das Bild von Erscheinungen nur solche Bestandteile derselben eingehen, die auch wirklich in den Erscheinungen vorhanden wären und bewiesen werden könnten; nicht nachprüfbare Bestandteile sollten vermieden werden. Das entspräche einer Wiedergabe der Erscheinungen in Formeln und nicht in physikalischen Bildern.

Für Ostwald bestand die „Physik der Begriffe“, die nach Meinung der Positivisten an die Stelle der „Physik der Bilder“ treten sollte, in einer Beschreibung der Erscheinungen durch mathematische Beziehungen, in denen ausschließlich messbare Größen vorkämen. Da auch die Hypothese im Gewand einer mathematischen Formel auftreten könnte, müsste man folgendes Kriterium heranziehen, um zu prüfen, ob eine Formel frei von Hypothesen wäre:

Wenn jede in der Formel auftretende Größe für sich messbar ist, so handelt es sich um ein Naturgesetz; treten dagegen in der Formel Größen auf, welche nicht messbar sind, so handelt es sich um eine Hypothese in mathematischer Gestalt, und in der Frucht sitzt der Wurm. [43, S. 214]

Für wissenschaftlich vertretbar hielt Ostwald ein anderes Hilfsmittel, das man mit „vorläufige Annahme“ bezeichnen könnte; er empfahl die Bezeichnung „Protothese“. Dazu schreibt er:

⁶⁴Um zu charakterisieren, wie sich Ostwalds Ansichten geändert haben, ist es interessant, daran zu erinnern, dass er in den 70er und 80er Jahren die Hypothesen „wertvolle Helfer bei der Erforschung und Untersuchung beliebiger Dinge“ genannt hatte.

Hypothesen ... gehen über den nachweisbaren Tatbestand der darzustellenden Erscheinung hinaus . . . Eine Protothese stellt man auf, wenn man auf Grund vorhandener, aber noch nicht genügend umfassender Beobachtungen eine bestimmte mathematische Beziehung zwischen den gemessenen Größen ... annimmt, und nun weitere Versuche dahin richtet, zu prüfen, ob diese Annahme auch die späteren Beobachtungen darstellt oder nicht. Hier wird also der Beobachtung nichts hinzugefügt, was sich der Prüfung entzieht ... [43, S. 399]

Ostwalds Stellung zu den methodologischen Problemen der Wissenschaft kann man in folgenden Thesen zusammenfassen:

Die Wissenschaft ist ein System von Prinzipien und nicht von Hypothesen; die Aufgabe der Wissenschaft besteht in der Beschreibung und nicht in der Erklärung von Erscheinungen, da letztere prinzipiell unmöglich ist; der untersuchte Gegenstand darf weder durch ein mechanisches Modell, noch durch ein physikalisches Bild, sondern nur durch eine Gleichung, die eine bestimmte Beziehung zwischen messbaren Größen bzw. den entsprechenden Energieformen herstellt, beschrieben werden.

Die negative Einstellung zur Hypothese „als Form der Entwicklung der Naturwissenschaft“ (Engels), die Reduzierung der Aufgabe der Wissenschaft auf die Beschreibung von Erscheinungen u. ä. führte zu einer engen Verwandtschaft der Lehre Ostwalds mit dem Positivismus des ausgehenden 19. Jahrhunderts, d.h. mit Mach und Duhem; in dieser Hinsicht sind wohl die Beziehungen zum Positivismus wesentlich enger und organischer als hinsichtlich des allgemeinen Inhalts der Energetik.

Das erklärt auch den Versuch Ostwalds, die Chemie auf der Grundlage der beiden Hauptsätze der Thermodynamik zu einer deduktiven Wissenschaft zu machen.

Dieser Versuch musste natürlich fehlschlagen, Mach und Ostwald waren der Meinung, ihre methodische Linie - die der Befreiung der Wissenschaft von Metaphysik, der Reduzierung ihrer Aufgaben auf eine vollständige und allseitige Beschreibung der Erscheinungen - sei eine Fortsetzung der Bemühungen von R. Mayer und Kirchhoff.

Ungeachtet allen Einflusses, den der Positivismus gegen Ende des 19. Jahrhunderts bekanntlich ausübte, und ungeachtet der Autorität seiner Führer fand der Aufruf, sich von der Aufstellung und Anwendung von Hypothesen loszusagen, keinerlei merklichen Widerhall in der Naturwissenschaft jener Zeit.

Dem Aufruf zu folgen, hätte bedeutet, auf eines der wertvollsten Hilfsmittel der wissenschaftlichen Forschungsarbeit zu verzichten. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Energetik in wissenschaftlicher Hinsicht keine Früchte trug, während ihre Gegner auf den verschiedensten Gebieten der Chemie und der Physik außerordentliche Erfolge zu verzeichnen hatten.

An einer Stelle von Ostwalds Buch „Die Forderung des Tages“ finden wir die Worte:

Dann aber zeigte mir die Zusammenfassung der allgemeinen Verhältnisse sowohl an den anorganischen wie den organischen Wissenschaften, die ich für meine Vorlesungen über Naturphilosophie zu bewirken hatte, die verbindende und systematisierende Kraft der Energiegesetze so unwiderstehlich, dass ich von Jahr zu Jahr mehr, fast wider meinen eigenen Willen, dazu getrieben wurde, die gleichen Denkmittel auf immer neue Gebiete anzuwenden, Insbesondere nachdem ich die Form (oder besser gesagt, eine Form) gefunden hatte, wie sich der zweite

Hauptsatz bei allen Lebenserscheinungen, bis in die höchsten hinauf, betätigt, konnte ich die Fülle der sich aufdrängenden Gedanken und Aufklärungen kaum mehr bändigen, ... [67, S. 10-11]

Ostwald war der Meinung, man könne im Lichte der Prinzipien der Energetik eine rationelle Erklärung für die Geschichte der Menschheit finden.

Als Quintessenz seiner energetischen Methode, an die verschiedensten Erscheinungen des gesellschaftlichen Lebens heranzugehen, sah Ostwald seinen energetischen Imperativ an, den er in den folgenden Worten ausdrückt: „Vergeude keine Energie, veredle und verwerte sie!“ [105, 111, S. 320]

Noch eine andere Aufgabe stellte sich Ostwald - eine energetische Begründung der Kulturgeschichte zu geben. Konkreter formulierte er das so:

Alle Naturerscheinungen stellen Energietransformationen dar, folglich müsse die Beherrschung dieser Erscheinungen durch den Menschen in unmittelbarem Zusammenhang damit stehen, wie er die energetischen Beziehungen beherrsche, und daraus ergebe sich, dass die ganze Kulturgeschichte ihrem Wesen nach die Geschichte der wachsenden Herrschaft des Menschen über die Energie sei.

Am Beginn seiner Entwicklung habe der Mensch sich dadurch aus dem Tierreich herausgehoben, dass er begann, Werkzeuge zu benutzen, und nach Ostwald ist ein Werkzeug nichts anderes als „ein Mittel..., durch welches vorhandener roher Energie eine beabsichtigte Beschaffenheit gegeben wird. Ein Werkzeug ist mit anderen Worten ein Energietransformator, und es ist um so vollkommener, je vollkommener es diese Transformation auszuführen gestattet“ [67, S. 44].

Viele der ersten Erfindungen des Menschen seien darauf gerichtet gewesen, eine Energiekonzentration in kleinen Flächen (linearen Schneiden, punktförmigen Spitzen) zu erreichen; sie sollten dazu dienen, die in den Muskeln des Menschen gespeicherte Primärenergie zweckmäßiger auszunutzen [67, S. 45].

Höhere Entwicklungsstufen der Menschheit seien nun durch die Anwendung anderer Energiequellen für praktische Zwecke gekennzeichnet. Ostwald war der Meinung, die gesellschaftliche Organisation seiner Zeit sei in krassen Widerspruch zu einer zweckmäßigen Energieanwendung geraten, und dieser Widerspruch sei nur zu lösen, indem der Staat die vollständige Kontrolle über den Privatbesitz großen Maßstabs übernehme. Er setzte sich mit aller Entschiedenheit für eine staatliche Einmischung in den Bereich des Privateigentums ein und schreibt dazu:

Während kein heutiger Staat es leiden würde, dass ein Einzelner, der die erforderlichen Mittel hat, sich auch nur eine Armee von einigen Tausenden bewaffneter Männer organisierte und zu seiner persönlichen Verfügung hielte, duldet derselbe Staat, dass unvergleichlich viel größere Machtmittel in Gestalt mobilen Kapitals in die Hände unverantwortlicher Einzelner gelangen und diesen eine Brandschatzung der ganzen Welt ermöglichen.

Es braucht in dieser Beziehung nur an die Monopolisierung des Petroleums durch Rockefeller erinnert zu werden, zu dessen Bekämpfung der Präsident der Vereinigten Staaten offenbar nicht ausreichende Machtmittel besitzt...

Und auch die Entwicklung wird notwendig den entsprechenden Weg nehmen, indes der Staat im Interesse seiner eigenen Existenz genötigt sein wird, die Zusammenfassung des Kapitals selbst zu übernehmen und die ungeheuren Energien, über die er dann verfügen wird, in möglichst

gerechter, d. h. nach dem sozialen Wert des Einzelnen sachgemäß abgestufter Weise im Interesse seiner Angehörigen zu verwenden, [67, S. 65-66]

Ostwald polemisiert gegen das sehr verbreitete Argument zugunsten der Erhaltung des Privateigentums, dass „durch eine Verstaatlichung des Kapitals der Fortschritt der Industrie geschädigt werden würde, indem der Anreiz des persönlichen Erwerbs fortfiel“ [67, S. 66].

Diesem Argument gegen die Konzentration des Kapitals in den Händen des Staates hält Ostwald entgegen, dass es auch andere, nicht minder wirkungsvolle Motive für aufopferungsvolle Arbeit wie z. B. das Vorankommen im Beruf u. a. m. gebe.

Auch auf dem Gebiet von Kunst und Wissenschaft habe der Gedanke des energetischen Imperativs große Bedeutung, meint Ostwald, da auch höchste Leistungen des Geistes auf eine Energietransformation zurückgeführt werden könnten. Der Wert solcher Leistungen bestehe darin, „dass das Produkt auf andere Menschen so einwirkt, dass diese ihrerseits ihren eigenen Energieumsatz verbessern“ [67, S. 68].

Kunstwerke wirkten auf empfängliche Gemüter sehr stark; sie steigern nicht die vorhandenen Energien ihrem absoluten Betrage nach, denn die Energie lässt sich nicht erschaffen. Wohl aber steigern sie den Umsatz der vorhandenen Energien, und statt dass diese sich unlustig zerstreuen, ohne dass etwas rechtes geschieht, wirken sie in fröhlicher Harmonie zusammen zu einem wertvollen Ziel. [67, S. 68-69]

Von dieser Position aus unterstreicht Ostwald den sozialen Wert der Wissenschaft, der seiner Meinung nach darin besteht, „der Menschheit ihre Lasten zu erleichtern, ihre Freuden zu erhöhen oder zu vertiefen, mit einem Worte: die Verwertung ihrer freien Energie zu verbessern“ [67, S. 70].

Die hohen Ziele, die sich die besten Vertreter der Menschheit stellen, dienen, so Ostwald, der „Entlastung der Menschheit von ihren Leiden und Erhöhung ihrer Freuden, Aber Entlastung bedeutet Verminderung des Energieaufwandes für den gegebenen Zweck, also Verbesserung des Nutzeffekts, und Erhöhung der Freude bedeutet vermehrte Betätigung der edleren Energien zufolge Freiwerdens eines größeren Betrages der Gesamtenergie für solche Zwecke ...“ [67, S. 70-71].

Interessant ist hier die Feststellung, dass Ostwald seine Tätigkeit in internationalen wissenschaftlichen Organisationen, die er unter dem Begriff ‚wissenschaftlicher Internationalismus‘ zusammenfasste, auch als einen Aspekt seiner Bemühungen betrachtete, das „endgültige kulturelle Ziel der Verbesserung der Verteilung der energetischen Reichtümer unter die gesamte Menschheit“ zu erreichen.

Dazu zählte er seine Studien zur Schaffung einer künstlichen internationalen Hilfssprache, seine Arbeiten zur Festlegung der Atomgewichte, die Schulreform u.a.m.

Ostwald betrachtete also all die verschiedenen Seiten seines Schaffens unter einem einheitlichen Blickwinkel: der Realisierung seines „energetischen Imperativs“ [75]. Er sagt, alles, was zum Nutzen der Gesellschaft getan werde, diene einer Erhöhung ihrer Energie und insbesondere deren edlerer Formen.

Wir können nicht leugnen, dass es Ostwald gut verstanden hat, alle Fragen von einem einheitlichen Standpunkt, nämlich dem energetischen aus, zu betrachten. Er hat das

mit bewundernswerter Konsequenz getan. Nach Meinung Ostwalds ist das energetische Herangehen der Schlüssel, der den Zugang wenn nicht zu allen, so doch auf jeden Fall zur Mehrzahl der Geheimnisse der Natur und des menschlichen Lebens freilegen kann. Der Problemkreis, an den Ostwald vom dargelegten Standpunkt aus herangeht, ist wirklich gewaltig. Er reicht von Energieumwandlungen in der anorganischen Natur, die den Inhalt aller Naturerscheinungen und -prozesse bilden sollen, bis zu den höchsten Formen der menschlichen Geistestätigkeit (der Kunst, Wissenschaft und Erziehung) und den kompliziertesten Problemen der Philosophie (dem Verhältnis zwischen Geist und Materie).

Eine solche Verallgemeinerung der Prinzipien der Energetik, insbesondere die Betrachtung der gesamten Menschheitsgeschichte unter diesem Blickwinkel, führt Ostwald zu einer Reihe von Schlussfolgerungen, unter denen wir sowohl ihrem Wesen nach reaktionäre antreffen (z. B. eine Verurteilung der gesellschaftlichen Bewegungen unterdrückter Klassen, die zu einer Energievergeudung und zu einer Abnahme des Anteils edlerer Energieformen führe) als auch überaus progressive, zu denen sich in jener Zeit nur sehr wenige Gelehrte durchringen konnten (damit meinen wir den Hinweis auf die Notwendigkeit, die großen Kapitalien, also mit anderen Worten die Produktionsmittel, dem Staat zu übergeben).

Allerdings war Ostwald der Meinung, letzteres dürfe nicht auf revolutionärem Weg, sondern nur auf Initiative des Staates selbst hin verwirklicht werden. Das ist natürlich eine utopische Auffassung. Schon zu seiner Zeit war ja der richtige Weg zur Überwindung des Widerspruchs zwischen dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion und der privaten Form ihrer Aneignung wohlbekannt. Dieser Weg war von den Begründern des Marxismus entdeckt und für die Epoche des Imperialismus und der proletarischen Revolutionen von W. I. Lenin konkretisiert worden.

Das energetische Herangehen an die Geschichte der menschlichen Gesellschaft, an die Lösung sozialer Probleme und an verschiedene Aspekte der geistigen Arbeit ist zu eng und einseitig, es verschafft keinen Zugang zu den Entwicklungsgesetzen der Gesellschaft und zu dem Mechanismus, nach dem sie funktioniert.

Der Wunsch, die ganze Vielfalt des sozialen Lebens im Prokrustesbett der äußerst eng begrenzten Energetik unterzubringen, zeigt, wie weit Ostwald vom Verständnis aller realen Gesetzmäßigkeiten entfernt war und dass dieser Weg - ungeachtet einiger bemerkenswerter Gedanken - in Wirklichkeit unwissenschaftlich war.

Das von Ostwald vorgeschlagene Entwicklungsschema der Gesellschaft spiegelt ganz geradlinig einen zweifellos wichtigen Charakterzug der Menschheitsentwicklung wider, nämlich die wachsende Macht des Menschen über die Natur, die Verbesserung der Energiereserven der Gesellschaft. Es lässt aber den wirklichen Charakter der Entwicklung aller ökonomischen, sozialen und politischen Probleme der Gesellschaft völlig außer acht.

5.2 Ursprünge der Energetik

Für die Entstehung einer jeden Richtung in der Wissenschaft gibt es bestimmte Ursachen, die im Wesen der Wissenschaftsentwicklung, in der Logik ihrer Evolution wurzeln. Ohne die Aufklärung ihrer Vorgeschichte und ohne Ermittlung von „Verwandtschaften“ zwischen ihr und den entsprechenden philosophischen Strömungen der Vergangenheit ist die gründliche Analyse einer neuen Richtung nicht möglich.

Die Geschichte der Wissenschaft und der Philosophie hat gezeigt, dass sogar bedeutende Vertreter bestimmter Richtungen oftmals nichts von „historischer Diagnostik“ verstanden, d.h., dass sie nicht in der Lage waren, die geistigen Zusammenhänge zwischen der von ihnen entwickelten und angeführten Richtung mit früher existierenden zu erkennen,

Nicht immer interessierten sich die Schöpfer neuer Richtungen für die „Genealogie“ ihrer Schöpfung, oder sie nahmen irrtümlich an, sie habe keine Vorgänger, es gäbe keine Ähnlichkeit mit früheren Ideen.

W. Ostwald zeigte für die „Genealogie“ der Energetik nur ein begrenztes Interesse. Abgesehen davon, dass er R. Mayer für den eigentlichen Urheber der Energetik hielt, verfolgte er die Zusammenhänge dieser Lehre mit den Ansichten früherer Gelehrter und Philosophen nicht weiter. Er interessierte sich mehr für Übereinstimmungen zwischen seinen Ansichten und denen seiner Zeitgenossen. Aus diesem Grund verwies er ziemlich hartnäckig, aber wenig überzeugend auf die Übereinstimmung seiner Ansichten mit denen von J. W. Gibbs.

P. Walden war der Meinung, man könne Ostwalds Energetik auf Platon zurückführen, der im Gegensatz zu Demokrits mechanischem System eine mathematische Erklärung der Welt finden wollte. Platon definierte als den Charakter alles Existierenden die Fähigkeit zu wirken. Später drückte das Leibniz in seiner bekannten These „wirklich ist nur das, was wirkt“ aus.

Diese These klingt in Ostwalds Behauptung an, dass „unsere Sinnesorgane nur auf Energieunterschiede zwischen uns und unserer Umgebung reagieren“.

Der bekannte Wissenschaftshistoriker Jammer ist der Meinung, Ostwalds Idee, die Masse der physikalischen Objekte in energetischen Termini auszudrücken, stelle eines der letzten Stadien in einer Entwicklung dar, die mit der sensualistischen Philosophie Lockes ihren Anfang genommen und dem substantiellen Materiebegriff für immer ein Ende gesetzt habe. Von diesem Standpunkt aus ist das Objekt kein indifferentes und passives Substrat, sondern eine Quelle von Aktivität, eine Methode der Einwirkung auf unsere Sinnesorgane.

Sowohl Walden als auch Jammer sehen einen Zusammenhang zwischen Ostwalds Energetik und jenen philosophischen Richtungen, für die die Verneinung der Substantialität der Materie charakteristisch ist.

Das Ende des 18. und der Beginn des 19. Jahrhunderts waren bekanntlich von einem heißen Kampf zwischen Vertretern des Dynamismus und des Atomismus geprägt. Die wesentlichsten Vertreter der idealistischen Philosophie - Kant, Schelling, Hegel - waren

auch die bedeutendsten Vertreter des Dynamismus.

Für diese Richtung ist die Anerkennung der Priorität der „Kräfte“, deren Wirken die ganze Welt der beobachtbaren Erscheinungen und Prozesse hervorrufen soll, charakteristisch. Kant behauptete im Jahre 1786, dass Anziehungs- und Abstoßungskräfte, die den Raum kontinuierlich, lediglich mit wechselnder Intensität, erfüllten, die Konstruktionselemente der Materie wären. Damit verneint Kant den diskreten Aufbau der Materie.⁶⁵

Die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts gingen als die Entstehungszeit der chemischen Atomistik (Dalton) und als der Beginn ihres Übergreifens auf alle Bereiche der Naturwissenschaft in die Wissenschaftsgeschichte ein. Deutliche Beweise für die Atomtheorie bildeten die stöchiometrischen Gesetze, insbesondere das Gesetz der multiplen Proportionen. Dalton lehnte die Priorität der „Kräfte“ und die Entstehung der Materie aus ihnen ab, er hielt die Kräfte für Attribute der Substanz (der Materie).

Mit der Bestätigung des Atomismus durch die Chemie und nachdem Anfang der 50er Jahre auch die führenden Positionen in der Physik erobert waren, begann der Niedergang des Dynamismus, obwohl er solche hervorragenden Vertreter wie Schelling und Hegel auf seiner Seite hatte.

So unternahm Hegel in seinem Werk „Wissenschaft der Logik“ einen Ausfall gegen Berzelius, weil dieser in seinem „Lehrbuch der Chemie“ den Dynamismus eine spekulative Philosophie bestimmter deutscher Schulen genannt und ihn im Interesse der „hervorragenden atomistischen Philosophie“ abgelehnt hatte [224].

D. I. Mendelejew, der aufs entschlossenste gegen die Energetik aufgetreten ist, bezeichnete sie als moderne Variante des Dynamismus. Schon 1869, also fast ein Vierteljahrhundert vor der Entstehung der Energetik, schrieb Mendelejew:

Sie (die atomistische Lehre - d. Aut.) wurde schon im Altertum geboren und kämpft bis heute mit anderen hypothetischen Vorstellungen von der Natur der Stoffe; diese anderen Vorstellungen heißen dynamisch und halten die Stoffe nur für eine Erscheinungsform von Kräften, Wie die Lehre von den Atomen die ganze Erforschung der Stoffe auf das Atom richtet, so reduziert die dynamistische Lehre alle Erscheinungen auf die Untersuchung der Kräfte. Diese zwei Schulen gab es schon bei den Philosophen des Altertums; in neuerer Zeit hält sich die Mehrzahl der Naturwissenschaftler an die atomistische Hypothese, wobei sie sich besonders auf das stützen, was die Chemie gefunden hat. [225]

Im Jahre 1894, d. h. 3 Jahre nach dem Erscheinen von Ostwalds Buch „Chemische Energie“ in Russland, schrieb Mendelejew:

⁶⁵N. A. Menshutkin hat darauf hingewiesen, dass „die insbesondere von I. Kant entwickelte dynamistische Hypothese weder das Gesetz von den konstanten Verbindungsgewichten noch das von den multiplen Proportionen voraussah, deshalb verschwanden auch mit der vollen Anerkennung dieser Gesetze die Vertreter der dynamistischen Hypothesen von der Bildfläche...

Noch geringere Verbreitung fanden die Ansichten der Naturphilosophen, die besonders am Anfang dieses Jahrhunderts (des 19.) in Mode waren und in ihrer Form den Ansichten Kants nahestanden; von den letzteren unterschieden sie sich jedoch deutlich darin, dass sie nur die Existenz von anziehenden und abstoßenden Kräften, nicht aber die der Materie anerkannten - sie sei nur ein Produkt der Wechselwirkung dieser Kräfte“ [223].

Seit alten Zeiten existieren zwei Hypothesen hinsichtlich der Definition der Natur der Stoffe - die dynamistische und die atomistische ... Die erste definiert die Stoffe als Zusammentreffen von Kräften oder als Resultat ihrer Wechselwirkung, d. h. sie schreibt den Stoffen die Bedeutung eines zeitlichen Zusammentretens von Kräften zu, womit die Kategorie ‚Stoff‘ (im philosophischen Sinne) verschwindet. Die zweite erkennt an, dass der Stoff selbst genau wie z. B. der Geist, die Zeit, die Energie oder die Kraft eine selbständige Kategorie ist, d. h. sie sagt, dass der Stoff aus eigenständigen Atomen besteht und nicht durch ein Spiel oder eine Kombination von Kräften reproduziert werden kann. [226]

Zu dieser Stelle macht Mendelejew die Anmerkung: „Im Dynamismus bewegt sich sozusagen gar nichts.“

In allen angeführten Zitaten wird also unterstrichen, dass jene Richtungen in der Wissenschaft, die „antiatomistischen Charakter“ hatten, als Vorläufer der Energetik anzusehen sind.

Es steht außer Zweifel, dass die historische Charakterisierung der Energetik durch Mendelejew, der eine Verbindung zwischen dem Dynamismus und der Energetik herstellt, die genaueste ist.

Die Neubelebung des Dynamismus in der Wissenschaft des ausgehenden 19. Jahrhunderts hat eine Reihe von Ursachen, die auf Besonderheiten der Wissenschaftsentwicklung in dieser Etappe zurückgehen. Zweifellos war die Energetik eine Reaktion auf eine Krisis der mechanistischen Weltanschauung in der Wissenschaft.

Wie schon erwähnt, hielt W. Ostwald R. Mayer für seinen Vorläufer. Ein Zusammenhang zwischen Ostwalds Konzeption und einigen Ansichten Mayers ist sicherlich vorhanden. Unter seinen Zeitgenossen nennt Ostwald eine ganze Reihe von Wissenschaftlern und Philosophen, die auf die Herausbildung seines wissenschaftlichen und philosophischen Credo Einfluss hatten. Darunter sind auch Mach und Helm, deren Einfluss auf ihn unbestritten ist.

Zu den Gleichgesinnten zählt Ostwald auch J.W. Gibbs, einen der bedeutendsten Gelehrten der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, dessen thermodynamische Arbeiten er aus dem Englischen übersetzt und im Jahre 1892 in Deutschland herausgegeben hatte. Den großen Einfluss, den Gibbs auf ihn gehabt habe, erklärt Ostwald damit, dass in den thermodynamischen Untersuchungen von Gibbs keinerlei Hypothesen enthalten seien und dass sie nur in der Analyse und der Herstellung von Beziehungen zwischen Energiegrößen bestünden. Diese Arbeiten bewegen sich nach Ostwalds Worten an der Grenze des für den menschlichen Geist Erreichbaren, und tatsächlich wurde bis heute in den Formeln von Gibbs und, was noch wesentlicher ist, auch in den Annahmen, von denen er ausging, kein Fehler entdeckt.

Ostwald sagt, es gebe viele wissenschaftliche Arbeiten, in denen die Mathematik und die Logik im Überfluss vertreten seien, aber diese Arbeiten hätten wenig Wert, da die darin verwendeten Annahmen und Vorbedingungen falsch seien. In dieser Hinsicht sei Gibbs über jeden Tadel erhaben. Ostwald unterstreicht, die ungefähr 200 Formeln in den thermodynamischen Arbeiten von Gibbs seien die angemessenen Beziehungen zwischen den Energiegrößen, daher müsse man Gibbs als den Vater der chemischen Energetik

ansehen.

Gibbs befasst sich ausschließlich mit energetischen und davon abgeleiteten Größen, ohne zu irgendwelchen kinetischen Hypothesen Zuflucht zu nehmen. Deshalb sind seine Schlussfolgerungen so überzeugend und langlebig, sofern das überhaupt in den Rahmen der Möglichkeiten des menschlichen Denkens passt,

hat Ostwald einmal über Gibbs geschrieben [227, S. 126]. Allerdings hat schon Boltzmann richtig bemerkt, dass sich einige Gelehrte (in erster Linie Ostwald) unberechtigt teilweise als Anhänger und Nachfolger Gibbs' gefühlt hätten.⁶⁶

Boltzmann schreibt in seinem Aufsatz „Zur Energetik“:

Ich meinerseits erlaube mir, darauf hinzuweisen, dass sich Gibbs bei Begründung seiner Sätze sicher molekulare Vorstellungen machte, wenn er auch die Moleküle nirgends in die Rechnung einführte, dass die Sätze über Energie und Entropie von Gasen, verdünnten Lösungen, namentlich aber von einem Gemische eines in Dissoziation begriffenen Körpers und seiner Bestandteile nur durch die Vorstellung gefunden und begründet wurden, dass die verschiedenen Moleküle räumlich nebeneinander existieren. [230, S. 140]

Gibbs verneinte die Existenz von Atomen und Molekülen keinesfalls, mehr noch, er unterstrich die Wichtigkeit der molekularen Vorstellungen und schrieb:

Die erste Aufgabe der Wissenschaft von den Molekülen ist es, ausgehend von den beobachtbaren Eigenschaften möglichst genaue Vorstellungen vom molekularen Aufbau der Körper zu gewinnen. Später kann dann die Kenntnis der Molekularstruktur herangezogen werden, um nach Formeln, die die beobachtbaren Eigenschaften wiedergeben, zu suchen. [227, S. 104]

Aus diesem Zitat ist klar ersichtlich, auf welcher Seite Gibbs im Kampf zwischen Energetik und Atomismus stand. Im Vorwort zu den „Elementaren Grundlagen der statistischen Mechanik“ von Gibbs lesen wir:

Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft scheint es kaum möglich, eine dynamische Theorie der Molekularwirkung aufzustellen, welche die Erscheinungen der Thermodynamik, der Strahlung und der die Vereinigung der Atome begleitenden elektrischen Vorgänge umfassen soll. Und doch ist jede Theorie offenbar ungenau, welche nicht von allen diesen Erscheinungen Rechenschaft gibt. [228, S. VII- VII]

Hieraus folgt klar, dass Ostwalds Behauptung, Gibbs gehöre zu den ihm Gleichgesinnten, d. h., er sei ein Vertreter der Energetik, jeder Grundlage entbehrt.

Die Ostwaldsche Energetik hat nicht nur eine philosophische Richtung als Vorgänger. Der ontologische Aspekt der Energetik - ihre Stellung zur Frage der Weltsubstanz und ihrer Struktur, also die Anerkennung der Priorität der Energie und die Ablehnung der Diskretheit - stellt dem Grundgehalt nach zweifellos eine Wiedergeburt des Dynamismus in modernisierter Form dar, jenes Dynamismus, der immer eng mit idealistischen Richtungen der Philosophie verknüpft war. Am Ende des 18. und in der ersten Hälfte

⁶⁶1897 wurde eine Rezension von W. Bancroft über das „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ von W. Ostwald veröffentlicht. Darin wird begrüßt, dass der Autor den Arbeiten von Gibbs so große Aufmerksamkeit widmet, aber es wird festgestellt, dass Ostwald bei der Auslegung der Gedanken von Gibbs eine Reihe von Fehlern unterlaufen sei [229].

des 19. Jahrhunderts waren die führenden Vertreter des objektiven Idealismus seine Anführer.

Die übrigen Aspekte der Energetik, insbesondere ihr methodologischer, haben ihre Wurzeln im Positivismus Kants. Kant wurde ja von Ostwald als „der bedeutendste Denker seiner Zeit“ bezeichnet.

Man kann also die Energetik in der Form, wie sie Ostwald entwickelt hat, kurz als eine Verflechtung des Dynamismus mit dem Positivismus charakterisieren.

5.3 Der Antiatomismus Ostwalds

Viele Jahre lang vertrat Ostwald eine klar antiatomistische Position. Diese Periode seiner wissenschaftlichen Laufbahn ist von Versuchen gekennzeichnet, ein Gebäude der chemischen Wissenschaften ohne den Atomismus zu errichten, alle Naturwissenschaften von den atomistischen Vorstellungen zu „emanzipieren“.

Die wissenschaftlichen Arbeiten, die Ostwald in den 70er bis 90er Jahren des 19. Jahrhunderts ausführte, reihten sich in die allgemeine Strömung der Lehre von den Atomen und Molekülen ein.

Genaugenommen dienten ja die experimentellen Untersuchungen Ostwalds und seiner zahlreichen Schüler zur Theorie der Lösungen, zur chemischen Kinetik und zur Katalyse der Entwicklung bestimmter Aspekte dieser Lehre. Aufmerksamkeit verdient auch die Tatsache, dass Ostwald in den ersten Auflagen seiner Lehrbücher der Chemie als Anhänger der Lehre von den Atomen und Molekülen auftrat. So schrieb er z. B. über die Bedeutung der Atomhypothese:

Eine dermaßen weit- und tiefgehende Übereinstimmung der erfahrungsmäßig festgestellten abstrakten Gesetze mit den anschaulichen Vorstellungen, welche wir uns in der Hypothese der Atome über die Ursache dieser Gesetze gebildet haben, berechtigt uns, auch weiterhin zwischen dieser Hypothese und der Erfahrung Übereinstimmung zu erwarten. [15, S. 5-6]

1878 stellte Ostwald in seiner Doktordissertation die These auf: „Die räumliche Lagerung der Atome in der Molekel ist bestimmbar“ [zit. nach 118, 5.30]. 1884 sprach er in seinem „Offenen Brief an Albrecht Rau“ von der objektiven Existenz der Atome.

Noch eine Äußerung Ostwalds soll angeführt werden, die insofern interessant ist, als er noch in den Jahren 1888 bis 1890 die große Rolle der Atomhypothese, die „streng mit der Erfahrung übereinstimmt“, herausstellt. Er schreibt:

Auf Grund dieser Hypothese hat sich eine Theorie von eminenter Fruchtbarkeit entwickeln lassen, und ganz abgesehen von allen metaphysischen Bedenken gegen die Atomtheorie (die ohnehin meist missverständlicher Art sind) (Hervorhebung von uns - d, Aut.) liegt in den bereits erlangten Erfolgen derselben eine Gewähr dafür, dass ein weiterer Ausbau der Theorie zu brauchbaren Ergebnissen führen wird... Die Frage nach der relativen Stellung (oder Bewegung) der Atome in der Molekel gehört zu den wissenschaftlich berechtigten, welche die Atomtheorie sich früher oder später stellen muss. [15, S. 193]

Auch sagt er den Studenten, die sein Lehrbuch lesen:

In der Tat lässt sich die Gesamtheit der chemischen Erfahrungen mit der Atomhypothese in Einklang bringen und in ihrem Bilde darstellen. Wir werden uns daher in der Folge fortdauernd dieses Bildes bedienen. [15, S. 6]

1887 stellte Ostwald in seinem Vortrag „Die Energie und ihre Wandlungen“ die Energie auf eine Stufe mit der Materie, d. h., er erkannte die Existenz zweier Substanzen an. Anfang der 90er Jahre tauchen in Ostwalds Äußerungen die ersten Anzeichen seiner „energetischen Krankheit“ auf. Immer häufiger tritt in seinen Veröffentlichungen der Gedanke zutage, die Atomhypothese sei nur ein Mittel, mit dessen Hilfe wir alle bekannten Tatsachen über die Eigenschaften der Materie verallgemeinern könnten; das „wirkliche“ Wesen der Materie bleibe für uns unbekannt und habe auch keinerlei Bedeutung.

Offensichtlich haben Ostwalds Ansichten in der Frage des Verhältnisses von Materie und Energie eine bestimmte Entwicklung durchgemacht - von der Anerkennung der „Parität“ von wägbarer Materie und Energie über die Unterordnung der ersteren unter die zweite bis zur Erhebung der Energie zur einzigen Substanz.

Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts überarbeitete er seine Lehrbücher der Chemie aufs gründlichste unter dem Blickwinkel der Energetik, da er annahm, der Atomismus werde schon in allernächster Zeit zu einem wissenschaftlichen Anachronismus werden und „im Staub der Archive untergehen“ [43, S. 211].

Die Aufgabe, der sich Ostwald nun vorwiegend widmete, war die „Befreiung der grundlegenden stöchiometrischen Gesetze aus der Fessel der Atomhypothese“. Nachdem er, wie er meinte, diese Aufgabe erfolgreich gelöst hatte, wollte er „die gleiche Operation auch an der Molekularhypothese ausführen“, verlegte das jedoch „wegen der unvermeidlichen Langsamkeit der historischen Entwicklung“ auf später.

Ostwald meinte, „mit neuen Flickern auf einem alten Kleid sei auch nichts erreicht“. Deshalb beschloss er, „im Interesse der Wissenschaft“ „die Ausdrucksweise der Atomhypothese so sparsam zu verwenden, wie das der heute übliche Sprachgebrauch nur zulässt“ [38, 64].

Er befreite seine Lehrbücher von der Atomtheorie und deren Schlussfolgerungen als einem „überflüssigen Ballast“.⁶⁷ So widmete er in der „Schule der Chemie“ (1903) der Atomhypothese nur ein paar Seiten. Ostwald meinte, durch eine „von Hypothesen“

⁶⁷In seinem Lehrbuch „Grundlinien der anorganischen Chemie“ war Ostwald zu folgender Erklärung gezwungen: „Obwohl der Inhalt des vorliegenden Buches größtenteils ohne die Verwendung der Atomhypothese dargelegt ist, und obwohl wir sie nur in Ausnahmefällen benutzen wollen, beruht doch unsere ganze chemische Nomenklatur auf dieser Hypothese, und ein Versuch, den Gegenstand ohne sie darzulegen, würde zu einer Reihe neuer Bezeichnungen führen. Deshalb werden wir, indem wir diese alten Bezeichnungen weiter benutzen, uns formal auch an die Hypothese selbst halten ...“

Im gleichen Buch unterstreicht Ostwald, man könne die chemischen Umsetzungen mit all ihren vielfältigen Erscheinungsformen unabhängig von allen wie auch gearteten kinetischen Vorstellungen von der Natur chemischer Verbindungen darstellen. Weiter meint er aber, es sei am bequemsten, die allgemeine Systematik der chemischen Umsetzungen vom Standpunkt der Atomhypothese aus zu erläutern, weil „sie eine Veranschaulichung der tatsächlichen Verhältnisse unter einem zweckmäßigen und leicht zu handhabenden Bilde ist“ [38, S. 155]. Diese Worte zeigen, welche Schwierigkeiten Ostwald hatte, ohne die Atomistik auszukommen.

befreite Darstellung“ würde sich der Schüler von den ersten Schritten an daran gewöhnen, nicht Hypothesen nachzujagen, sondern sein Hauptaugenmerk auf „Beziehungen zwischen messbaren und bestimmbar Größen“ zu richten [45].

Zunächst bezog Ostwald seine Versuche, den Atomismus auszurotten, noch nicht auf den ionischen Zustand der Stoffe. Später jedoch dehnte er seine energetischen Ansichten auch auf die Lösungen aus. In seinem Buch „Grundlinien der anorganischen Chemie“ schreibt Ostwald:

Die gesamte Theorie der Lösungen in all ihrer Vollständigkeit und Abgeschlossenheit kann man ohne alle Zutaten (d. h. Atome und Moleküle -d. Aut.) entwickeln, die sowieso in diesem Gebiet bisher mehr Schaden angerichtet haben, als sie für Erklärungen gut waren. In den folgenden Abschnitten wollen wir versuchen, die Theorie der Lösungen darzulegen, indem wir uns einzig auf experimentelle Befunde berufen und jede Art von Hypothesen vermeiden. [38, S. 141]

Um die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von atomistischen Vorstellungen zu „befreien“, äußert Ostwald die Vermutung, man könne die Ionen als selbständig existierende Energieportionen und nicht als elektrisch geladene Atome behandeln; mehr noch, er schreibt, man könne einen ganz formalen Standpunkt einnehmen und die Ionen einfach als bequemes Hilfsmittel bei allen möglichen Berechnungen ansehen; dabei sei die Annahme eines derartigen Ionenzustands schon wegen ihrer Zweckmäßigkeit berechtigt. Nach dieser Betrachtungsweise entspricht dem Begriff Ion überhaupt nichts real Existierendes, sondern er stellt ein reines Rechenhilfsmittel dar.

Ostwald änderte sein Verhältnis zur Atomistik in einer Zeit, zu der es weniger denn je eine Berechtigung gab, an der Wahrheit und außerordentlichen Nützlichkeit dieser Lehre zu zweifeln. Gerade damals waren große Erfolge bei der Erklärung der Eigenschaften von Stoffen sowie der Erklärung von Prozessen als statistisches Resultat des Verhaltens ihrer Bestandteile erreicht worden.

Im Grunde genommen erfolgte die gesamte Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert im Fahrwasser der Atom- und Molekularhypothese, die von den 50er Jahren an auch die führenden Positionen in der Physik erkämpft hatte.

Die Universalität und außerordentliche Fruchtbarkeit der Prinzipien des Atomismus wurde jahrzehntelang von vielen bedeutenden Gelehrten und Philosophen immer wieder unterstrichen.

Daraus ergibt sich die Frage, warum Ostwald einen Angriff gegen eine Theorie startete, unter deren Flagge die gesamte Entwicklung von Chemie und Physik erfolgte und die von seinen Vorgängern und Zeitgenossen nur allerbeste Einschätzungen erfahren hatte. Warum wurde der „sehr bedeutende Chemiker“ zu einem „verworrenen Philosophen“, dessen Standpunkt in tiefem Widerspruch zum Inhalt seiner eigenen wissenschaftlichen Arbeiten und denen anderer bedeutender Chemiker und Physiker seiner Zeit stand?

Ein Anlass zum Zweifel an der Allgemeingültigkeit der Atomtheorie waren die großen Erfolge, die auf dem Gebiet der chemischen Dynamik weitgehend ohne die Hilfe dieser Theorie erreicht worden waren. Es ist bekannt, dass Sainte-Claire Deville und Berthelot sich nicht von Daltons Atomtheorie leiten ließen, und doch konnte der erstere den wich-

tigen Begriff der thermischen Dissoziation in die Wissenschaft einführen, während der zweite in der Thermochemie das grundlegende Prinzip von der maximalen Nutzarbeit aufstellte.

Der erste und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik wurden im Prinzip auch ohne irgendwelche Vorstellungen von Atomen oder Molekülen entdeckt.⁶⁸

Die ersten Erfolge der Thermodynamik konnten den Eindruck erwecken, die Wissenschaften von der unbelebten Natur hätten in ihr nicht ein zusätzliches Mittel zur Lösung einer Reihe von Fragen, sondern eine Alternative zur Atomistik gewonnen.

Extreme Anhänger dieser Ansicht gingen so weit zu behaupten, nur die Schlussfolgerungen und Theorien der Wissenschaft, die sich auf thermodynamischem Wege herleiten ließen, verdienten überhaupt Aufmerksamkeit und seien zuverlässig. P. Duhem z. B. behauptete, alle bedeutenden Resultate auf dem Gebiet der physikalischen Chemie seien mit Hilfe der Thermodynamik oder der experimentellen Induktion gewonnen worden.

Die Methoden der Thermodynamik waren auf alle drei Aggregatzustände sicher anwendbar, die glänzendsten Erfolge wurden auf dem Gebiet der flüssigen Lösungen erzielt. Beispiele hierfür sind die Arbeiten van't Hoffs über den osmotischen Druck und Raoult's Bestimmungen von Molekulargewichten aus der Schmelzpunktniedrigung bzw. Siedepunkterhöhung.

Alle Vertreter des Positivismus des ausgehenden 19. Jahrhunderts kennzeichnet eine Überschätzung der Leistungsfähigkeit der thermodynamischen Methoden und eine Konfrontation der Thermodynamik mit der Atomistik (Ostwald, Mach, Duhem).

Durch die großen Erfolge der phänomenologischen Thermodynamik, die ja bei der Herausbildung der Energetik eine nicht geringe Rolle spielten, zeigten sich jedoch schon sehr bald die natürlichen Grenzen ihrer Anwendbarkeit, und es stellte sich heraus, welche Hindernisse für sie unüberwindlich waren. Besonders deutlich wurde das nach dem misslungenen Versuch, mit Hilfe der Thermodynamik die stöchiometrischen Gesetze, die sich vernünftig wirklich nur auf dem Boden der Atom- und Molekularhypothese erklären lassen, zu deuten.

Später wurde dann ganz offenkundig, dass die Thermodynamik mit ihrem zweiten Hauptsatz zwar die Richtung physikalischer oder chemischer Prozesse angeben kann, aber weder in der Lage ist, quantitative Angaben über deren Geschwindigkeit zu machen, noch den Mechanismus der entsprechenden Erscheinungen zu erklären. Hier können nur noch atomistische Vorstellungen helfen, und sie erwiesen sich dabei in vieler Hinsicht als sehr nützlich.

Die sogenannten „Vorzüge“ der Thermodynamik gegenüber der Atomistik, die bei der Entstehung der entsprechenden Geisteshaltung eines gewissen Teils der Wissenschaftler und bei der Herausbildung der Energetik eine Rolle gespielt haben, waren also nur eine vorübergehende Erscheinung.

Die kinetische Theorie der Materie, die Duhem abschätzig als „parasitäres Gewächs an

⁶⁸Ostwald schreibt an einer Stelle: „Die chemische Dynamik kann... dasselbe leisten, was man bisher nur mit dem Bilde der Atomtheorie hat erreichen können, Sie hat in dieser Beziehung die Atomtheorie entbehrlich gemacht“ [67, S. 166].

einem Baume, der schon kräftig und voll Leben ist“ (der Thermodynamik), bezeichnete, drang bald auf das Territorium, das als Monopol der Thermodynamik gegolten hatte, vor und konnte den Temperatur- und den Druckbegriff sowie das Mariottesche und das Gay-Lussacsche Gesetz erklären.

Mit Hilfe dieser Theorie wurden solche Erscheinungen wie die Brownsche Molekularbewegung und Fluktuationserscheinungen, die die Phänomenologische Thermodynamik weder voraussehen noch erklären konnte, theoretisch gedeutet.

Obwohl also die kinetische Theorie bedeutende Erfolge verbuchen konnte, wurde das von Ostwald lange ignoriert. Er betrachtete seine Energetik als Alternative zum Atomismus⁶⁹ und zur mechanistischen Weltanschauung in der Wissenschaft, die für ihn in unlösbarem Zusammenhang standen.

So trugen also zwei ganz verschiedene Ursachen zur Herausbildung und zu den zeitweiligen Erfolgen der Energetik bei - einmal die Erfolge der phänomenologischen Thermodynamik, zum anderen die Krise der mechanistischen Auffassungen, d. h. die Tatsache, dass eine Reihe auftretender Probleme nicht mehr von den Positionen der reinen Mechanik aus gelöst werden konnte.

Max Planck zeigte eine der Ursachen für die Herausbildung der energetischen Lehre auf, als er schrieb, dass diese Lehre eine typische Reaktion auf jene stolzen Hoffnungen gewesen sei, die von der vorhergehenden Generation insbesondere in die mechanische Weltanschauung gesetzt worden wären [231, S. 33].

Als jedoch Ostwald endgültig den Stab über den „wissenschaftlichen Materialismus“ brach, wiesen seine ideologischen Gegner - diejenigen Vertreter von Chemie und Physik, die fest auf dem Boden der Atomtheorie standen - überzeugend nach, dass die wichtigsten Resultate in Physik und Chemie mit Hilfe der Atomtheorie erzielt worden waren. Sie betonten, dass die Atomistik in ihren Möglichkeiten der Thermodynamik weit überlegen sei, dass man diese zwei Richtungen nicht als Gegensatz auffassen dürfe, sondern sie vereinigen müsse, damit sie sich gegenseitig ergänzten.

Die Atomistik gestattet, alles empirische Material unter einem Gesichtspunkt zu interpretieren. Sie deckt Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den Fakten auf und verfügt im Vergleich zu anderen Lehrsätzen und Methoden über die stärkste heuristi-

⁶⁹In seinem Aufsatz „Die Schicksale des Atoms“ (1907) stellt Ostwald fest, der Atomismus sei zu sehr mit „Blumen der Phantasie“ geschmückt. Beispielsweise habe man im Mittelalter aus „Demokrits Kügelchen... mehr oder minder verwickelte Maschinchen... mit Spitzen und Haken, Haaren und Schlingen“ gemacht [67, S. 198], was sich als lebensgefährlich für die Atome erwiesen habe.

Auch die Atomistik des 19. Jahrhunderts nahm stark zu geometrischen Modellen Zuflucht. Dazu schreibt Ostwald nicht ohne Ironie: „Um die Ansprüche zu befriedigen, die der Chemiker stellen muss, muss die ganze Geometrie, beziehungsweise der Formenreichtum des Baukastens erhalten, um für die chemischen Mannigfaltigkeiten das entsprechende Bild zu liefern“ [67, S. 199]. „Das Atom ist von jeher nur ein sehr unvollkommenes Abbild der Wirklichkeit gewesen“ [67, S. 201].

In gewisser Hinsicht hatte Ostwald natürlich recht. Die moderne Wissenschaft, die inzwischen tief in die Geheimnisse des Atombaus eingedrungen ist, hat gezeigt, wie weit die Vorstellungen der Wissenschaft über die Natur und Struktur des Atoms um die Jahrhundertwende von der Wirklichkeit entfernt waren. Es waren aber gerade die tiefe Überzeugung, der Glaube an die reale Existenz der Atome (und nicht ihre Negation), die Physiker und Chemiker zu den Höhen der modernen Theorie des Atombaus geführt haben.

sche Kraft. Mit anderen Worten: „Die Atomistik ist die Seele all unseres Wissens von der Natur.“

5.4 Kritik der Energetik

Das Verhältnis der führenden Chemiker und Physiker des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts zur Energetik

Ostwald trat selbst als aktiver Propagandist seiner Energetik auf, und ständig kam es dabei zu Konfrontationen mit seinen Gegnern, unter denen sich führende Repräsentanten der Physik und der Chemie befanden. Besonders nachdem Ostwald auf der Naturforscherversammlung 1895 seinen Vortrag „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ gehalten hatte, entbrannte ein erbitterter Kampf um seine Philosophie. Schon auf der Versammlung selbst bildete sich unter den Naturforschern eine ernstzunehmende Gegnerschaft heraus; das war aber nur der Beginn eines Kampfes zweier Richtungen, der sich über viele Jahre hinziehen sollte.

Als die Organisatoren dieser Versammlung, darunter auch einige Freunde Ostwalds, von seinen neuen Ideen und Plänen gehört hatten, rieten sie ihm, seine „energetischen Ambitionen“ fallenzulassen. Versammlungsleiter war der deutsche Chemiker J. Wislicenus, der Ostwalds Ideen nicht nur für falsch, sondern sogar für äußerst schädlich hielt; deshalb stellte er Ostwalds Vortrag an das Ende des Programms.

Über die Reaktion auf diesen Vortrag kann man einiges aus der Presse jener Zeit entnehmen, die besonders den Titel „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“ herausstellte. Anfangs wurde der Vortrag von einer ziemlich großen Anzahl von Leuten begeistert aufgenommen. Das Spektrum reichte von orthodoxen Christen bis zu Vertretern der Geisteswissenschaften, die darin ein ernsthaftes Symptom dafür sahen, dass in der Wissenschaft eine Wendung zum Spiritualismus bevorstehe.

Ostwald berichtet, dass er sich, nach der Reaktion der Zeitungen zu urteilen, hüten müsse, dass man ihm nicht den Ehrendoktor der Theologie verliehe.

Unter den Physikochemikern stießen Ostwalds energetische Philosophie und insbesondere seine antiatomistischen Anschauungen auf beinahe einstimmige Ablehnung, ganz besonders bei seinen nächsten Freunden wie Arrhenius, van't Hoff, Nernst u. a.

Viele Jahre später schrieb Ostwald in seiner Selbstbiographie, dass die Verkündung seiner Energetik bei den Mitstreitern aus der physikalischen Chemie ohne Auswirkungen geblieben wäre. Anfangs hätten sie gar nicht auf die Energetik reagiert, und später, als er sich immer energischer dafür eingesetzt habe, hätten sie sich dagegen gewandt [105, IT, S. 162-182]. Er bekannte:

Da ich selbst früher überzeugter Anhänger der kinetischen Atomlehre gewesen war, so lag mir nach Art der Bekehrten sehr viel daran, für meine neue Einsicht Anhänger zu gewinnen. Dies gelang mir aber nur in sehr geringem Maße. [105, II, S. 179]

Ostwald selbst schätzte die Lage nüchtern genug ein, um zu wissen, dass fast alle Naturforscher seiner Zeit ihm entgegenhalten würden, dass sie „mit den Atomen ganz

zufrieden sind und gar kein Bedürfnis haben, diesen Begriff durch irgendeinen anderen zu ersetzen" [67, S. 166].

An anderer Stelle schreibt er, die Atomhypothese habe sich den fortlaufenden Erfolgen der Wissenschaft sehr gut angepasst, so dass nicht nur das Gesetz der Verbindungsgewichte, sondern auch noch viele andere empirische Gesetze durch sie anschaulich gemacht werden konnten; andererseits müsse man auch in Betracht ziehen, dass fast alle Chemiker im Geiste dieser Hypothese dächten und arbeiteten, so dass bei ihnen nicht nur keinerlei Neigung bestehe, nach möglichen Fehlern und Widersprüchen dieser Hypothese zu suchen, sondern eher ein bestimmtes Bestreben, solche Schwierigkeiten nach Möglichkeit in den Hintergrund zu drängen.

Wenn Ostwald in Gesprächen mit Freunden und Kollegen darauf kam, dass man den Atombegriff zum Ausdruck und Verständnis der grundlegenden chemischen Fakten nicht unbedingt brauchte, bekam er oft zur Antwort, dass die Fakten und Tatsachen der organischen Chemie nicht ohne die Atomtheorie darstellbar wären. Und in seiner Darstellung der Entwicklung der Begriffe Isomerie und Stereochemie musste er zugeben:

In der ganzen Darstellung dieser Vorlesung habe ich mich ohne Rückhalt der atomistischen und molekularen Ausdrucksweise bedient, da es eine andere für die hier behandelten Verhältnisse nicht gibt und ich daher unverständlich geblieben wäre, wenn ich versucht hätte, eine solche einzuführen und anzuwenden. [53]

Da er die Meinung der meisten seiner Kollegen - bedeutender Physiker und Chemiker, die in Veröffentlichungen, Briefen und persönlichen Gesprächen die Energetik oftmals verspotteten - kannte, musste Ostwald zugeben:

Ich weiß, meine Herren, dass ich mich mit dieser Behauptung (der Energetik - d. Aut.) auf einen ziemlich vulkanischen Boden gebe. [67, S. 166]

Zweifel und Unsicherheit an der Energetik klingen auch bei Ostwald selbst an, besonders deutlich in seinem Vortrag „Elemente und Verbindungen“, dem Faraday-Vortrag, den er 1904 in England hielt. Dort heißt es:

Ich habe die Gelegenheit mit Freuden begrüßt, meine Gedanken zuerst dem Kreise vorzulegen, von dem ich die strengste Kritik ihrer Richtigkeit und Bedeutung zu erwarten habe. Denn wenn sie nichts taugen sollten, so werden sie hier am schnellsten dem Orcus überliefert werden, bevor sie Zeit gehabt haben, Schaden anzurichten. Ist andererseits in ihnen ein richtiger Kern enthalten, so werden sie hier am sichersten von ihren unhaltbaren und unexakten Bestandteilen befreit werden und am schnellsten die Gestalt annehmen, in welcher sie der Wissenschaft dauernd nützen können. [67, S. 167]

Aus hinterlassenen Briefen geht hervor, dass van't Hoff, Arrhenius, Nernst und andere nahe Freunde Ostwalds meinten, die Energetik sei nur ein Spleen von ihm, eine vorübergehende Krankheit, von der er sich aus eigenen Kräften sehr schnell erholen werde.

Einige Archivdokumente lassen die Reaktion bedeutender Gelehrter auf Ostwalds antiatomistische Auftritte deutlich werden.

Schon auf der Naturforscherversammlung 1895 in Lübeck entbrannte zwischen den An-

hängern des Atomismus (Boltzmann, Planck, Nernst u. a.) und denen der Energetik (Ostwald, Helm u. a.) eine heiße Diskussion.⁷⁰

Interessante Zeugnisse über diese Debatte finden wir in Briefen, die Arrhenius an G. Tammann, W. Nernst und W. Ostwald geschrieben hat. So berichtete Arrhenius in einem Brief vom 1. Oktober 1895 an Tammann:

Am 12.(September) fuhren ich und Bredig ... nach Lübeck, wo Abeggs und Nernst zusammen mit uns wohnten. Ich bin sehr zufrieden mit den Reiseerlebnissen. Ich traf da Ostwald, Boltzmann, Wiedemann, Beckmann, Wagner und andere, mit denen ich manches zu besprechen hatte.

Von den offiziellen Verhandlungen wirst Du gewiss durch die Zeitungen erfahren haben, das Nichtoffizielle ist vielleicht wichtiger. Ich will nur erzählen, dass bei der Debatte über Energetik die Energetiker (Helm und Ostwald) ihren Gegnern auf jeden Fall stark unterlegen waren (vor allem war es Boltzmann, der die Sache der Kinetiker glänzend vertrat; Nernst, Wiedemann u. a. haben hier und da etwas beigetragen). Ostwald war auch ganz erschöpft, als die Diskussion zu Ende war, und Helm sprach von einem Hinterhalt, in welchen er gelockt worden sei, und äußerte sich danach gar nicht mehr. [165]

S. Arrhenius, der Urheber der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, war überzeugter Anhänger der Atom- und Molekülhypothese. Deshalb stand er Ostwalds energetischer Lehre äußerst skeptisch gegenüber.

Schon vor der erwähnten Lübecker Diskussion schrieb Arrhenius am 27. Juni 1892 in einem Brief an Ostwald:

... mit den blutlosen thermodynamischen Funktionen ist es außerordentlich schwer, sich vorwärts zu bewegen... Die Energetik hat für experimentelle Arbeiten keinen Sinn, sie hat sehr wenig Beziehungen zur physikalischen Chemie. [146]

1904 sagte Arrhenius:

Ich meine, dass die Worte, die Helmholtz in seiner Faraday- Vorlesung 1881 sagte, noch Bestand haben - ‚Wir haben noch keine genügend ausgebildete Theorie, die alle Tatsachen der Chemie so einfach und so zusammenhängend erklären könnte wie die atomistische Theorie in der Gestalt, wie die moderne Chemie sie entwickelt hat.‘ - [232]

Eine interessante Tatsache ist, dass diejenigen Wissenschaftler, die das meiste für die Entwicklung der Thermodynamik und ihre Anwendung auf chemische Probleme getan hatten, Ostwalds Position nicht teilten und meinten, die Anwendbarkeit der Thermodynamik habe gewisse Grenzen, deren Überschreitung zu negativen Auswirkungen für die Wissenschaft führen könnte.⁷¹

⁷⁰In Frankreich wurde Ostwalds Vortrag von dem Physiker M.-A. Cornu schon 1895 heftig kritisiert; dieser war überzeugt, dass es tiefe Ursachen für den Erfolg der kinetischen Theorie gäbe. Er sagte: „Nicht ein Gedanke des Altertums hat ein vergleichbar glänzendes Schicksal erlebt. Man muss annehmen, dass die Begründer der Lehre von den Atomen von Anfang an entweder den Schlüssel zur richtigen Erklärung der Naturerscheinungen fanden oder auf ein Konzept stießen, das sich dem menschlichen Geist unvermeidlich aufdrängt“ [zit. nach Meirson, E.: *Tozdestvennost' i dejstvitel'nost'*. St. Petersburg 1912, S. 173].

⁷¹Sehr richtig bemerkte seinerzeit D. A. Goldammer: ‚Am auffälligsten ist, dass die Thermodynamik in den Händen derer, die keine Energetiker im eigentlichen Sinne dieses Wortes waren und sich

So schrieb van't Hoff, den man mit Recht als einen der bedeutendsten Begründer der chemischen Thermodynamik bezeichnet, in den Jahren, als Ostwalds energetische Lehre gerade ihren größten Erfolg hatte:

Ich erkenne die gewaltige Bedeutung durchaus an, die die Energetik, d. h. die Anwendung der Thermodynamik auf chemische Probleme, hat; allerdings kann ich nicht einverstanden sein, wenn die Energetik heute so weit vorstößt, dass der atomistische Standpunkt völlig aufgegeben wird. Ich bin überzeugt, dass der Schwerpunkt trotz alledem auf der Atomistik liegt. Vielleicht wird sich das in der Zukunft ändern.

Aber wenn auch die Forschungen Ramsays bestätigt werden und das Radiumatom letztlich zerfällt, wenn sich also die Unzerstörbarkeit des Atoms als unrichtige Annahme erweist, bilden die Atome doch immerhin Zentren, in welchen die Energie ein Maximum oder ein Minimum besitzt, und man wird auch in Zukunft bei der Formulierung der verschiedenen chemischen Meinungen nicht ohne diese Zentren auskommen. [29]

J. H. van't Hoff wies darauf hin, dass einer der Hauptwege der Entwicklung der Chemie die Aufdeckung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften von Verbindungen und ihrer Strukturformel sei. Für eine gewisse Anzahl Eigenschaften sei das Problem bereits gelöst, in diesen Fällen sei die Abhängigkeit der Eigenschaften von der chemischen Formel schon so gesichert, dass man auch aus Formeln Eigenschaften voraussagen könne. Dies sei eine notwendige Folgerung aus den in der Wissenschaft allgemein anerkannten atomaren und molekularen Vorstellungen [235].

Nach der Meinung van't Hoff's ist also nicht die Thermodynamik, sondern die Atomistik der „Schwerpunkt“, die wesentlichste Grundlage der chemischen Wissenschaften.

Ein anderer Gelehrter, J. D. van der Waals, wies darauf hin, dass die Reduzierung aller physikalisch-chemischen Untersuchungen auf die Thermodynamik, der Verzicht auf die Erforschung des „Wesens der Materie“ den Weg zu neuen Forschungen verstellen und die Entwicklung der Wissenschaft hemmen würde.

Anlässlich Ostwalds Lübecker Rede schrieb Nernst in seiner manchmal schroffen Art an Arrhenius:

Was sagst Du dazu, dass Ostwald uns armen Lesern der Zeitschrift seinen Lübecker Quatsch auftischt? [165, Brief vom 30. Dezember 1895]

Nernst ärgerte sich sehr über Ostwalds Behauptung, man könne ohne die Atom- und Molekularhypothese auskommen, da die „reife Wissenschaft“ des ausgehenden 19. Jahrhunderts nicht mehr derartiger „Krücken“ bedürfe. Er war genau entgegengesetzter Meinung - die Wissenschaft und insbesondere die Chemie und die Physik des ausgehenden 19. Jahrhunderts brauchten die Atom- und Molekularhypothese nötiger als je zuvor! Das gesamte wissenschaftliche Lebenswerk Nernsts war ja im Grunde genommen der Entwicklung dieser Theorie, genauer der Theorie des Ionenzustandes der Materie, gewidmet.

Nernst schrieb in den Jahren 1891 bis 1893, wohl auch ein wenig in der Absicht, Ostwalds Lehrbüchern ein eigenes fest auf dem Boden der Atomhypothese stehendes

nicht von der Molekülhypothese abkehrten, zu den besten Resultaten führte (Helmholtz, Gibbs, Planck u. a.)' [233].

entgegenzustellen, sein Buch „Theoretische Chemie vom Standpunkt der Avogadro-schen Regel und der Thermodynamik“, das insgesamt in 15 Auflagen erschienen ist. Im Vorwort zur ersten Auflage (1893) lesen wir:

Für die theoretische Behandlung chemischer Prozesse... bildet die Regel von Avogadro, die mir ein fast unerschöpfliches, von der Molekulartheorie geschenktes Füllhorn zu sein scheint, ... die wichtigste Grundlage. [236, S. VIII]

Zur gleichen Zeit, als Ostwald so aktiv gegen die Atom- und Molekularhypothese agierte, erklärte Nernst in voller Überzeugung (1893), dass

die Molekularhypothese ein Hilfsmittel jedes Zweiges der Naturforschung und insbesondere der Chemie darstellt, wie es mächtiger und vielseitiger noch nirgends anders von theoretischer Spekulation erbracht worden ist; daher sollen denn auch in der folgenden Darstellung der theoretischen Chemie die Anschauungen der Molekularhypothese ganz besondere Berücksichtigung erfahren. [236, S. 23]

Die systematischste Kritik der Ansichten Ostwalds, die alle Aspekte der energetischen Lehre berührt, finden wir bei L. Boltzmann. Mit seinen klassischen Arbeiten zur kinetischen Gastheorie und zur statistischen Deutung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik hatte Boltzmann nicht nur den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik mit der Atomistik versöhnt, sondern auch mit Hilfe der Atomistik den Grundgehalt des zweiten Hauptsatzes erläutert.

Boltzmann schuf die Synthese aus Thermodynamik und Atomistik in Form der statistischen Thermodynamik, womit der scheinbare Widerspruch, dass sich die einzelnen Teilchen den Gleichungen der Mechanik unterordnen sollten, die makroskopischen Prozesse aber unumkehrbar wären, beseitigt war.

1896 erschien ein umfangreicher Artikel Boltzmanns, in dem er Ostwalds Energetik einer wohlfundierten Kritik unterzog, insbesondere die Behauptungen, die jener in seinem Vortrag in Lübeck aufgestellt hatte.⁷² Ostwald operiert nach Meinung Boltzmanns

mehr mit Gleichnissen und allgemeinen Betrachtungen, auf welche hier einzugehen sich von selbst verbietet, da sie, wenn auch noch so glänzend dargestellt, weder etwas beweisen noch widerlegen. Allein manchem ist doch mit so glänzender Beredsamkeit der Schein strenger Logik verliehen ... [230, S. 129]

Die Notwendigkeit einer scharfen Kritik an der Energetik begründet Boltzmann auch noch damit, dass diese Lehre verderbliche Anziehungskraft auf junge Leute ausübe, die nicht über die erforderlichen mathematischen Kenntnisse verfügten, um auf dem Gebiet der theoretischen Physik erfolgreich zu arbeiten, und denen „mühevolle Früchte in Überfluss“ versprochen würden.

Ebenso kritisiert L. Boltzmann die „Ausflüge“ der Energetik in die Mechanik und die

⁷²1896 erschien in der „Zeitschrift der Russischen Physikalisch-chemischen Gesellschaft“ ein Referat des erwähnten Vortrags von Ostwald mit folgender Anmerkung der Redaktion: „Die Redaktion erlaubt sich, die Aufmerksamkeit der Leser auf einen Artikel von Boltzmann (Wied. Ann. 57 (1896) S. 35) zu lenken, in dem eine umfassende Kritik von Ostwalds energetischer Lehre enthalten ist. Diese Lehre wird kaum irgendwelchen Nutzen für den Fortschritt der Wissenschaft bringen“ [237].

Wärmelehre. Er weist darauf hin, dass Ostwald in einigen Fällen die Herleitung der Grundgleichungen der Mechanik aus den Prinzipien der Energetik angesprochen habe, jedoch nirgends eine konsequente Herleitung gegeben, sondern sich auf einzelne Andeutungen beschränkt habe.

Boltzmann zeigt dann die Widersprüche auf, in die sich Ostwald bei der energetischen Interpretation der kinetischen Energie ($\frac{1}{2}mv^2$) verwickelt. Er schreibt:

Im grellen Gegensatze zu den jetzt besprochenen Ausführungen... steht die neueste Anschauung Herrn Ostwalds, nach der die Energie das eigentlich Seiende sei und eines besonderen irgendwie benannten Trägers gar nicht bedürfe ... Schon bei der Erklärung oder sagen wir Beschreibung der Gesetze der kinetischen Energie stößt man auf eine Schwierigkeit ...

Diese sei das ursprünglich Gegebene, also nicht weiter Definierbare. Sie sei an verschiedenen Stellen des Raumes in verschiedenem Grade vorhanden. Die Massen seien bloße Zahlenfaktoren, welche wir verschiedenen Stellen des Raumes zuschreiben, um die Gesetze der Wanderung der kinetischen Energie beschreiben zu können. Nichts hindert uns nun, anzunehmen, dass die Werte dieser durch den Begriff der kinetischen Energie erst bestimmten Zahlenfaktoren sich mit der Zeit nach bestimmten Gesetzen ändern ...; allein völlig unstatthaft ist es, das ursprünglich Existierende, die kinetische Energie, wieder als das Produkt des halben Wertes dieses Zahlenfaktors (der halben Masse) in das Quadrat der Geschwindigkeit zu definieren, mit welcher dieser Wert im Raume von Punkt zu Punkt fortschreitet ...

Dies ist ein logischer Widerspruch... Wenn ich zuerst sage: die kinetische Energie ist das einfache, ursprünglich Seiende, nicht weiter Beschreibbare und dieselbe, als das Produkt des Kapazitätsfaktors desjenigen Raumes, in welchem sie existiert, in das Quadrat der Geschwindigkeit beschreibe, so liegt hier ein unlösbarer Widerspruch vor. [17, S. 111-112]

Boltzmann meint nicht ohne Ironie, er stelle an die Prinzipien der Energetik viel höhere Anforderungen als die Energetiker selbst.

So hätten diese beispielsweise die Anwendung von Hypothesen als „unbegründete Einschränkung der Freiheit unseres Denkens“ abgelehnt, dabei ließen sie aber stillschweigend die Hypothese, die Körper bestünden aus Materiepunkten, gelten. Weiter schreibt Boltzmann, die Energetik sei auf dem Gebiet der reinen Mechanik fast völlig erfolglos geblieben, auf dem Gebiet der Thermodynamik habe sie jedoch viele „Ausdrucksweisen“ geschaffen.

Boltzmann überprüft diese „Ausdrucksweisen“ und zeigt, wie fehlerhaft sie sind.

Eine bedeutende, von der Energetik eingeführte Neuerung, sagt Boltzmann, sei die Zerlegung jeder beliebigen Energiemenge eines gegebenen Körpers in zwei Faktoren. „Gerade die Unbestimmtheit der Grundlage der betreffenden Untersuchungen und die damit verbundene Unklarheit der sich daran anschließenden Betrachtungen erschwert in hohem Grade deren Widerlegung“, meint er dazu [230, S. 113].

Weiter zeigt Boltzmann, wie Ostwald die Energie eines Gases, die, wie die Erfahrung lehrt, der absoluten Temperatur T proportional ist, d.h. einen einfachen Wert γT hat, in zwei Teile aufteilt - eine Volumenergie und eine Wärmeenergie -, was in keiner Weise anhand irgendwelcher Vorgänge zu belegen ist. Dabei taucht in den Formeln, die Ostwald im Zusammenhang mit der Zerlegung der Gesamtenergie des Gases in eine Volum- und eine Wärmeenergie entwickelt, ein Glied S auf, aber „aus seinen Angaben ist nicht zu erkennen, ob S die in dem bekannten gewöhnlichen Sinne verstandene

Entropie oder eine ganz neue von Herrn Ostwald eingeführte Funktion ist" [230, S. 114].

Boltzmann macht deutlich, wie Ostwald völlig willkürlich die Gleichung $SdT = Cdi$ (mit C = Kapazität; i = Intensität) ansetzt und daraus für den Fall, in dem die Energie eines bestimmten Systems mit der eines anderen im Gleichgewicht ist, die Beziehung

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dT}{T}$$

herleitet; hieraus schließlich sehe er eine Möglichkeit, „auf irgendeine wunderbare Weise“ die bekannte Clausius-Clapeyronsche Gleichung abzuleiten. Dazu schreibt Boltzmann wörtlich:

Es kann sich doch wohl nicht darum handeln, ob sich aus Herrn Ostwalds Prämissen irgendwie etwas ableiten lässt, was beiläufig die Form dieser Gleichung hat. Eine solche Verwendung des Analogieprinzips würde jedem präzisen Denken ein Ende machen. Wir können nur fragen, ob er klare Regeln angegeben hat, aus denen die fragliche Gleichung mit Notwendigkeit folgt. [230, S. 116]

Ostwalds thermodynamische Arbeiten sind, wie das von Boltzmann und Planck überzeugend nachgewiesen wurde, von einer strengen, logisch einwandfreien Herleitung weit entfernt. Sie enthalten willkürliche Annahmen, aus denen in einer Reihe von Fällen durch Anwendung des Analogieprinzips fehlerhafte Schlüsse gezogen werden.

Den Grundtenor von Boltzmanns Kritik, aus der wir hier nur ein paar kurze Auszüge brachten, bildet eine konsequente Verteidigung des Atomismus als Hauptweg der Wissenschaftsentwicklung, als Denkweise, die die Wissenschaft im Laufe ihrer Geschichte am meisten bereichern konnte und deren Möglichkeiten noch bei weitem nicht erschöpft sind.

Boltzmanns Kritik an der Energetik befasst sich sowohl mit ihrem erkenntnistheoretischen als auch mit ihrem methodologischen Aspekt. Insbesondere sah Boltzmann Ähnlichkeiten mit dem Idealismus von Berkeley. Über die Anhänger des neuen erkenntnistheoretischen Dogmas schreibt Boltzmann:

Überhaupt hat das Misstrauen zu den aus den direkten 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 konsequent, 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 konsequent, so müsste man nicht nur alle anderen Wesen außer dem eigenen Ich, sondern sogar alle Vorstellungen, die man zu allen früheren Zeiten hatte, leugnen. [230, S. 132]

Dazu heißt es bei Lenin in „Materialismus und Empiriokritizismus“:

Den angeblich ‚neuen‘, ‚phänomenologischen‘ Standpunkt von Mach und Co. behandelt dieser Physiker (Boltzmann - d. Aut.) verdientermaßen als eine alte Absurdität des philosophischen subjektiven Idealismus. [241, S. 90]

L. Boltzmann lehnt das methodologische Grundprinzip der Energetiker, die wissenschaftliche Forschung auf die unmittelbare Beschreibung von Fakten und Erscheinungen zu beschränken, ab. Er hält das für unsinnig, da ja das Resultat jeder Untersuchung eine gedankliche Vorstellung des untersuchten Gegenstands sei.

„Man darf daher nicht mit Ostwald sagen, du sollst dir kein Bild machen, sondern nur, du sollst in dasselbe möglichst wenig Willkürliches aufnehmen“, heißt es dazu in einer von Boltzmanns Arbeiten [230, S. 142].

Er vertrat also den richtigen Standpunkt, das Ziel jeder wissenschaftlichen Untersuchung wäre, ein gedankliches Abbild des untersuchten Gegenstandes zu gewinnen, das diesem so weit wie möglich adäquat wäre.

„Derjenige, welcher die Atomistik durch Differentialgleichungen losgeworden zu sein glaubt, sieht den Wald vor Bäumen nicht“, schreibt Boltzmann [230, S. 144]. Für die Richtigkeit dieser These führt er eine Reihe von Argumenten an. Er zeigt, dass der heuristische Wert der Atomistik weitaus größer ist als der der Phänomenologie (d.h. in diesem Fall der Energetik). Das sei damit zu erklären, dass die Atomistik ein einheitliches und ganz genaues Abbild aller mechanischen Erscheinungen liefere, während die Phänomenologie zur Darstellung verschiedener Teile der Mechanik unterschiedliche, untereinander nur wenig zusammenhängende Bilder benötige. Außerdem gebe es eine Reihe von Gebieten, die der Phänomenologie überhaupt nicht zugänglich seien; dort seien bedeutende Resultate nur dank der Atomistik, durch das Herangehen ‚mit einer bestimmten vorgefassten Meinung‘ erzielt worden.

Ein solches Gebiet seien die turbulenten Erscheinungen in Gasen, für die die kinetische Gastheorie den Ablauf aller mechanischen und thermischen Prozesse voraussagen könne. Die Macht der Atomistik liege in ihrer gewaltigen prophetischen Kraft begründet, die die Möglichkeiten der Phänomenologie bei weitem übertreffe. Boltzmann drückt das so aus:

Alle Beobachtungen weisen übereinstimmend auf Dinge von solcher Kleinheit, dass sie nur zu Millionen geballt unsere Sinne zu erregen vermögen. Wir nennen sie Atome und Moleküle... Vielleicht wird die atomistische Hypothese einmal durch eine andere verdrängt werden, vielleicht, aber nicht wahrscheinlich . . . Ich brauche nicht zu erwähnen, dass, abgesehen von vielen Tatsachen der Chemie, mittels der atomistischen Hypothese die Vorausberechnung der Abhängigkeit der Reibungskonstante der Gase von der Temperatur, des absoluten und relativen Wertes der Diffusions- und Wärmeleitungskonstante gelang, Vorhersagungen, welche sich gewiss der Berechnung der Existenz des Planeten Neptun durch Leverrier oder der Vorhersagung der konischen Refraktion durch Hamilton an die Seite stellen lassen. [230, S. 30-31]

L. Boltzmann kritisiert Ostwald auch wegen seines intoleranten Verhaltens gegenüber anderen Meinungen; er bemängelt, dass Ostwald, statt sich an einem geistigen Wettstreit der verschiedenen Meinungen zu beteiligen, darauf bestehe, dass „die Ansichten der modernen theoretischen Physik vollständig verworfen und durch die energetischen Anschauungen ersetzt werden müssen“.

Als Abschluss seines Aufsatzes „Ein Wort der Mathematik an die Energetik“ hebt Boltzmann hervor, dass „eine Weiterentwicklung der Energetik in ihrer heutigen Form ... geradezu für die präzise Naturauffassung verhängnisvoll wäre. So enthält z. B. der

allgemeine Teil eines großen Lehrbuchs der Chemie (des Ostwaldschen - d. Aut.) infolge des Vorherrschens der energetischen Ausdrucksweise zahlreiche Stellen, welche auf den Studierenden verwirrend wirken müssen“ [230, S. 135].

Boltzmann spricht von der Notwendigkeit, die Richtung der Physik, der die Vertreter der Energetik den Kampf angesagt haben, weiterzuentwickeln, und stellt fest:

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 oder sie von vornherein 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 verschiedenen vom völligen Unsinn bezeichnen. [230, S. 136]

Besonders begrüßt Boltzmann das Auftauchen der damals neuen Elektronentheorie und schreibt dazu:

Weder aus der Energetik noch aus der Phänomenologie kam ein Hoffnungsstrahl auf eine nicht-mechanistische Erklärung der Welt, sondern aus der Atomtheorie. Ich muss wohl nicht darauf hinweisen, dass ich die moderne Elektronentheorie meine.

Hierin kommt Boltzmanns Überzeugung zum Ausdruck, der einseitige mechanistische Standpunkt werde nicht durch die Energetik, sondern im Ergebnis des weiteren Fortschritts der Atomistik und ihrer neuen Entwicklungsstufe, der Elektronentheorie, überwunden werden.

Boltzmanns Auftreten gegen Ostwald machte auf die Wissenschaftler großen Eindruck.⁷³ S. Arrhenius schrieb dazu an G. Tammann:

Mit der Energetik hat er (Ostwald - d. Aut.) kein besonderes Glück. Boltzmann hat ihm das ganze System kaputtgemacht. [165]

Am 16. Februar 1896 schrieb S. Arrhenius an Ostwald:

Ich habe mit größtem Interesse die neuesten Veröffentlichungen von Ebert, Planck und Boltzmann über die Energetik gelesen. Plancks Auftreten hat mich sehr befremdet; ich, wie wohl die meisten Anderen, glaubte, dass er mit den Entwicklungen der Energetik sympathisierte. Wirst Du oder jemand anderer Boltzmanns Aufsatz beantworten? [146]

In einem Brief an G. Tammann vom 28. April 1896 meint Arrhenius:

Was den Energiestreit betrifft, so ist es kein Wunder, dass Ostwald nichts antwortet... Das Schwierigste ist, dass wohl kaum etwas auf den Boltzmannschen Angriff zu erwidern ist... [165]

Diese Tatsache lag aber bei weitem nicht so klar auf der Hand, wie es hier klingt. Sogar

⁷³Viele Fakten sprechen dafür, dass Boltzmanns Auftritte, in denen er den Atomismus verteidigte, und seine Vorlesungen über Naturphilosophie großen Erfolg hatten. So schrieb 1903 der russische Physikochemiker P. D. Chrustschow aus dem Ausland an N. A. Umow: „... ich habe eine glänzende Vorlesung Boltzmanns aus seinem Zyklus über Naturphilosophie gehört, die er vor überfülltem Auditorium hielt. Mindestens 350 Menschen waren da, obwohl er diese Vorlesung schon das zweite Mal hielt ...“ [238].

Boltzmann selbst verlor manches Mal die Nerven, weil es ihm schien, dass er ganz allein gegen die „Heerscharen“ der Energetiker kämpfte. Besonders oft hatte er dieses Gefühl an seiner Arbeitsstelle, der Wiener Universität, wo Mach ziemlich großen Einfluss hatte. Wie ernst der Angriff, den Ostwald gegen die kinetische Gastheorie gestartet hatte, zu nehmen war, kann man aus einem Vorwort, das Boltzmann 1898 zum zweiten Band seiner „Theorie der Gase“ geschrieben hat, ersehen:

Als der erste Teil der Gastheorie gedruckt wurde, hatte ich bereits ein Manuskript für den vorliegenden zweiten und letzten Teil fast vollständig fertig, in welchem die schwierigeren Partien derselben nicht behandelt wurden. Gerade in dieser Zeit aber mehrten sich die Angriffe gegen die Gastheorie. Ich habe nun die Überzeugung, dass diese Angriffe lediglich auf Missverständnissen beruhen und dass die Rolle der Gastheorie in der Wissenschaft noch lange nicht ausgespielt ist... Es wäre daher meines Erachtens ein Schaden für die Wissenschaft, wenn die Gastheorie durch die augenblicklich herrschende ihr feindselige Stimmung zeitweilig in Vergessenheit geriete wie z. B. einst die Undulationstheorie⁷⁴ durch die Autorität Newtons.⁷⁵

Wie ohnmächtig der Einzelne gegen Zeitströmungen bleibt, ist mir bewusst. Um aber doch, was in meinen Kräften steht, dazu beizutragen, dass, wenn man wieder zur Gastheorie zurückgreift, nicht allzu viel noch einmal entdeckt werden muss, nahm ich in das vorliegende Buch nun auch die schwierigsten, dem Missverständnisse am meisten ausgesetzten Teile der Gastheorie auf und versuchte davon wenigstens in den Grundlinien eine möglichst leicht verständliche Darstellung zu geben. [239]

Eine wesentliche Rolle im Kampf mit der Energetik spielte - M. Planck, allerdings unterschied sich seine Position in der Polemik gegen Ostwald wesentlich von der Boltzmanns.⁷⁶ Boltzmann kritisierte Ostwald vom Standpunkt der Atomistik, der kinetischen Theorie der Materie aus, während die Polemik zwischen Planck und Ostwald sich im Rahmen der Thermodynamik abspielte.

Planck bewies in seinen Artikeln und in seinen Briefen an Ostwald, dass letzterer eine Reihe thermodynamischer Funktionen und Beziehungen und auch den zweiten Hauptsatz falsch interpretierte.

i In seiner „Wissenschaftlichen Selbstbiographie“ schreibt Planck, im Kampf zwischen Atomismus und Energetik hätten sich hauptsächlich Boltzmann und Ostwald gegenübergestellt, er habe nur die Rolle von Boltzmanns Sekundanten gespielt. Es sei

⁷⁴= Wellentheorie (Anm. d. Übers.).

⁷⁵Diese Einschätzung der Lage in der Wissenschaft des ausgehenden 19. Jahrhunderts ist natürlich, wie aus dem bisher Dargelegten hervorgeht, falsch, weil damit die Erfolge der Energetik und ihr Einfluss auf das Denken der Wissenschaftler jener Zeit bedeutend überschätzt werden. Diese Worte haben wohl am ehesten psychologische Wurzeln, sie sind keinesfalls das Resultat einer nüchternen Einschätzung des Kräfteverhältnisses zwischen Energetikern und ihren Gegnern.

⁷⁶Einstein schrieb über eine Arbeit Plancks: „Keinesfalls dürfen wir die 1896 erschienene polemische Arbeit ‚Gegen die neue Energetik‘ vergessen, denn sie hatte zweifelsohne auf alle, die auf diesem Gebiet arbeiteten, großen Einfluss. Sie ist eine meisterhaft geschriebene kurze Notiz, in der gezeigt wird, dass die Energetik als Mittel für Voraussagen nichts wert ist und sogar mit unhaltbaren Begriffen operiert. Für jeden Verfechter wahrhaft wissenschaftlichen Denkens ist die Lektüre dieser Notiz eine Entschädigung für allen Ärger, den er beim Lesen der Arbeiten, gegen die hier der Kampf geführt wird, empfunden hat“ [240].

Boltzmann gar nicht recht gewesen, dass er (Planck) der Atomtheorie, die ja die Grundlage von Boltzmanns gesamter Forschungsarbeit bildete, nicht nur gleichgültig, sondern sogar ein wenig ablehnend gegenübergestanden habe. Der Grund dafür sei gewesen, dass er damals dem Prinzip von der Entropiezunahme genau wie dem Prinzip von der Energieerhaltung universelle Anwendbarkeit zugeschrieben habe, während nach Boltzmann das erste der genannten Prinzipien nur ein Wahrscheinlichkeitsgesetz sein sollte.

i Der Briefwechsel zwischen Planck und Ostwald begann im Jahre 1890 und beschäftigte sich in der ersten Zeit nur mit Problemen der Theorie der elektrolytischen Dissoziation. Von 1891 an ging die Diskussion dann hauptsächlich um Ostwalds Buch „Chemische Energie“, den ersten Teil vom 2. Band des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ (2. Auflage), und Plancks Buch „Vorlesungen über Thermodynamik“ [146].

1896 gab es, nach dem Planck erklärt hatte, er träte gegen die neue Energetik auf (Brief vom 27. Dezember 1895), eine zeitweilige Unterbrechung der Korrespondenz; 1898 begann sie mit einer Diskussion über das Problem der Unumkehrbarkeit von neuem. Und wieder gingen die Ansichten der beiden Gelehrten in wesentlichen Punkten, besonders in der Frage der Zweckmäßigkeit einer Unterteilung der Vorgänge in reversible und irreversible, weit auseinander.

i In einem Brief vom 20. März 1892 schrieb Planck, dass ihm Ladenburg den Entwurf eines Aufsatzes geschickt habe, in dem er gegen die von Ostwald aufgestellte Analogie zwischen verschiedenen Energieformen auf Grund von Dimensionsüberlegungen auftrete.

Weiter schreibt Planck in dem Brief, er sei nicht einverstanden mit Ostwalds These, dass man jede Energie in zwei Faktoren zerlegen könne. Das träfe zwar für alle Energieformen zu, die vollständig in Arbeit umwandelbar sind, es ergebe sich jedoch die Frage, ob diese Eigenschaft allen Energieformen eigen sei. Er fährt fort:

i Aber es scheint mir ganz deutlich zu sein, dass das nicht der Fall ist. Die Analogie würde verlangen, dass die gesamte Wärmeenergie durch ein Produkt dargestellt wird. Stattdessen haben wir die Gleichung $dQ = TdS$. Abgesehen davon, dass dies nur eine Differentialgleichung ist, die gar nicht für die endlichen Größen gilt, ist auch dQ gar nicht Wärmeenergie des Gebildes, sondern nur ein Teil derselben; denn ein anderer Teil wird durch äußere Arbeit (z. B. Kompressionsarbeit) geliefert.

Ich will diese Gedanken nicht weiter verfolgen, da ich hier keinen Boden mehr unter den Füßen sehe. Nur das Eine sehe ich, dass eine wirkliche Gültigkeit des Satzes von der Zerlegbarkeit der Energie in zwei Faktoren verlangen würde: Wärme (endlich) = Temperatur · Entropie (endlich). Diese Gleichung findet aber nicht statt; also hört hier für mich die Analogie auf. [146, S. 42]

Auf das gleiche Problem kommt Planck dann in einem Brief vom 25. Juni 1893 zurück, in dem er Ostwald die Übersendung einer kleinen Arbeit zum zweiten Hauptsatz ankündigt. Er schreibt:

Da ich weiß, dass Sie in den wesentlichsten Punkten nicht mit mir übereinstimmen, hoffe ich Ihnen dadurch meine Auffassung deutlicher zu machen.

Weiter schreibt er, er habe sich bemüht, immer nur von solchen Größen zu reden, die klar definiert seien und in jedem besonderen Fall durch Messung bestimmt werden könnten, so dass eine Entscheidung darüber möglich sei, ob die ausgesprochenen Sätze

wahr oder falsch seien. Dann fährt er fort:

Leider kann ich zu dieser Entscheidung bezüglich Ihrer Theorie der Energetik immer noch nicht gelangen. Wenn ich z. B. nur wüsste, was Sie unter der Wärmeenergie verstehen! Da Energie Substanz ist (wie ich sehr gern zugeben will), so muss doch die Menge der in einem bestimmten Gebilde enthaltenen Wärmeenergie durch eine bestimmte Zahl ausdrückbar sein. Sie sprechen aber immer nur von dem Differential dQ , also von einer variablen Größe.

Nimmt man aber die Summe dQ , so ist das eine Größe, die gar keinen bestimmten Wert hat, weil ja die Gesamtwärme, die ein Körper aufnimmt, wenn er in einen bestimmten Zustand gebracht wird, von dem Wege der Überführung abhängt. [146, 5. 45]

M. Planck stellt fest, er habe in Ostwalds entsprechenden Arbeiten „nirgends Gesetze entdecken können, die hätten überprüft werden können, sondern immer nur Definitionen, und beileibe keine präzisen“. Dem gleichen Problem, der Interpretation der Wärmeenergie, ist auch ein Brief Plancks an Ostwald vom 27. April 1892 gewidmet. Hier dankt er zuerst für die Übersendung der Arbeit von Gibbs, deren Bedeutung für ihn durch die neuerliche Lektüre noch gestiegen sei [146, S. 42].

Er polemisiert dann gegen die Ostwaldsche Interpretation der Gibbsschen Gleichungen und gegen die von Ostwald gegebene Herleitung eines „Gesetzes des Geschehens“ aus diesen Gleichungen⁷⁷. Planck weist nach, dass Ostwald die Gibbsschen Gleichungen falsch anwendet.

Weiter polemisierte Planck in diesem Brief gegen Ostwald wegen der Volumenergie. Nach Ostwald hat diese Energie, je nachdem, ob der Druck konstant ist oder nicht, unterschiedliche Werte. Danach würde also die Volumenergie nicht nur vom momentanen Zustand des Systems, sondern auch noch von den Änderungen dieses Zustands abhängen.

Damit würde aber nach Plancks Meinung die Existenz einer Volumenergie überhaupt unmöglich, denn die Energie sei eine Größe, die nur vom momentanen Zustand eines Systems und niemals von dessen Vorgeschichte abhängen. In dieser Eigenschaft liege gerade die große Bedeutung der Energie; ohne sie werde auch der Energieerhaltungssatz illusorisch.

Wenn man von einer Volumenergie sprechen wolle, so müsse man sie durch das Produkt pV , aber niemals durch das Integral $\int p dV$, das keinen bestimmten Wert ergebe, charakterisieren. Planck unterstreicht, man müsse unbedingt Größen, die Zustandsfunktionen eines Systems sind (die Energie, die Entropie u. dgl.), streng von solchen unterscheiden, deren Wert von der Vorgeschichte des Systems abhängig ist (die äußere Arbeit, die Reaktionswärme u, dgl.); das sei in der Wärmelehre schon seit Clausius eine anerkannte Wahrheit.

Im Falle eines idealen Gases sei die Energie überhaupt nicht vom Volumen, sondern nur von der Temperatur abhängig. Wenn sich ein ideales Gas ohne Leistung einer äußeren Arbeit ausdehne, so vergrößere sich sein Volumen, aber seine Energie ändere sich nicht,

⁷⁷In seiner Selbstbiographie schreibt Ostwald [105, II., 5.174], dass ihn besonders beschäftigte, dass in der Mehrzahl der Gibbsschen Gleichungen Ausdrücke für verschiedene Energieformen auftauchten, deren jeder das Produkt zweier Faktoren - eines Intensitätsfaktors und eines Kapazitäts- (Quantitäts-) faktors - war.

obwohl nach Ostwald die Energie entsprechend der Abnahme des Druckes abnehmen müsste.

Ein weiterer Streitpunkt zwischen Ostwald und Planck war die Frage, ob es eine Analogie zwischen dem Übergang von Wärme von einem Körper mit höherer Temperatur auf einen mit niedrigerer und dem Herabfallen eines Körpers aus größerer Höhe auf eine geringere gebe. Ostwald sah eine solche Analogie und folgerte daraus, dass für den Beweis des zweiten Hauptsatzes der Irreversibilitätsbegriff nicht wesentlich sei; ferner lehnte er die Existenz eines absoluten Nullpunktes der Temperatur ab, indem er darauf verwies, man könne, genauso wie man nur Höhendifferenzen messen könne, immer nur Differenzen von Temperaturen messen.

In dieser Frage führte Ostwald die Linie von S. Carnot weiter, der diese Analogie entwickelt hatte, während Planck die Ideen von Clausius weiterentwickelte und vertiefte, der der Wärme unter allen Energieformen wegen der Irreversibilität, die ein Spezifikum der Wärme darstellt, eine Sonderstellung zugewiesen hatte. Planck meinte, dieser Streit sei durch die Erfolge der Atomistik entschieden. Er schreibt:

Nach den Ideen der Atomistik ist der Wärmeübergang von einem wärmeren auf einen kälteren nicht dem Fall eines Körpers ähnlich, sondern eher einem Mischungsprozess, der darin besteht, dass sich zwei in einem Gefäß befindliche verschiedene Sorten von Pulvern, die anfangs in zwei Schichten übereinander liegen, beim mehrmaligen Umschütteln des Gefäßes vermischen.

Wenn das geschieht, schwankt der Zustand des Pulvers nicht etwa zwischen einem Zustand vollständiger Mischung und einem vollständiger Isolierung; die Zustandsänderung verläuft sofort in einer bestimmten Richtung, und zwar in Richtung auf die vollständige Vermischung, und infolge der Irreversibilität des Prozesses kommt es auch zum Abschluss der Vermischung. [146, S. 51]

In seiner Rede „Dynamische und statistische Gesetzmäßigkeit“ (1914) stellt Planck fest, es gebe eine Analogie zwischen dem Übergang einer Flüssigkeit von einem höheren Niveau auf ein tieferliegendes und dem Übergang von Wärme von einem Körper mit höherer Temperatur auf einen mit niedrigerer, und sagt weiter:

Kein Wunder, dass diese Analogie von einer auf die höchsten Ziele eingestellten, aber zu vorschnellen Verallgemeinerungen neigenden Richtung, der Energetik, ohne weiteres als der Ausfluss eines gemeinsamen großen ‚Prinzips des Geschehens‘ erklärt wurde, welches jedwede Veränderung in der Natur auf Energieaustausch zurückführen will und die verschiedenen Energieformen als selbständig und gleichwertig nebeneinanderstehend behandelt...

In Wirklichkeit ist die Analogie zwischen den beiden geschilderten Erscheinungen nur eine ganz oberflächliche, und die Gesetze, nach denen sie verlaufen, sind durch eine tiefe Kluft voneinander geschieden, Denn, wie die Gesamtheit aller heute vorliegenden Erfahrungen mit voller Bestimmtheit zu behaupten gestattet, gehorcht die erste Erscheinung einem dynamischen, die zweite aber einem statistischen Gesetz, oder mit anderen Worten: Dass die Flüssigkeit von höherem auf tieferes Niveau sinkt, ist notwendig, dass aber die Wärme von höherer zu tieferer Temperatur übergeht, ist nur wahrscheinlich. [231, S. 88-89]⁷⁸

⁷⁸Planck übte nicht nur an falschen Ansichten Ostwalds zu vielen Fragen der Thermodynamik Kritik; 1920 machte er auch in seinem Vortrag „Die Entstehung und bisherige Entwicklung der Quantentheorie“ auf ein Verdienst Ostwalds aufmerksam, nämlich, dass er „mit Nachdruck darauf hinwies, dass manche umständliche Überlegung sich wesentlich abkürzen lässt, wenn man statt mit den kalorimetrischen Zahlen mit den Energien selber rechnet. Die in dem Ausdruck der Energie dann

In Russland, wo die materialistischen Traditionen sehr stark waren, stieß die Energetik unter den Naturforschern auf scharfe Ablehnung. D. I. Mendelejew, A. G. Stoletow, N. N. Beketow, D. P. Konowalow, N. A. Umow, I. A. Kablukow, N. S. Kurnakow u. a. verteidigten die Lehre von den Atomen und Molekülen und traten gegen die Energetik auf [148].

Schon vor der Entstehung der Energetik war A. M. Butlerow gegen Meinungen, die Atome und Moleküle seien nur Denkhilfsmittel, in der Realität nicht existierende Symbole, aufgetreten und hatte erklärt, der Atom- und Molekülbegriff mit allen sich daraus ergebenden Bezügen seien „keinesfalls Abstraktionen ohne realen Hintergrund. Wir können im Gegenteil behaupten, dass sie in einem ganz bestimmten Verhältnis zu dem, was wirklich in der objektiven Welt existiert und von uns auf dem gewöhnlichen Wege der Beobachtung, der Erfahrung und der Verallgemeinerung erkannt wird, stehen“ [242].

Im Jahre 1892, als die Energetik schon auf den Plan getreten war und ihren Angriff gegen den Atomismus gestartet hatte, schrieb Mendelejew:

Wenn man der modernen Chemie die Vorstellungen vom atomaren Aufbau der Materie nimmt, so wird es keinerlei Verständnis einer Vielzahl von sicheren Informationen mehr geben, und es beginnt eine Zeit des größten Empirismus. [243]

Später kam Mendelejew auf dieses Problem zurück und wies darauf hin, dass

in den letzten Jahren eine deutliche Tendenz gegen die Lehre von den Atomen und Molekülen festzustellen ist. Es gibt Gelehrte, die die Materie negieren, denn, so sagen sie, wir kennen nur die Energie, ... die Materie ist nur Energie. Diese meiner Meinung nach rein scholastische Vorstellung erinnert stark an jene Lehre, nach der es nichts gibt außer dem eigenen ‚Ich‘, da alles über das Bewusstsein wahrgenommen wird.

Man sollte annehmen, dass sich diese Vorstellungen ungeachtet aller Dialektik . . . in den Gehirnen einigermaßen gesunder Leute nicht halten können. [244]

Kritische Bemerkungen zur Energetik finden wir auch bei A. G. Stoletow [245]. Er erklärt Ostwalds Behauptungen, dass die Energie a priori existiere, dass sie sich durch absolute Leere fortpflanze, dass sie einen Druck besitze usw., für absurd.

Kritik an der Energetik übten nicht nur Physiker und Chemiker, sondern auch Biologen. So schrieb der berühmte Biologe E. Haeckel, ein Mitstreiter Ostwalds in dessen Kampf gegen die Religion:

Ostwald war bemüht, zu zeigen, dass alle Naturerscheinungen auf die Wirkung verschiedener Energieformen zurückgeführt werden können und dass die Materie selbst ein Produkt der Energie ist. Das wesentlichste Merkmal der Materie jedoch, ihre Ausdehnung oder Raumerfüllung, kann nicht von irgendeiner Energieauswirkung herrühren, sondern ist als Träger dieser Energie immer mit der Materie verbunden.

Die beiden Attribute der Substanz sind nicht einander untergeordnet, sondern beigeordnet, deshalb ist die konsequente Energetik genauso gegenstandslos wie der ihr ähnliche alte Leibnizsche ‚Dynamismus‘, sie ist eine moderne Form des ‚Spiritualismus‘ und führt weiter in den dualistischen Spiritualismus. [246]

In einem Aufsatz mit dem Titel „Jahr der Abrechnung und des Gedenkens“ beschreibt

zunächst noch unbestimmt bleibende additive Konstante ist später durch den relativistischen Satz von der Proportionalität zwischen Energie und Trägheit endgültig festgelegt worden“ [231].

K. A. Timirjasew, wie er 1903, sofort nach dem Erscheinen der „Vorlesungen über Naturphilosophie“ Ostwalds, dieses Werk kennenlernte und wie ihn besonders der überhebliche Satz, bald würde eine Zeit kommen, wo "die Atome nur noch im Staub der Bibliotheken existieren", empört hätte. Bald darauf reiste Timirjasew nach London, wo er die Arbeiten von Crookes, Rutherford u. a. kennenlernte. Darüber schreibt er:

Als sich meine Erregung über diese glänzenden Errungenschaften menschlichen Geistes, die jedem Wissenschaftler verständlich sein wird, gelegt hatte, war der erste Gedanke, der mir in den Kopf kam - Und was sagen nun die Herren Ostwald und Co.? Was ist nun mit ihrer Prophetie, die nicht einmal ein paar Wochen überdauert hat?? [247]

1904 schrieb P. Langevin:

Gegenwärtig haben wir eine Revolution in der Wissenschaft. Durch sie wird die Atomhypothese aus dem Schatten, in dem sie bisher belassen wurde, herausgeführt und durch eine Gegenüberstellung mit neuen Fakten aus dem Reich der Hypothesen ins Reich der Prinzipien überführt. [248]

Er vertrat die Meinung, die Atomhypothese, die sich uns bei strenger experimenteller Induktion fast unvermeidlich aufdränge, mache es möglich, Zusammenhänge zwischen einer gewaltigen Menge von Fakten aufzudecken, eine in hohem Maße allgemeine Synthese zu schaffen und eine bedeutende Anzahl von Erscheinungen vorauszusehen.

Natürlich konnten wir hier nur einen geringen Teil der Kritik die damals von den Naturwissenschaftlern an der Energetik geübt - wurde, anführen; die bedeutendsten Gelehrten jener Zeit traten einmütig gegen die Energetik auf. Nicht zufällig beklagten sich Ostwald und seine Anhänger über das „Unverständnis“, auf das ihre Ideen unter den Naturwissenschaftlern stießen.

Sie erklärten das damit, dass die letzteren zu sehr an traditionelle Denkweisen gebunden seien; sie verträten „überlebte“ Ansichten, damit „bremsten“ sie den Fortschritt.

Es wäre nun aber falsch zu meinen, die energetische Lehre hätte überhaupt keine Anhänger in der Wissenschaft gefunden. Ein bestimmter Kreis von Wissenschaftlern und besonders von Philosophen wurde von der „modischen“ Strömung der Energetik erfasst. In den Jahren 1900 bis 1908 erschienen nicht wenige Bücher und Broschüren, in denen die Grundlagen der Energetik propagiert wurden. Versuchen wir zu ergründen, wie es dazu kommen konnte.

Man könnte den vielgestaltigen Organismus der Wissenschaft bildhaft als eine Torte aus drei Schichten darstellen. Die unterste Schicht wird von den experimentellen und theoretischen Resultaten führender Forschungsgruppen der verschiedenen Länder gebildet; die zweite Schicht schließt die Praxis und die Lehre ein.

Neue, bedeutende Entdeckungen diffundieren allmählich aus der ersten Schicht in diese zweite, wirken sich in der Praxis aus und kommen in Lehrbüchern zum Ausdruck. Die Dauer dieses „Diffusionsprozesses“ kann in verschiedenen Epochen und für verschiedene Entdeckungen sehr unterschiedlich sein. In der Regel sind etwa 5 bis 15 Jahre erforderlich, bis eine bestimmte Entdeckung den Weg aus der wissenschaftlichen Literatur (gewöhnlich aus Zeitschriftenartikeln und ähnlichen Publikationen) bis in die Technik

und die Industrie zurückgelegt und in Lehrbüchern Eingang gefunden hat.

Die dritte Schicht schließlich umfasst die philosophische und populärwissenschaftliche Literatur, in der bestimmte wissenschaftliche Errungenschaften und Schlussfolgerungen philosophisch verarbeitet und propagiert werden. Diese Art Literatur, die für einen breiten Leserkreis bestimmt ist, vermittelt den aktuellen Stand der Wissenschaft oft nicht ganz richtig. Zeitweilig kann es vorkommen, dass subjektive Ansichten einzelner Wissenschaftler und „modische“ Strömungen darin die Oberhand gewinnen und die wahren Entwicklungslinien der Wissenschaft überdecken. Folglich entsteht je nachdem, welche dieser Schichten einer Analyse unterzogen wird, ein bestimmter Eindruck vom gegenwärtigen Stand der Wissenschaft, von ihren aktuellen Problemen.

Zeitweilig kann es für den Durchschnittsmenschen sehr schwierig sein, in die unterste Schicht vorzudringen. In der Regel kann er sich erst einige Zeit später unter den verschiedenen wissenschaftlichen Strömungen zurechtfinden und verstehen, aus welcher Richtung der „frische Wind weht“.

Das Urteil über den aktuellen Stand der Wissenschaft wird gewöhnlich auf der Grundlage der Literatur, die in großen Auflagen vorliegt und in allen Büchereien ins Auge springt, gebildet. So konnte bei den Lesern⁷⁹ der populärwissenschaftlichen Werke von H. Poincaré („Der Wert der Wissenschaft“, 1906; „Wissenschaft und Hypothese“, 1906; „Wissenschaft und Methode“, 1910) und W. Ostwald (Vorlesungen über Naturphilosophie, Leipzig 1902; Die Forderung des Tages, Leipzig 1910 u. a. m.) sehr wohl die Meinung Fuß fassen, die Atom- und Molekültheorie sei als unbewiesene Theorie schon auf dem Scherbenhaufen der Geschichte gelandet.

Hypothesen seien „Krücken“, deren die reife Wissenschaft nicht mehr bedürfe, nicht die Materie, sondern die Energie sei die Primärsubstanz u. dgl.

Wesentlich trug noch zur Popularisierung der „neuen“ philosophischen Richtung bei, dass ihre bedeutendsten Vertreter auch sehr talentierte Redner und Schriftsteller waren. Sie verstanden es ausgezeichnet, die Lehrsätze der „neuen“ Lehre leicht, frei und in bildhafter Sprache auszudrücken. Sie schrieben viele Bücher und Aufsätze naturphilosophischen Inhalts, während die Vertreter des Atomismus nur selten an dieser Front in den Kampf eingriffen. So konnte der Leser, besonders wenn er kein Fachmann auf dem Gebiet der Naturwissenschaften war, aus diesen Büchern leicht den Eindruck gewinnen, die grundlegenden Theorien des Materialismus seien zusammengebrochen.

W. I. Lenin beschrieb diese Situation einmal so, dass „durch und durch lügenhafte Broschüren über die Erkenntnistheorie in der Naturwissenschaft“ unter die Lesermassen gebracht worden seien.

Sehr schnell machten sich professionelle Philosophen daran, erkenntnistheoretische Schlüsse aus den neuesten „Entdeckungen“ der Physik zu ziehen. In Deutschland und Frank-

⁷⁹Die ersten Jahre des 20. Jahrhunderts waren von einem nie dagewesenen Interesse breiter Kreise von Menschen für sensationelle naturwissenschaftliche Entdeckungen geprägt. Die wissensdurstigen Leser interessierten sich brennend dafür, wie solche Entdeckungen das Weltbild beeinflussen, wohin die Entwicklung der Wissenschaft geht usw. Allgemein gehaltene Bücher zu solchen Problemen hatten den größten Erfolg, daraus wird verständlich, wieso die erwähnten Bücher von Ostwald und Poincaré in so hohen Auflagen und in vielen Sprachen erscheinen konnten.

reich, England und Russland fanden sich viele, die H. Poincare aufs Wort glaubten, dass die moderne Physik nur aus „Ruinen alter Theorien“ bestehe und die Physik der Zukunft „eine allgemeine Vernichtung der Prinzipien“ erfordere.

Es wurden viele Stimmen laut, die meinten, die „Physik habe den Materialismus widerlegt“, und eine Lösung der erkenntnistheoretischen Probleme dürfe man nur vom „modernen Positivismus“ erwarten.

Darum erhob sich ein ziemlich großer Lärm, und diese leere, professorale Philosophie brachte viele Leser vom vernünftigen Denken ab und warf einige von ihnen nach Lenins Worten „einer vulgären, formalen Philosophie in die Arme“. Der Eindruck hätte jedoch kaum entstehen können, wenn allgemein bekannt gewesen wäre, woran zu dieser Zeit (1900-1913) in den „Werkstätten der Wissenschaft“ gearbeitet wurde.

Dort war man gerade bei hochwichtigen Untersuchungen, und es wurden wissenschaftliche Probleme gelöst, deren Resultate in unmittelbarem Widerspruch zu den Behauptungen von Mach, Ostwald, Poincare oder Duhem standen.

Wenn man die Gesamtheit dieser Arbeiten unter einem Oberbegriff zusammenfassen will, könnte man sagen, alle „Attacken“ waren letzten Endes auf eine Festung - die Erkenntnis der komplizierten Welt der Atome und Moleküle - gerichtet. Von 1897 (dem Zeitpunkt der Entdeckung des Elektrons) bis 1913 wurden in den „Werkstätten der Wissenschaft“ so überzeugende Beweise für den Materialismus und die reale Existenz der Atome und Moleküle gefunden, dass in der Folge auch die überzeugtesten Anhänger der Energetik kapitulieren mussten.

5.5 Kritik der Energetik durch W. I. Lenin

Eine gründliche Analyse der Ostwaldschen Energetik, insbesondere natürlich ihres philosophischen Aspekts, ist in Lenins Werk "Materialismus und Empirioskritizismus" enthalten. Lenins Analyse der Ursachen für die Krise der Physik, der damit im Zusammenhang stehenden Erscheinungen und der Wege zu ihrer Überwindung ist in der philosophischen Literatur schon ausführlich erörtert worden.

Lenin zeigt in diesem Werk, welche philosophischen Richtungen durch die Schwierigkeiten, die es bei der Umstellung auf ein neues System von Vorstellungen in der Wissenschaft gab, „hochgepäppelt“ wurden. Er deckt ihre Wurzeln in der damaligen Zeit und die Verbindungen zu älteren philosophischen Strömungen auf und zeigt ihre Rolle im Kampf zwischen Materialismus und Idealismus.

Lenin beweist sehr überzeugend, dass die neuen „Ismen“, die behaupteten, über dem ewigen Kampf zwischen Materialismus und Idealismus zu stehen, praktisch „alte Weisen auf eine neue Melodie“ waren und in ihrem Wesen alte Richtungen der Philosophie, angepasst an die neue Situation in der Wissenschaft, darstellten.

Vor allem kritisiert Lenin an Ostwald, dass jener versuchte, die unvermeidliche philosophische Alternative (Materialismus oder Idealismus) durch eine bestimmte Anwendung des Wortes „Energie“ zu umgehen. Lenin zeigt, dass Ostwalds bekannte Frage „Ist denn die Natur verpflichtet, aus Subjekt und Prädikat zusammengesetzt zu sein?“ die gedankliche Beseitigung der Materie als des ‚Subjekts‘ aus der Natur‘ und eine

„stillschweigende Aufnahme des Gedankens als ‚Subjekt‘ (d. h. als etwas Primäres, Ursprüngliches, von der Materie Unabhängiges) in die Philosophie" bedeutet [241, S. 270-271].

Ostwald war der Meinung, in der Energetik trete die Grundfrage der Philosophie über das Verhältnis von Materie und Bewusstsein nicht auf. Insbesondere behauptete er, die Energetik, die die Existenz einer psychischen Energie postulierte, würde den Weg dazu freimachen, das Problem der Wechselbeziehungen zwischen Körper und Geist in die gleiche Kategorie einzuordnen wie das Problem der Wechselbeziehungen zwischen chemischer und elektrischer Energie.

W. I. Lenin deckt Ostwalds Inkonsistenz auf und verweist besonders auf all jene Punkte, wo Ostwald in den Idealismus abgeleitet. So führt Lenin eine Stelle aus den „Vorlesungen über Naturphilosophie" an, wo Ostwald behauptet, die Widerspiegelung der Erscheinungen (aller Prozesse zwischen Energien) sei deshalb adäquat, weil „eben unsere Bewusstseinsvorgänge selbst energetische sind und diese ihre Beschaffenheit allen äußeren Erfahrungen aufprägen“, und schreibt dazu:

Das ist reiner Idealismus: nicht unser Denken widerspiegelt die Verwandlung der Energie in der Außenwelt, sondern die Außenwelt widerspiegelt die ‚Beschaffenheit‘ unseres Bewusstseins! [241, S. 272]

Weiter spricht Lenin davon, dass die Naturwissenschaft Energieumsetzungen als objektive Prozesse betrachte, und stellt fest:

Auch bei Ostwald selbst wird in einer Unmenge von Fällen, wahrscheinlich sogar in der übergroßen Mehrzahl der Fälle (Hervorhebung von uns - d. Aut.), unter Energie die materielle Bewegung verstanden. [241, S. 272]

Dieser Umstand, unterstreicht Lenin, sei die Ursache für die Kritik an Ostwald ‚von rechts‘, d.h. von idealistischer Seite gewesen. Lenin führt als Beispiel für eine solche Kritik die folgenden Worte von A. Bogdanow an:

Die dem Atomismus feindliche, im übrigen aber dem alten Materialismus sehr verwandte Energetik weckte meine wärmsten Sympathien.

Bald bemerkte ich jedoch in seiner (Ostwalds- d. Übers.) Naturphilosophie einen wichtigen Widerspruch: obzwar er viele Male die rein methodologische Bedeutung des Begriffs Energie hervorhebt, hält er sich selbst in einer Unmenge von Fällen nicht daran. Die Energie verwandelt sich bei ihm aus einem reinen Symbol der Wechselbeziehungen zwischen Erfahrungstatsachen immer wieder in die Substanz der Erfahrung, in die Weltmaterie ... [241, S. 273]

Ein Stück weiter heißt es bei Bogdanow:

Wenn man die Energie als Substanz darstellt, so ist das nichts anderes als der alte Materialismus abzüglich der absoluten Atome - Materialismus mit einer Korrektur im Sinne der Kontinuität des Seienden. [a.a.O.]

Bogdanow meint also, Ostwalds Energetik sei dasselbe wie der alte Materialismus, nur mit dem Unterschied, dass sie das „diskrete“ Weltbild durch ein „kontinuierliches" ersetze.⁸⁰

⁸⁰Während der mechanische Materialismus, der von Ostwald am schärfsten kritisierte Gegenstand, den

Weiter führt Lenin ein Zitat von P. Carus an, der Ostwald ganz „auf Bogdanowsche Weise“ kritisiert, indem er sagt: „Materialismus und Energetik gehören unbedingt ein und derselben Kategorie an“ [241, S. 274].

Eine gewisse Gruppe von Philosophen (Bogdanow, Carus) zählte also Ostwalds Energetik zum Materialismus, andere wiederum sahen in Ostwald einen Vertreter des Dynamismus.

W. I. Lenin führt dazu Äußerungen des Neukantianers Cohen (1896) an, der von einer „Durchwirkung ... der neueren Physik“ durch den Idealismus sprach und sagte, der Atomismus hätte der Dynamik weichen müssen. Lenin meint dazu:

Cohen nimmt die philosophische Grundtendenz jener physikalischen Schule, die heute mit den Namen Machs, Poincares u. a. verbunden ist, und charakterisiert diese Tendenz richtig als idealistisch. ‚Die Verwandlung der Materie in die Kraft‘ scheint für Cohen die wichtigste Errungenschaft des Idealismus zu sein... [241, S. 284]

Lenin zitiert auch eine Einschätzung der damaligen Physik durch E. v. Hartmann, der drei erkenntnistheoretische Systeme herausstellt: die Hylokinetik, die die physikalischen Erscheinungen als Bewegung von Materie auffasst, die Energetik und den Dynamismus (d. h., die alleinige Anerkennung der Kraft ohne Materie), und weist darauf hin, dass „der Verfasser die Energetik ganz richtig als Zwittersystem betrachtet und sie als Agnostizismus bezeichnet“. Freilich sei sie ein „Bundesgenosse des reinen Dynamismus, denn sie entthront den Stoff“ [241, S. 287]. Ostwalds Energetik sei „ein verworrener Agnostizismus, der hier und dort in den Idealismus hineinstolpert“ [241, S. 229].

Lenin zeigt also, wie vergeblich Ostwalds Bemühen war, sich über den Zweikampf von Materialismus und Idealismus zu erheben, deckt die Inkonsequenz der Energetik auf ebenso wie Ostwalds erkenntnistheoretische Unentschlossenheit, die ihm Kritik sowohl von „rechts“ als auch von „links“ einbrachte, und beweist den Zusammenhang zwischen der Herausbildung der Energetik und der konkreten Situation in der Wissenschaft, in erster Linie in der Physik. Er hebt hervor:

Ostwalds Energetik ist ein gutes Beispiel dafür, wie rasch eine ‚neue‘ Terminologie zur Mode wird und wie rasch es sich zeigt, dass eine etwas veränderte Ausdrucksweise nicht im mindesten die philosophischen Grundfragen und die philosophischen Grundrichtungen beseitigt. In den Termini der ‚Energetik‘ kann man (natürlich mehr oder minder konsequent) den Materialismus und den Idealismus ebensogut ausdrücken wie in den Termini der ‚Erfahrung‘ usw. Die energetische Physik ist eine Quelle neuer idealistischer Versuche, die Bewegung ohne Materie zu denken... [241, S. 274]

W. I. Lenin verfolgte alle Auftritte von Naturwissenschaftlern gegen die Energetik mit großem Interesse und verwendete in großem Maße Material, das er aus Veröffentlichungen von L. Boltzmann, A. W. Rücker, M.-A. Cornu u. a. gegen die Naturphilosophie Ostwalds entnahm.

Wie schon früher gezeigt wurde, standen noch viele bedeutende Physiker und Chemi-

diskreten Charakter der Natur verabsolutierte, verabsolutierte Ostwalds Energetik die Kontinuität der Natur.

ker diesen materialistischen Wissenschaftlern, auf die sich Lenin beruft, nahe; sie alle verteidigten entschlossen die materialistische Erkenntnistheorie.

Offensichtlich wussten weder W. Ostwald noch seine Gegner davon, dass 1908 Lenins Buch „Materialismus und Empiriokritizismus“ erschienen war. In Ostwalds Selbstbiographie, die er in der zweiten Hälfte der 20er Jahre geschrieben hat, finden wir keinerlei Hinweis darauf. Wie das zu erklären ist, ob er es bewusst verschweigt, oder ob es ihm gar nicht vor Augen gekommen ist, wissen wir nicht.

Die zweite Möglichkeit ist jedoch die wahrscheinlichere. Im Ausland wurde „Materialismus und Empiriokritizismus“ erst in den 30er Jahren bekannt, als einige Naturwissenschaftler auf marxistische Positionen umschwenkten (Langevin, Bernal u. a.), allerdings auch da nur einem eng begrenzten Kreis.

5.6 Ostwalds Revision seines Verhältnisses zur Atomistik und das weitere Schicksal der Energetik

Die 90er Jahre des 19. und das erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts brachten neue, bedeutende Erfolge für die Atomistik, durch die sie ein neues Entwicklungsstadium erreichte. Dazu gehören der Beweis der diskreten Natur der Elektrizität sowie die Entdeckung des Elektrons, der Röntgenstrahlen und der Radioaktivität, die den Beginn einer neuen Epoche der Wissenschaft verkündeten.

1905 arbeitete Einstein eine Theorie der Brownschen Bewegung aus, durch die Beobachtungsgrößen (z. B. die mittlere Weglänge eines bestimmten Teilchens in einer festgelegten Zeit) mit dem Teilchendurchmesser und der Teilchenzahl im betrachteten Medium verknüpft wurden.

Experimentelle Untersuchungen der Brownschen Bewegung an in einer Flüssigkeit aufgewirbelten Teilchen durch Perrin lieferten einen Beweis für die „diskrete“ Struktur der Materie (1908-1910) und waren eine volle Bestätigung für alle Schlussfolgerungen aus der eben erwähnten Einsteinschen Theorie. Insbesondere wurde bei diesen Untersuchungen auch die Avogadrosche Zahl bestimmt, damit war diese Größe bis zum Jahre 1909 nach 14 verschiedenen Methoden ermittelt worden.

A. Einstein stellt in einem seiner Bücher fest:

Meine Arbeiten zur Theorie der Brownschen Bewegung, die Übereinstimmung der darin entwickelten Theorie mit dem Experiment, sowie die von Planck durchgeführte Bestimmung der wahren Molekülgröße aus dem Strahlungsgesetz (bei hohen Temperaturen) überzeugte die damals zahlreichen Skeptiker (Ostwald, Mach) von der Realität der Atome.⁸¹ [240, S. 149]

1909 beschloss Perrin seine Arbeit „Die Brownsche Bewegung und die wahre Existenz der Moleküle“ mit folgenden Worten:

⁸¹A. Einstein brachte die negative Einstellung von Ostwald und Mach zur Atomtheorie mit deren positivistischen Anschauungen in Zusammenhang. „Die Voreingenommenheit dieser Wissenschaftler (Ostwald, Marh) gegen die Atomtheorie war zweifellos auf deren positivistische philosophische Einstellung zurückzuführen. Dies ist ein interessantes Beispiel dafür, wie sogar Gelehrte mit ‚kühnen Ideen‘ und ‚feiner Intuition‘ durch philosophische Vorurteile an der richtigen Interpretation von Fakten gehindert werden können“ [a. a. O.].

Angesichts der Tatsache, dass so außerordentlich verschiedene Erscheinungen zu fast demselben Werte führen, ist es schwer, wenn nicht unmöglich, ein Gegner der Molekularhypothese zu sein. Ich denke, von nun an wird es schwer sein, die der Molekularhypothese feindlichen Bestrebungen zu verteidigen, Diese Hypothese muss jeden für sich einnehmen, und sie wird genausoviel Glauben finden wie die Hauptsätze der Energetik. [249]

Auch H. Poincare kam nicht umhin zuzugeben, dass „die alten mechanistischen und atomistischen Hypothesen sich in letzter Zeit so befestigt haben, dass sie aufhörten, uns als Hypothesen zu erscheinen; die Atome sind nicht mehr bloß eine bequeme Vorstellung ... Das chemische Atom ist somit eine Realität“ [250].

Ähnliche Gedanken äußerte auch J. van der Waals im Jahre 1911 [251].

Im Resultat all dieser Entdeckungen musste Ostwald öffentlich bekennen, dass die neuesten Forschungen überaus eindrucksvolle Beweise für die Existenz des Atoms geliefert hätten. 1909 schrieb er:

Ich habe mich überzeugt, dass wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Natur der Stoffe gelangt sind, welche die Atomhypothese seit Jahrhunderten, ja Jahrtausenden vergeblich gesucht hatte. Die Isolierung und Zählung der Gasionen einerseits ... und die Übereinstimmung der Brownschen Bewegungen mit den Forderungen der kinetischen Hypothese andererseits ... berechtigen jetzt auch den vorsichtigen Wissenschaftler, von einem experimentellen Beweise der atomistischen Beschaffenheit der raumfüllenden Stoffe zu sprechen. Damit ist die bisherige atomistische Hypothese zum Range einer wissenschaftlich wohlbegründeten Theorie aufgestiegen. [15, S. IV]

Am 28. November 1908 schrieb van't Hoff in sein Tagebuch: „Ostwald hat mich besucht. Er ist bekehrt und erkennt das Molekül an“ [252].

So kläglich endete also der Feldzug des Energetikers Ostwald gegen den Atomisten Ostwald, eines Wissenschaftlers, unter dessen Leitung hervorragende Untersuchungen auf dem Gebiet der Kinetik und Katalyse ausgeführt worden waren. Aufmerksamkeit verdient folgender interessanter Umstand: In der Entstehungszeit der Energetik leitete Ostwald ja das Leipziger Physikalisch-chemische Institut, wo intensivste experimentelle Forschungsarbeit geleistet wurde, und nicht ein einziges experimentelles Problem wurde von ihm im Sinne seiner Energetik gelöst!

1910 erschien Ostwalds Buch „Die Entwicklung der Elektrochemie in gemeinverständlicher Darstellung“, dem er ein abschließendes Kapitel über das Elektron beifügte. Hierin kommt er zu dem Schluss, die Elektronenlehre müsse „auf die Gesamtheit der chemischen Verbindungen“ ausgedehnt werden, und die neuesten Entdeckungen der Physik und der Chemie hätten Material für den Aufbau einer neuen Theorie des Alls - einer elektrodynamischen Theorie - geliefert [66].

Über die Entdeckung des Elektrons durch J. Thomson (1897) schreibt Ostwald: „... es ging ihm wie Saul. Statt seines Vaters Esel, nämlich die alten runden Atome, zu finden, fand er ein Königreich, nämlich das Elektron“ [67, S. 200].

Große Bedeutung maß Ostwald auch der Entdeckung der Radioaktivität bei. 1912 schreibt er darüber:

Wir haben es hier mit der konzentriertesten Form der Energie zu tun, welche bisher überhaupt in der Natur angetroffen worden ist. Dementsprechend lässt sich auch erwarten, dass diese so überaus konzentrierte Energie, die bei der Selbstzersetzung des Radiums entsteht, Wirkungen ausüben muss, die durch die anderen weniger konzentrierten Energieformen niemals hervorgebracht werden. [38, S. 823]

In den Jahren, als Ostwald antiatomistische Positionen vertreten hatte, hatte er in all seinen Lehrbüchern der Chemie besonderen Wert auf das Gesetz von der Erhaltung der Elemente gelegt. Er hatte unterstrichen, dies sei eines der Grundgesetze der physikalischen Welt, es sei prinzipiell unmöglich, Elemente ineinander umzuwandeln.

Nach der Entdeckung der Radioaktivität musste Ostwald wie die meisten anderen diese Meinung revidieren, Die neuesten Erfolge auf den Grenzgebieten zwischen Physik und Chemie, insbesondere die Entdeckung der radioaktiven Elemente, brachten nach Ostwalds Worten das in der Chemie für unumstößlich geltende Gesetz von der Erhaltung der Elemente ins Wanken.

In diesem Zusammenhang schreibt er:

Nun haben bereits seit längerer Zeit Astronomen, denen die verschiedenen Himmelskörper seit mehr als einem Jahrhundert als Repräsentanten der verschiedenen Entwicklungsstufen veränderlicher Gebilde gegolten haben, auf Grund spektralanalytischer Befunde die Möglichkeit erörtert, dass auch die chemischen Elemente einer kosmischen Umbildung und Entwicklung unterworfen sein mögen. [67, S. 207]

Er fasst seine Einstellung zu dieser Frage in den Worten zusammen:

Wir werden also sachgemäßer die Gesamtheit der Naturerscheinungen so aufzufassen haben, dass wir von keinem der bekannten Gesetze eine absolute Zeitlosigkeit behaupten dürfen. [67, S. 208]

Ostwald erkannte also nunmehr die „körnige“ Natur der Stoffe an, trotzdem war er aber nicht bereit, alle Aspekte seiner Einstellung zur Atomistik zu revidieren. Insbesondere zog er auch nach der Anerkennung des Sieges der Atomtheorie nicht alle sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen und verzichtete auf die vollständige Überarbeitung seiner Lehr- und sonstigen Bücher in diesem Sinne, wie aus dem folgenden Beispiel klar wird:

Er betont nunmehr in seinen Arbeiten, die Stärke der Atomistik liege darin, viele Erscheinungen erklärbar zu machen, verschweigt aber, dass die Atomistik schon vom Moment ihrer Entstehung an überzeugend bewiesen hatte, welche Möglichkeiten für Voraussagen sie besitzt, und dass im Laufe ihrer Entwicklung diese vorausschauende Wirkung immer weiter zugenommen hat.

Ostwald hebt besonders hervor, die Atomhypothese habe sich den neuen Tatsachen angepasst, und ignoriert den Umstand völlig, dass die Entdeckung eines großen Teils der neuen Fakten in Physik und Chemie auf die Atomhypothese zurückzuführen war; diese Fakten hatte die Atomhypothese vorausgesagt und in die Wissenschaft hineingetragen. Noch in einem anderen Punkt besteht Ostwald auch weiterhin auf der Richtigkeit seiner Positionen, und zwar in der Frage über den Zusammenhang der stöchiometrischen

Gesetze mit der Atomistik.

In seinem Aufsatz „Die stöchiometrischen Grundgesetze und die Atomtheorie“ schreibt er:

Bekanntlich ist durch die Forschungen der neuesten Zeit die Existenz der Atome insofern nachgewiesen worden, als die körnige oder diskrete Beschaffenheit der wägbaren Stoffe in einer Anzahl unzweideutiger Fälle experimentell aufgezeigt worden ist, wobei insbesondere die maßgebenden Zahlenwerte der entsprechenden Eigenschaften sich übereinstimmend mit den Forderungen der kinetischen Theorie erwiesen haben.

Es ist sehr bemerkenswert, dass diese langgesuchte Bestätigung der Atomhypothese keineswegs auf dem Felde gefunden worden ist, auf welchem man sie so lange als unersetzbar angesehen hat, nämlich dem stöchiometrischen, sondern dass Erscheinungen ganz anderer Art erst den Beweis ermöglicht haben... Die Existenz der stöchiometrischen Gesetze (d. h. der Gesetze der konstanten bzw. der multiplen Proportionen - d. Aut.) hat, wie wir jetzt einsehen, mit der Existenz oder Nichtexistenz der Atome gar nichts zu tun. [67, S. 194-195]

Die zitierte Stelle mündet also in die Behauptung, zur Herleitung der stöchiometrischen Gesetze, zu denen nach Ostwalds Meinung „noch ein besonderer, und zwar ein experimenteller Gedanke gehört“ [67, S. 189], sei die Atomtheorie unnötig.

Als Argument für die letztgenannte These führt Ostwald die Tatsache an, dass „J. B. Richter ein Dezennium vor Dalton für die Salze das Gesetz der Verbindungsgewichte ohne Mitwirkung der Atomtheorie“ gefunden habe und dass man auf Grund der Gedanken, die er in seinen letzten Arbeiten geäußert habe, annehmen könne, dass ihm „die Ausdehnung seines Gesetzes auf die Gesamtheit der chemischen Verbindungen gelungen wäre“, wenn ihn nicht ein früher Tod daran gehindert hätte [67, S. 189].

Nun besteht aber kein Zweifel daran, dass die Gesetze der Stöchiometrie entgegen Ostwalds Behauptungen nur mit Hilfe der Atomistik einen logischen Sinn bekommen, dass diese Gesetze erst nach der Einordnung in das System der Atom- und Molekülhypothese voll wirksam werden können.

Mit seiner Anerkennung des Atomismus verbindet Ostwald eine Betrachtung der Entwicklung der Atom- und Molekülvorstellungen; er spricht von der Umwandlung einer fruchtlosen Hypothese in eine fruchtbringende, wohlbegründete wissenschaftliche Theorie, unterscheidet also zwei Etappen, die in ihrer Bedeutung für die Wissenschaft ganz unterschiedlich einzuschätzen seien. Ostwald bleibt bei der Meinung, der Triumph der Atomistik habe die Grundlagen der Energetik nicht erschüttert; deren Lehrsätze seien unabhängig von der Anerkennung oder Ablehnung der Existenz des Atoms gültig geblieben.

Er meint, die Energetik habe den Kampf ums Dasein sehr gut überstanden, und sie habe ihre Grundthese, dass die Energetik die letzte und einzige Realität sei, gut über all die stürmischen Entwicklungen in der Physik um die Jahrhundertwende hinweggerettet.

Als Beweis dafür führt er an, die neuen Theorien würden der Energie eine Masse zuschreiben, also eine Eigenschaft, die früher nur den Stoffen zugeordnet worden sei. Damit meint er die berühmte Einsteinsche Gleichung $E = mc^2$.⁸²

⁸²Das ist übrigens nicht der einzige Versuch in dieser Richtung; nach der Entdeckung der Beziehung

Er kommt auch auf seine alte Polemik mit Boltzmann und Planck zurück und berichtet, in dem Streit, den er mit letzterem führte, habe dieser eine These aufgestellt, deren Bedeutung ihm (Ostwald) erst viele Jahre später, nachdem sich die Stürme des Kampfes zwischen Atomisten und Energetikern schon längst gelegt hatten, klar geworden sei; dies sei die Annahme gewesen, nicht nur die Stoffe, sondern auch die Energie sei atomistischer Natur.

In dieser Annahme sei die Vereinigung von Atomistik und Energetik vorweggenommen, die dann später von Planck mit seiner Quantentheorie erfolgreich verwirklicht worden sei.⁸³

Ostwald unterstreicht, der Kampf verschiedener wissenschaftlicher Meinungen führe dazu, dass in seinem Verlauf die unbeständigen Komponenten wissenschaftlicher Konzeptionen verworfen werden und im Ergebnis die invarianten Bestandteile zurückbleiben. So habe der Kampf, der in den 90er Jahren des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts in der Wissenschaft geführt worden sei, mit der Vereinigung von Atomistik und Energetik geendet.

Diese Worte Ostwalds geben das Resultat des Kampfes zwischen Atomistik und Energetik natürlich falsch wieder, denn er endete mit einer Niederlage der Energetik und einem vollständigen Triumph der Atomistik, die allen großen Entdeckungen des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts eine adäquate Erklärung geben und sich damit auf ein qualitativ neues Niveau erheben konnte.

Die Energetik konnte keinen ihrer Vertreter zu irgendeiner bedeutenden wissenschaftlichen Entdeckung „inspirieren“, sie brachte kein einziges Wissensgebiet voran. Nicht einmal in der Thermodynamik, die die Adepten der Energetik für die Grundlage aller Wissenschaften, in erster Linie der Naturwissenschaften hielten, konnte sie irgend etwas Wesentliches leisten.

Auch Ostwalds eigene Ausflüge in die Thermodynamik stellten keinen Schritt nach vorn; sondern eher eine Zickzacklinie abseits vom Hauptentwicklungsweg dieser Wissenschaft dar. Sie wurden mit Recht von einigen Wissenschaftlern, die viel auf dem Gebiet der Thermodynamik und ihrer Anwendung auf chemische Probleme geleistet hatten, hart kritisiert.

Wie wir schon festgestellt hatten, hängt die Herausbildung der Energetik untrennbar mit der Krise der mechanistischen Weltanschauung zusammen.⁸⁴

zwischen Masse und Energie unternahmen einige Philosophen den Versuch, die Einsteinsche Formel als Rehabilitation und Triumph des Dynamismus hinzustellen.

⁸³In Ostwalds Arbeiten aus der Zeit nach der Revision seines Verhältnisses zum Atomismus wird eine Reihe von hochwichtigen Ereignissen in der Physik überhaupt nicht erwähnt. Im allgemeinen sind es immer drei Gruppen von Arbeiten, die er als Grund für sein Umdenken anführt - die über den radioaktiven Zerfall, die über die Brownsche Bewegung (hauptsächlich die experimentellen Untersuchungen von Perrin, und die Beweise für die Existenz des Elektrons. Flüchtig erwähnt, Ostwald in seiner Selbstbiographie [105] die Arbeiten von Planck, in denen, wie ihm schien, eine Synthese von Energetik und Atomistik realisiert war.

Es entsteht der Eindruck, dass Ostwald, nachdem er begonnen hatte, sich der Farbenlehre zu widmen, die Entwicklung der Wissenschaft nicht mehr mit voller Aufmerksamkeit verfolgte und vom „Epizentrum“ der Wissenschaft ziemlich weit entfernt war.

⁸⁴Es ist im allgemeinen so, dass, wenn in der Wissenschaft eine Konzeption, unter deren Ober-

Die Energetik als Richtung in der Wissenschaft, als System, das alle Seiten der wissenschaftlichen Erkenntnis umfasst, trat am Anfang des 20. Jahrhunderts von der Bühne ab. Es gab niemanden, der ihre Flagge hätte übernehmen können, außerdem hatte ja ihr Anführer - Ostwald - selbst die Segel gestrichen, wenn er sich auch von einer Reihe seiner früheren Meinungen nicht lossagte. Natürlich schließt die Niederlage der Energetik im äußerst erbitterten Kampf mit der Atomistik trotzdem nicht aus, dass zwischen der Energetik und gewissen anderen Richtungen in der Wissenschaft bestimmte Anknüpfungspunkte bestehen; allerdings versteht sich keiner der Wissenschaftler, auf die das zutrifft, selbst als Fortführer der Energetik.

So ist Louis de Broglie der Meinung, die Energetik finde in der modernen Physik eine Fortsetzung. Er schreibt über eine bestimmte Richtung der Physik:

Die Theoretiker der modernen Quantenphysik sind gezwungen, letztere in Form einer abstrakten, auf einem System von Axiomen beruhenden Theorie darzustellen, deren einziges Ziel die Vorhersage beobachteter Erscheinungen ist; Versuche, ein Bild der physikalischen Welt im Rahmen unseres Raum-Zeit-Begriffs zu entwickeln, halten sie für nutzlos oder gar unzulässig. Diese Richtung wurde natürlich besonders von Physikern und Philosophen positivistischer Strömungen⁸⁵ begrüßt und war der Ausgangspunkt der Entwicklung einer neopositivistischen Schule, die unter der Bezeichnung ‚Wiener Kreis‘ bekannt geworden ist. [253, S. 176]

herrschaft die Wissenschaft sich eine Zeitlang erfolgreich entwickelt hat, in eine Krise tritt, die Bemühungen zu ihrer Überwindung in unterschiedliche Richtungen laufen. Eine Seite versucht, die alte Konzeption der neuen Situation anzupassen, eine andere schafft eine Alternativkonzeption, die oftmals, wie der weitere Gang der Wissenschaft zeigt, auch nicht in der Lage ist, ihren Hauptentwicklungsweg zu bestimmen. Schließlich wird von dritter Seite eine Konzeption entwickelt, die die invarianten Komponenten der alten beibehält und gleichzeitig eine adäquate Lösung der aktuellsten wissenschaftlichen Probleme enthält.

Zweifellos gehört in dieser Klassifikation Ostwalds Energetik zu den „Bemühungen“ der zweiten Gruppe. Deshalb unterscheidet sich das Schicksal der Energetik wesentlich von dem vieler anderer Theorien, die eine Zeitlang die höchste Form der Erkenntnis auf einem bestimmten Gebiet der Realität darstellten und später anderen, vollkommeneren Theorien Platz machten. Die Energetik war auf allen Etappen ihrer Entwicklung eine Alternative zu der Konzeption, die damals den höchsten Stand der Naturerkenntnis darstellte und deshalb der Wissenschaftsentwicklung große Perspektiven eröffnete, weil man bei experimentellen und theoretischen Untersuchungen sehr gut mit ihrer Hilfe arbeiten konnte.

⁸⁵Louis de Broglie hat festgestellt, die sich schon von der Mitte des 19. Jahrhunderts an abzeichnende Tendenz zur Reduzierung der physikalischen Theorien auf einen Formalismus, die mit der Anschauung, jedes Bild sei trügerisch, zusammenhänge, sei von den Erfolgen der Thermodynamik und einer philosophischen Richtung genährt worden, die den Namen „Positivismus“ erhalten habe und es zur Pflicht jeder theoretischen Wissenschaft erkläre, die Erscheinungen nur zu klassifizieren und quantitative Voraussagen zu treffen, ohne hypothetische Elemente zu konstruieren oder einzuführen.

In seinem Buch „Die Revolution in der Physik“ schreibt er: „Vor vierzig Jahren gab es unter den Physikern einige, die es vorzogen, nur thermodynamische Methoden anzuwenden und keine detaillierteren und kühneren Konzeptionen einzuführen. Sie nannten diese ängstliche Methode die energetische. Nun ist zwar die Vorsicht die Mutter der Weisheit, aber das Schicksal ist nur dem Kühnen hold. Und so traten die Anhänger der Energetik auf der Stelle, wenn auch auf sicherem Grund, während die Verfechter einer detaillierteren Beschreibung der Elementarerscheinungen die atomistischen und korpuskularen Konzeptionen weiterentwickelten und damit in neue, ungeahnte Bereiche vorstießen“ [254].

Louis de Broglie meint hier die Aufstellung physikalischer Theorien in axiomatischer Form, die an das Bestreben der Energetiker erinnere, das gesamte Wissen auf der Grundlage der Thermodynamik aufzubauen. De Broglie weist darauf hin, dass die axiomatischen Methoden zwar in der Lage seien, das vorhandene Wissen zu ordnen, dass sie aber nicht über den Rahmen des bereits Bekannten hinausgehen können; dies sei nur mit Hilfe der „induktiven Intuition“ möglich [253, S. 179].

De Broglie stellt also eine Verwandtschaft mit der Energetik nicht auf Grund von Ähnlichkeiten konkreter physikalischer Vorstellungen und wissenschaftlicher Konzeptionen fest, sondern anhand gleichen Herangehens an die „Struktur des Wissens“ und der Tendenz, das ganze Wissen als deduktives System aufzubauen, dem eine begrenzte Anzahl von Prinzipien zugrunde liegt.

Allerdings ist die Tendenz zur Axiomatisierung nicht die dominierende Richtung in der modernen Physik, deshalb sollte man auch die theoretische Quantenphysik nicht als der Energetik verwandt bezeichnen,

Gewisse „Rückfälle“ in die Energetik finden wir bei einem der bedeutendsten Physiker unserer Tage, bei W. Heisenberg [255].

Heisenberg führt an, dass Experimente die völlige Verwandelbarkeit der Materie gezeigt haben.

Alle Elementarteilchen können in Stößen hinreichend hoher Energie in andere Teilchen umgewandelt oder einfach aus kinetischer Energie erzeugt werden, und sie können sich in Energie, z. B. in Strahlung, verwandeln... Alle Elementarteilchen sind aus derselben Substanz, aus demselben Stoff gemacht, den wir nun Energie oder universelle Materie nennen können; sie sind nur verschiedene Formen, in denen Materie erscheinen kann. [255, S. 151]

Er verweist darauf, dass im Reich der Elementarteilchen eine scharfe Trennung zwischen Materie und Kraft nicht möglich sei, da jedes beliebige Elementarteilchen nicht nur Kräfte erzeuge und selbst der Einwirkung von Kräften unterliege, sondern auch selbst gegebenenfalls ein bestimmtes Kraftfeld darstelle. Nach Heisenberg bilden die Mikrokörper eher eine Welt der Kräfte als eine der Dinge und Fakten.

Heisenberg entwickelt all diese Vorstellungen, ohne sie irgendwie mit der Energetik in Verbindung zu bringen, und verweist auch nirgends auf die Energetik als Quelle seiner Position. Das ist offenbar kein Zufall, weil trotz einer gewissen Ähnlichkeit der beiden Einstellungen doch überaus wesentliche Unterschiede bestehen.

Unter allen bedeutenden Physikern und Chemikern, die nach 1910 auf verschiedenen Gebieten dieser Wissenschaften führend waren, finden wir nicht einen Anhänger der Energetik. Mehr noch, auch wenn die Einstellung einzelner Wissenschaftler zu bestimmten Punkten gewissen Lehrsätzen der Energetik ähnlich ist, verweisen diese doch nie auf ihre Verbindung mit ihr oder auf ihren Einfluss. Dafür gibt es einen einfachen Grund - sie hatte eben auf niemanden mehr Einfluss.⁸⁶

⁸⁶In unseren Tagen schreibt der berühmte Physiker Feynman: „Wenn im Resultat irgendeiner weltweiten Katastrophe alle gesammelten wissenschaftlichen Erkenntnisse vernichtet würden, und nur ein einziger Satz würde an die künftigen Generationen von Lebewesen weitergegeben - welcher Satz aus einer möglichst geringen Anzahl von Worten würde dann die meiste Information enthalten? Ich meine, die Atomhypothese - alle Körper bestehen aus Atomen, aus kleinen Teilchen, die sich

Zeitgenossen des Kampfes zwischen Energetikern und Atomisten haben in ihren Analysen auf zwei auffallende Umstände hingewiesen:

Erstens bildeten die Anhänger der Energetik nur einen ganz unbedeutenden Teil der Wissenschaftler jener Zeit, und zweitens wurden alle bedeutenden Entdeckungen nicht von Energetikern, sondern von ihren Gegnern gemacht.

Die außerordentliche Fruchtbarkeit der „Atomisten“ einerseits, die am Anfang des 20. Jahrhunderts eine neue, großartige Seite in der Wissenschaftsgeschichte eröffneten, und die Erfolglosigkeit der Energetik andererseits, die die Wissenschaft nicht um eine einzige bedeutende Entdeckung bereichern konnte, haben den Streit zwischen den beiden Richtungen über prinzipielle Fragen der Wissenschaft automatisch entschieden; das entscheidende Urteil hat die wissenschaftliche Praxis gesprochen.

in ununterbrochener Bewegung befinden, sich in einem bestimmten Abstand anziehen, sich aber abstoßen, wenn man ein Atom dichter an die anderen herandrückt. In diesem einen Satz ist, wie Sie sich überzeugen können, eine unwahrscheinliche Menge an Information über die Welt enthalten – man muss nur etwas Verstand und etwas Phantasie hineinstecken“ [256].

6 Der Wissenschaftstheoretiker und Historiker

Als Ostwald ab 1905 von seinen Verpflichtungen als Professor der Leipziger Universität und als Leiter des Physikalisch-chemischen Instituts befreit war, konnte er sich in der Abgeschiedenheit seines Landhauses „Energie“ Dingen zuwenden, die ihn schon lange brennend interessiert hatten.

Bereits Ende der 80er Jahre war ihm klargeworden, dass solche Probleme wie die Entwicklung der Wissenschaft, die Rolle einzelner Gelehrter, die Suche und Ausbildung von für die wissenschaftliche Arbeit talentierten jungen Leuten oder die Rolle von Organisatoren für die Wissenschaft mehr Aufmerksamkeit verdienen und erforscht werden müssten.

Ostwald bezeichnete die Methode, nach der er diese Probleme analysierte, als wissenschaftlich-historisch; sie basiert in der Hauptsache auf dem Studium der Biographien bedeutender Gelehrter. Nach seinen eigenen Worten untersuchte er die Psychologie des Forschens und des Forschers deshalb mit besonderem Eifer, weil die Kenntnis des Lebens und Schaffens großer Gelehrter eine wichtige Vorbedingung für das Verständnis „der bei der Erziehung der Geisteskräfte der Menschheit wirkenden Gesetze“ sei; dazu müsse man aus den Biographien großer Männer all das herausuchen und hervorheben, was am besten „zur Assimilierung ihres Erbes in der Gegenwart“ beitragen könne [66, S. 7-8].

Ostwalds Meinung nach ist die Erforschung der Biographien großer Gelehrter noch aus einem anderen Grunde von Interesse - man könne in Gedanken rekonstruieren, welche Stufenleiter den Gelehrten auf die Höhe seiner Entdeckung geführt habe. Dazu heißt es bei Ostwald weiter:

Nicht nur, dass die Erkennung eines solchen Weges es den Nachfolgern leichter macht, auch ihrerseits auf den von ihnen gewählten Gebieten entsprechende Entdeckungen zu machen; auch für die Theorie der Wissenschaft hat die Kenntnis solcher Wege ein wesentliches Interesse, weil sie genauere Nachweise über die besondere Beschaffenheit der schöpferischen Arbeit gibt... [59, S. 425]

Ostwald machte es sich zur Aufgabe, alle Aspekte des wissenschaftlichen Schöpfungstums zu erforschen, alle „geistigen Bestandteile“ des Lebens aufzuzeigen. 1909 erschien sein Buch „Große Männer“ [59], in dem er den Lebensweg von sechs bedeutenden Gelehrten schildert und analysiert.

Aus der umfangreichen Galerie großer Naturforscher zurückliegender Generationen wählte Ostwald drei Chemiker (H. Davy, J.v. Liebig und C. Gerhardt) und drei Physiker (M. Faraday, R. Mayer und H.v. Helmholtz) aus. An ihrem Beispiel wollte er ergründen, welche persönlichen Voraussetzungen und äußeren Bedingungen zur vollen Entfaltung des Talents führen können und wie die wissenschaftliche Arbeit von bestimmten Charakterzügen des Forschers beeinflusst wird.

Schon die Vorgeschichte, die zum Erscheinen dieses Buches führte, ist interessant. In den 90er Jahren waren drei Japaner zu Ostwald nach Leipzig gekommen, um bei ihm physikalisch-chemische Forschungen auszuführen. Unter anderem kamen diese Gesand-

ten des Landes der aufgehenden Sonne auch mit der Bitte der japanischen Unterrichtsverwaltung zu Ostwald, Hinweise zu geben für eine richtige Organisation der Heranbildung talentierter junger Leute, die zu schöpferischen Leistungen in der Wissenschaft fähig wären.

Es war nämlich der Eindruck entstanden, weil so viele Studenten und Praktikanten aus Ostwalds Schule später bedeutende Gelehrte geworden waren, er hätte „irgendein Mittel, solche Menschen früh zu erkennen, um sie festzuhalten und auszubilden“ [59, S. 1].

Ostwald konnte aber die Frage, wie man große Talente rechtzeitig erkennen kann, nicht so einfach beantworten, wie sich das die Gäste aus dem fernen Japan gedacht hatten. Dazu musste er all seine pädagogische Erfahrung zusammennehmen sowie das Leben und Schaffen großer Männer aus vergangenen Wissenschaftlergenerationen analysieren, um anhand solcher Beispiele herauszufinden, nach welchen Prinzipien man unter der Jugend nach Talenten suchen und welche Bedingungen man für ihre optimale Entwicklung schaffen müsse.

Das Buch „Große Männer“ ist eine Verallgemeinerung all dieser Gedanken.

Er bringt dort seine Überzeugung zum Ausdruck, dass nur der in die Wissenschaft gehen sollte, der sich stark zu dieser Arbeit hingezogen fühle und für den die wissenschaftliche Arbeit ganz zum Lebensinhalt geworden sei. Diejenigen, denen die Wissenschaft nicht das A und O ihres Lebens bedeute, würden der Wissenschaft nur Schaden bringen. Dazu Ostwald wörtlich:

Dies ... ist nur ein Nachweis dafür, wie innerlich zerstörend alle nicht der reinen Hingabe an die Wissenschaft angehörigen Motive auf die Pflege dieses höchsten Schatzes der Menschheit einwirken. [59, S. 254]

An anderer Stelle schreibt er:

Ich muss noch auf die große Verantwortung, die ein jeder, der sich anschickt, im Tempel der reinen Wissenschaften zu wirken, für die Gestaltung der Zukunft übernimmt, hinweisen... Hier... verblasst der mit kümmerlichen Mitteln erreichte Tageserfolg vor dem unerbittlichen Urteil der Geschichte, und wer an diese Arbeit nicht reinen Herzens und unvorbelastet herangeht, hat früher oder später die sich daraus ergebenden Folgen zu tragen.

Ostwald war davon überzeugt, dass die meisten wissenschaftlichen Entdeckungen von Forschern in jungen Jahren gemacht werden, und trat daher dafür ein, der Jugend alle „geistige Einengung durch den scholastischen Betrieb“ [66, S. 389] aus dem Wege zu räumen.

Er schreibt, Talent sei zweifellos eine angeborene Eigenschaft, und es gebe kein Mittel, die Genialität eines Menschen zu steigern, aber man könne zu ihrer maximalen Entfaltung beitragen, indem man jene Fesseln, die der natürlichen Entwicklung eines Talents besonders in den Jugendjahren angelegt würden, abnehme. Hieraus erklärt sich Ostwalds besonderes Interesse für Probleme der Ausbildung.

6.1 Ostwald über das Bildungswesen

Ostwald befasste sich sehr ernsthaft mit Problemen der allgemeinbildenden Schulen und der Hochschulen. Er war der Meinung, die Wissenschaft brauche Unterstützung, sie brauche günstige Bedingungen für alles, was zu ihrer Entwicklung beitragen könne. Durch eine vergleichende Analyse hatte er festgestellt, dass das wissenschaftliche Niveau in all den Ländern, deren Wissenschaft auf eine lange Geschichte zurückblicken konnte und wo die Wissenschaft ernsthaft gefördert wurde, besonders hoch war.

Das wissenschaftliche Potential eines Landes wird von einer ganzen Reihe von Faktoren bestimmt, in erster Linie aber von Qualität und Quantität der in der Wissenschaft Tätigen. Schon die Anzahl wissenschaftlicher Kader in einem bestimmten Land ist eine aussagekräftige Kennziffer über Stand und Niveau der Wissenschaft. Anhand eben dieses Kriteriums schätzte auch Ostwald den Beitrag der einzelnen Länder zur Entwicklung der Weltwissenschaft ein.

Das wissenschaftliche Potential eines Landes hängt also in bedeutendem Maße vom Umfang und vom Niveau der Ausbildung von Fachleuten ab, die wiederum vom Schulwesen des betreffenden Landes bestimmt werden.

Ostwald stellt fest, dass in Deutschland sowohl Vertreter von Wissenschaft und Technik als auch Regierungskreise den Problemen der Hochschulbildung ständige Aufmerksamkeit gewidmet hätten. Einen wesentlichen Vorteil der chemischen Ausbildung in Deutschland im Vergleich zu seinen Nachbarn sieht er darin, dass es hier keinerlei einförmige Reglementierung des Ausbildungsprozesses gebe, während in England und Frankreich ein Ausbildungssystem herrsche, in dem die Studenten ständig und in allen Einzelheiten reglementiert würden, da man dort annehme, man könne „mit Hilfe eines umfassenden und unveränderlichen Prüfungssystems ... eine Garantie für ein erfolgreiches Studium geben“ [36, 5. 4].

Ostwald gibt zu, dass Frankreich am Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts zweifellos an der Spitze des wissenschaftlichen Fortschritts gestanden hat; es brachte in dieser Zeit eine Reihe hervorragender Naturforscher mit weltberühmten Namen hervor. Als jedoch Napoleon zum Herrscher über Frankreich wurde, reorganisierte er die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und schuf ein System der „zentralisierten wissenschaftlichen Ausbildung“.

Dieses Bildungssystem habe dazu geführt, dass Frankreich seine führende Stellung in der Chemie einbüßte. Es sei schuld, dass der künftige Gelehrte in Frankreich die besten, ertragreichsten Jahre seines Lebens mit Prüfungen und langwierigen Vorbereitungen auf das Amt des Professors verschwenden müsse. Dazu sei so viel Zeit- und Energieaufwand erforderlich, dass es nicht mehr möglich sei, sich ganz der schöpferischen Arbeit zu widmen. Weiter meint Ostwald, solche Professoren, die ihre beste Zeit auf die „Aneignung fremder Gedanken“ verwenden müssten, könnten den Studenten später nur Dinge vermitteln, die auch in den Lehrbüchern stehen, und hätten weder die Möglichkeit, sie mit Dingen außerhalb des Bereichs der Prüfungsanforderungen bekannt zu machen, noch die, den Schülern Informationen zu vermitteln, deren Bedeutung noch nicht allgemein von der Wissenschaft anerkannt wird [36, 5. 5].

Auch auf Grund ihrer Dezentralisierung hält Ostwald die Ausbildung in Deutschland für besser als in Frankreich. In Deutschland waren die Zentren von Wissenschaft und Lehre über das ganze Land verstreut und nicht auf eine einzige Stadt konzentriert wie in Frankreich auf Paris. Ebenso war die Wissenschaft in Italien dezentralisiert, allerdings hatten die italienischen Universitäten durch die Herrschaft der katholischen Kirche im 18. und 19. Jahrhundert den Einfluss, den sie in der Renaissance einmal ausgeübt hatten, längst verloren. Ostwald sieht den besonderen Wert des deutschen Bildungssystems darin, dass den Studierenden beigebracht werde, wie man an ungelöste Probleme heranzugehen habe, wie man vom Bekannten ins Unbekannte vorstoße.

Das Wichtigste, was man anstreben müsse, sei - so meint Ostwald - ein schöpferisches, entschlossenes Herangehen der jungen Leute an die Probleme von Wissenschaft und Praxis, denn von der Fähigkeit, in unbekannte Bereiche vorzustoßen, hänge der Fortschritt von Wissenschaft und Technik ab. Dafür reiche es nicht aus, die Prüfungen gut abzulegen.⁸⁷

Ostwald vertritt die Auffassung, ein junger Chemiker sei nur dann in vollem Maße nützlich, wenn er neue Fakten schnell erfassen und sie selbständig einordnen und einschätzen könne, dann und nur dann sei er in der Lage, „irgendeinen Fortschritt für die Technik zu bringen“. Er schreibt:

Die unmittelbare, direkte Aufgabe der Hochschule besteht darin, vom Verständnis und der Beherrschung des Bekannten zur Eroberung des Unbekannten hinzuführen. [36, S. 7]

Auf der Grundlage seiner pädagogischen Erfahrungen am Rigaer Polytechnikum war Ostwald zu dem Schluss gekommen, grundlegend für die Ausbildung von schöpferischen Chemikern sei es, dem Studenten eine selbständige wissenschaftliche Arbeit zu geben, anhand derer man seine Eignung für die Forschungsarbeit einschätzen könne. Außerdem sei die Teilnahme der Studenten an der wissenschaftlichen Arbeit nicht nur eine wesentliche Vorbedingung für die Heranbildung guter Chemiker, sondern auch eine reiche Quelle neuer wissenschaftlicher Daten.

Ostwald meint, dass die in Deutschland erreichten Erfolge in der Ausbildung von Chemikern noch lange nicht die Grenze des Möglichen darstellten, dass sie sogar ziemlich weit davon entfernt seien, und hielt eine weitere Verbesserung der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses für unbedingt notwendig. Als Wege für diese Verbesserung gibt er das „freie Studium der Wissenschaft“ und die „Vertiefung in die Wissenschaft“ an.

Ostwald trat für eine weitere Spezialisierung der Hochschulbildung ein. Ein Chemiker brauchte nicht die verschiedenen Gebiete der Chemie gleich gut zu beherrschen (das war schon zu der Zeit fast nicht mehr möglich), sondern notwendig wären Spezialisten auf einem bestimmten Gebiet (Organiker, Analytiker, Elektrochemiker u. dgl.). Diese gewisse Einseitigkeit garantiere gerade ein erfolgreiches Arbeiten, weil ein Wissenschaftler, der mit einem bestimmten Problemkreis wirklich vertraut sei, auch „den Schlüssel zu vielen anderen Dingen besitzt, wenn ihm auch der direkte Zusammenhang zwischen den ihm bekannten Fakten und anderen vorher nie zu Bewusstsein gekommen ist“ [36].

⁸⁷W. Ostwald vertrat die Meinung, Prüfungen könnten nicht über die Eignung eines jungen Spezialisten zu selbständiger schöpferischer Arbeit Auskunft geben.

Ostwald war sich absolut im klaren darüber, dass die Ausbildung des Chemikers schon in der Schule beginnen muss. Er selbst hatte schon in seiner Schulzeit den tiefen Widerspruch zwischen der Ausrichtung der Schulbildung und der Entwicklung von Wissenschaft und Kultur empfunden. Während im täglichen Leben die Naturwissenschaften längst größte Bedeutung hatten, da ihre großartigen Entdeckungen umfassenden praktischen Nutzen brachten, verlangte man in der Schule noch immer von den Schülern, dass sie 10 Stunden in der Woche Latein und die längst vom Staub der Jahrhunderte überdeckte antike Geschichte paukten.

Ostwald war der Meinung, es sei an der Zeit, mit dieser sinnlosen Zeitverschwendung Schluss zu machen, und griff entschlossen in die Diskussion um die naturwissenschaftliche Ausbildung an den Schulen ein. Er trat ganz entschieden gegen die Überladung des Lehrplans mit toten Sprachen auf, die damals den Löwenanteil der Zeit verschlangen. Sicher sei Sprachkenntnis für den Wissenschaftler wichtig, aber die Leistung eines Schülers dürfe nicht danach eingeschätzt werden, wie er bestimmte Sprachen beherrsche.

„Also das Latein ist längst nicht mehr das Tor zur Bildung, es ist vielmehr ihr schlimmstes Hindernis geworden“, schreibt Ostwald 159, S. 391].

Als Grundübel der Schulen bezeichnet Ostwald das undifferenzierte Herangehen an die Schüler; die Schule könne und wolle die Schüler zum Erkenntnisdrang erziehen. Dabei müsse die Suche nach Talenten schon in der Schule begonnen werden.

Ostwald befasste sich mit der Frage, warum viele Gelehrte, die später Weltruhm erlangten, in der Schule keine besonderen Leistungen zustande brachten, und beantwortete sie so: Die Schule sei bestrebt, ihren Zöglingen ein gewisses „mittleres“ Wissen auf den verschiedensten Gebieten zu vermitteln. Durch dieses System würden die Begabung und die Begeisterung des Schülers für ein bestimmtes Fach zum Erlöschen gebracht, ja, manchmal sogar von der Schule als „unerwünschte Geistesrichtung“ verfolgt.

Das Bestreben der höheren Schulen oder Gymnasien, einseitige Interessen ihrer Schüler zu beseitigen oder zu vernichten, bedeute - ob gewollt oder ungewollt - nichts anderes, als das Bemühen, die Talente zukünftiger Genies zu zerstören. Er schreibt wörtlich:

Wir sehen uns vor einer Vergewaltigung der jungen Geister, die so unerhört ist, dass nur die langjährige Abstumpfung der Gewohnheit uns gegen ihre mittelalterliche Beschaffenheit blind machen kann. [59, S. 538]

An anderer Stelle bemerkt er:

Ich habe seit einer Reihe von Jahren ein besonderes Studium aus den Lebensschicksalen der großen geistigen Führer der Menschheit gemacht und hierbei insbesondere die des 19. Jh. bearbeitet, bei denen das erforderliche Material am reichlichsten und sichersten zu beschaffen war.

Sollte man es glauben, dass sie alle bis auf verschwindende Ausnahmen ausgezeichnet schlechte Schüler in der Mittelschule waren? Liebig ist vom Gymnasium entfernt worden, weil er absolut kein Latein lernen wollte oder konnte. Julius Robert Mayer ist wiederholt der Vorletzte in seiner Klasse gewesen. Davy weiß von seinem Lateinlehrer nichts Besseres zu berichten, als dass er ihn reichlich hat müßiggehen lassen.

Kein einziger von diesen Männern hat eine Äußerung hinterlassen, in welcher er der Mittelschule, die er durchgemacht hat, irgend etwas Gutes nachgesagt hätte. Wir kommen also zu dem er-

staunlichen Schlusse, dass die künftigen geistigen Führer der Menschheit alle die geistige Kost mehr oder weniger bestimmt zurückgewiesen haben, die ihnen auf der Mittelschule geboten wurde. [67, S. 72-73]

Dass sich trotz des gleichmacherischen Einflusses solcher Schulen noch hervorragende Gelehrte entwickeln konnten, erklärt Ostwald mit den Worten:

Glücklicherweise ist die Jugend so elastisch, dass immer eine gewisse Anzahl von Jünglingen einen mehr oder weniger erheblichen Rest von Selbständigkeit durch all diese Gefahren rettet. [59, S. 386]

Er verweist auf die große Rolle der selbständigen Bildung, der frühzeitigen Bekanntschaft der Jugend mit der wissenschaftlichen Literatur. Nur so könne sie sich all das Wissen, das ihr die Schule nicht vermitteln könne, selbst aneignen.⁸⁸

6.2 Wie findet man Talente?

Ostwald hat festgestellt, dass „viel mehr potentielle große Männer geboren werden, als tatsächlich zur Entwicklung gelangen“, was er mit schädlichen Beeinflussungen, an denen viele mögliche Genies zugrunde gingen, erklärt [59, S. V]. Er schreibt:

Wir haben kein Mittel, die Anzahl der zugrunde gerichteten genialen Anlagen zu zählen; wir würden aber entsetzt sein, wenn wir wüssten, wie die Menschheit hier gegen sich selbst wütet. [59, S. 305]

Die Frage, die ihm im Auftrag der japanischen Unterrichtsverwaltung gestellt worden war, brachte Ostwald dazu, dass er selbst darüber nachzudenken begann, wie er unter seinen Schülern diejenigen, die er für die besten hielt und daher für die wissenschaftliche Arbeit bewahren wollte, herausgefunden hatte. Dazu stellt er fest:

Ein Merkmal von talentierten Jünglingen ist, dass sie nicht mit dem zufrieden sind, was ihnen der regelmäßige Unterricht bietet. Sie sind immer ein wenig skeptisch gegen das, was sie gelehrt bekommen, oder stellen wenigstens alle möglichen Fragen dazu... Ein Mensch mit mittleren Fähigkeiten muss all seine Zeit darauf verwenden, das wissenschaftliche Material sich anzueignen und zu erfassen; ein hervorragender Mensch zeichnet sich schon in früher Jugend durch die Fähigkeit und das Bedürfnis, sich selbständige Ansichten zu erarbeiten und selbständig zu arbeiten, aus. [59, S. 3]

An diesen Worten ist viel Wahres, es kommt aber auch ein gewisser Subjektivismus, eine gewisse Einseitigkeit zum Vorschein, denn die Merkmale, die Ostwald hier anführt, sind bei weitem nicht immer dazu geeignet, mit Sicherheit ein Talent herauszufinden.

⁸⁸Ostwald meinte, es sei ein Verlust für die Wissenschaft, dass die Hochschulen allen, die studieren wollten, aber keine umfassende Schulbildung und kein Reifezeugnis erworben hätten, ihre Türen verschlossen. Damit gehe der Hochschule und folglich der Volkswirtschaft eine Gruppe von Rekruten verloren, aus denen möglicherweise verhältnismäßig mehr Generäle hervorgehen würden als aus den Reihen der normalen Abiturienten. Über sich selbst als führende Persönlichkeit eines ganzen Wissensgebietes sagt er, er würde sich gerade mit solchen Menschen besonders eingehend abgeben.

Ein zweites Problem dabei ist, dass derjenige, der das „werdende Genie“ herausfindet und erzieht, selbst über dem Durchschnitt stehen und in der Lage sein muss, das „schwierige Kind“ mit viel Geduld und Liebe zu behandeln.

Das Leben ist sehr kompliziert, und ein Genie muss sich seinen Weg in der Regel selbst freimachen und dabei oft schwerste Hindernisse überwinden. Dieser Kampf dient gewöhnlich der Abhärtung, er erfordert aber eine sinnlose Vergeudung von Zeit und Geisteskraft.

W. Ostwald hat richtig festgestellt, dass eine hervorstechende Eigenschaft vieler Talente die Frühreife sei. So waren z. B. all diejenigen, die um die Mitte des 19. Jahrhunderts Wesentliches zur Entwicklung der Energetik beitrugen – Mayer, Helmholtz, Joule, Clausius, Kelvin, Carnot –, noch keine dreißig Jahre alt, als ihre Hauptarbeiten erschienen. Auch die Gelehrten, die entscheidend zur Entwicklung der Elektrochemie beitrugen, leisteten ihre wesentlichsten Arbeiten in jungen Jahren. Davy entdeckte mit 27 Jahren die Alkalimetalle, Berzelius entwickelte seine elektrochemischen Vorstellungen, die sich bestimmend auf die Entwicklung der Chemie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auswirkten, im Alter von 24 Jahren.

Natürlich gilt diese Erscheinung nicht für alle Gelehrten – Galvani, Volta und andere vollbrachten ihre wesentlichsten Leistungen erst, als sie schon über 40 Jahre alt waren. Gibbs führte seine Arbeiten über heterogene Gleichgewichte und über statistische Mechanik auch erst im reiferen Alter aus. Das sind aber Ausnahmen von einer Regel, die der polnische Physiker L. Infeld eine „empirische Gesetzmäßigkeit“ genannt hat. Wenn es im Schaffen eines Forschers einen klaren Kulminationspunkt gibt, so liegt dieser in der Mehrzahl aller Fälle vor dem 30. Lebensjahr [59, S. 51].

Ostwald erklärt diesen Höhenflug des wissenschaftlichen Schaffens in jungen Jahren damit, dass ein junger Mensch über eine optimale Kombination von Kühnheit (die mit den Jahren abnimmt) und bereits entwickelter kritischer Einsicht (die bis ins hohe Alter hinein immer weiter zunimmt) verfüge.

Er stellt fest, für hervorragende Gelehrte sei charakteristisch, dass sie schon sehr früh das Problem fänden, dessen Lösung ihnen später allgemeine Anerkennung verschaffe. Hierbei unterscheidet er zwei Extremfälle, zwischen denen Übergänge möglich seien.

Im ersten Fall wähle der junge Wissenschaftler eine bestimmte Richtung, arbeite erfolgreich an einer Reihe von Problemen und bringe eine Reihe Arbeiten heraus, von denen aber keine besonders hervorstechen. Im zweiten Fall „ist es umgekehrt gerade eine ganz bestimmte Leistung, durch welche meteorgleich der junge Forscher am Firmament der Wissenschaft erscheint, ohne dass Ähnliches nachfolgt“ [59, S. 400].

Den ersten Fall illustriert Ostwald am Beispiel des Werkes von Liebig bzw. von Helmholtz, den zweiten am Beispiel von Mayer bzw. Davy. Es müsse jedoch nicht immer so sein, dass die ersten Arbeiten künftiger großer Männer schon das Siegel des Genies trügen, die „Klaue des Löwen“ erkennen ließen. In einer Reihe von Fällen würden diese Arbeiten aus äußeren Gründen ausgeführt, ohne dass irgendeine Neigung dafür bestünde.

Als Beispiel dafür führt Ostwald die Doktordissertation von Bunsen an, „eine Aufzäh-

lung der damals bekannt gewordenen Hygrometer, in der sich eigene Gedanken von Belang nicht erkennen lassen". Weiter heißt es:

Auch in diesem Fall handelt es sich aber wohl nur um einen geistigen Zoll, den der Anfänger für den Eintritt in die Arbeitsstätten der Wissenschaft vorher zu entrichten hatte. [59, S. 405]

Eine andere Feststellung Ostwalds besagt, dass ein junger Forscher, der eine theoretische Entdeckung von epochaler Bedeutung mache, besonders dann Erfolg habe, wenn er sich vorher durch unanfechtbare Leistungen auf einem schon bekannteren Gebiet empfohlen habe. Seiner Meinung nach fanden die theoretischen Arbeiten von Helmholtz deshalb bessere Aufnahme als die von Mayer, weil Helmholtz schon vorher sein Können durch die Erfindung des Augenspiegels und die Entdeckung der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit von Nervenreizungen nachgewiesen hatte.

Ostwald betont also, dass es sehr zur Anerkennung umwälzender Erkenntnisse eines jungen Gelehrten beitragen könne, wenn er in der wissenschaftlichen Welt bereits einen Namen habe.⁸⁹

Tatsächlich lassen sich viele Beispiele aus der Wissenschaftsgeschichte anführen, die diesen Gedanken Ostwalds bestätigen, man kann aber auch viele andere Beispiele nennen, durch die er widerlegt wird. Für die moderne Wissenschaft, deren Vortrupp ja intensiv den „verrücktesten Ideen nachjagt“, ist dieser von Ostwald vermerkte Umstand natürlich nicht mehr typisch, sondern stellt eher eine Ausnahme dar.

6.3 Lebensalter und wissenschaftliche Arbeit

Ostwald teilt das Leben eines „großen Mannes“ in drei Perioden ein: eine erste, in der er eine neue und originelle Entdeckung mache und sich damit als seinen Zeitgenossen weit voraus erweise, weswegen er bei ihnen weder auf Verständnis noch auf Unterstützung stoße; eine zweite, in der die neuen Ideen Anerkennung finden, es dem Gelehrten gelinge, seiner Entdeckung oder Theorie den Weg in die Wissenschaft zu ebnen und die ernsthaftesten Hindernisse dafür zu beseitigen; endlich eine dritte, in der er entweder die Forschungsarbeit ganz sein lasse oder sogar zu einem Hemmnis für die Wissenschaftsentwicklung werde, indem er bereits veraltete Ideen und Ansichten verteidige.

Ostwald zeigt an Beispielen, dass die bedeutendsten Männer der Wissenschaft in der Regel nicht imstande seien, sich von den Ansichten und Vorstellungen, die auf einer bestimmten Etappe der Wissenschaftsentwicklung eine progressive Rolle gespielt hätten und zu deren Bestätigung ihre eigene wissenschaftliche Arbeit in bedeutendem Maße beigetragen habe, loszusagen. Damit komme es objektiv dazu, dass die vormaligen

⁸⁹Den gleichen Gedanken hat der englische Physiker Rayleigh geäußert, als er die Gründe untersuchte, warum eine Arbeit des englischen Physikers Waterson, in der zum ersten Male die Grundlagen der kinetischen Theorie der Materie formuliert waren, nicht angenommen wurde, Rayleigh ist der Meinung, Waterson habe zwei taktische Fehler gemacht, die zu dem für ihn tragischen Misserfolg geführt hätten und die Anerkennung der kinetischen Theorie hinausgezögert hätten: Erstens hätte er, bevor er seine Arbeit an die Royal Society einschickte, eine oder zwei Untersuchungen auf schon allgemein anerkannten Gebieten veröffentlichen sollen, und zweitens hätte er sich auf einen „Vorgänger“ berufen sollen, insbesondere hätte er in seiner Arbeit unterstreichen müssen, dass sie „der Weiterentwicklung der Ideen von Bernoulli“ gewidmet sei.

Anführer, wenn die Wissenschaft nach neuen Wegen suchen müsse und ihr weiterer Fortschritt nach einer grundlegenden Überprüfung der alten Vorstellungen verlange, eine negative Rolle spielten, indem sie die Entwicklung nach Kräften aufzuhalten versuchten.

Die ehemaligen „Beherrscher der Geister“, die der Wissenschaft neue Wege gewiesen hätten, stünden plötzlich selbst abseits von der „Hauptstraße“ der Wissenschaft.

Ostwald ist der Meinung, ein Gelehrter solle, sowie er das Nachlassen seiner schöpferischen Kräfte spüre, beiseite gehen und der Jugend alle Entwicklungsmöglichkeiten schaffen. Er vergleicht das Verhalten von Volta mit dem von Berzelius: Der erstere trat, als sich Nachfolger in seiner Richtung gefunden hatten, ab und machte keinerlei Versuch, der neuen Wissenschaftlergeneration, deren Ansichten er nicht teilte, seine Meinung aufzuzwingen; Berzelius aber tat das nicht.

Er trat, als die nach Ostwalds Worten „ewig junge Wissenschaft“ wieder einen Schritt vorwärts machte, nicht von der Bühne ab, konnte jedoch auf Grund der abnehmenden Energie und seines schwächer werdenden Gedächtnisses schon nicht mehr folgen. Im Gegenteil, er unternahm sogar den Versuch, die Wissenschaft auf den Weg, den er für den richtigen hielt, zu leiten. Anfangs sprach er in väterlichem Tone Warnungen aus, wobei er überhaupt nicht auf Einwände reagierte.

Später setzte er in immer stärkerem Maße seine wohlverdiente Autorität ein, und schließlich kam es auch zu Zornesausbrüchen des alten, mit den neuen Ansichten unzufriedenen Gelehrten. Wörtlich schreibt Ostwald:

Aber nichts wollte nützen. Die jungen Fachgenossen, denen er seinerzeit selbst den Weg der Wissenschaft geebnet hatte, fielen von ihm ab, und als er sie angriff, setzten sie sich mit den scharfen Waffen der Jugend zur Wehr. [57, S. 97]

Ostwald stellte die Kurve der Wissenschaftsentwicklung der Lebenskurve des einzelnen Forschers gegenüber und zeigte, dass die Wissenschaftsentwicklung eine ständige Beschleunigung aufweist, während die Entwicklung des einzelnen in Form einer in der Jugend progressiv ansteigenden, im reiferen Alter konstanten und gegen Ende des Lebenswegs abfallenden Kurve dargestellt werden muss. Daraus schloss er, dass im Leben eines großen Mannes ein Moment kommt, wo er keinen Einfluss mehr auf die Wissenschaftsentwicklung, insbesondere auf das Schicksal seiner eigenen Schöpfungen habe; diese beginnen, unabhängig von ihm ihr Leben zu führen und sich in einer ihm unverständlichen oder gar unerwünschten Richtung zu bewegen.

Im Interesse der Wissenschaft und seines eigenen Wohlergehens sei es das beste, meint Ostwald, wenn er es so wie Volta mache und es der Lebenskraft der Wissenschaft selbst anheimstelle, mit der Zeit den rechten Weg zu finden.

Nach Ostwald ist das „Generationsproblem“ ein ewiges Problem der Wissenschaftsgeschichte; immer träten Widersprüche zwischen verschiedenen Generationen von Gelehrten auf, wobei stets die jüngere der Träger des revolutionären Moments und die ältere der des konservativen sei.

Den Gelehrten, die sich nicht mehr in der Lage sehen, dem stürmischen Fortschritt der Wissenschaft zu folgen und dabei eine führende Rolle zu spielen, empfiehlt Ostwald:

Neben der großen Heerstraße der Wissenschaft gibt es friedliche Gärtchen, in welche der Lärm des Marktes nicht dringt. Dort lassen sich noch mancherlei Blumen pflegen, die man früher wohl gesehen hatte, aber im Drange des Augenblickes nicht pflücken durfte, [57, S. 98-99]

Ostwald meint also, es falle einem Forscher am Ende seiner wissenschaftlichen Laufbahn leichter, sein Wissen und seine Methoden auf ein Problem anzuwenden, das von außen an ihn herangetragen wird, als selbst ein neues Problem zu suchen. Er empfiehlt dem alternden Gelehrten, der nicht mehr imstande ist, prinzipiell Neues zu sagen, sich auf solche Gebiete der Wissenschaft umzustellen, deren ideeller Gehalt zurückgeblieben ist und wo zumindest in der aktuellen Entwicklungsphase keine Notwendigkeit besteht, neue Konzeptionen zu schaffen und Ideen zu entwickeln.

Auf solchen Wissensgebieten könnten sein Wissen und seine Erfahrung sehr von Nutzen sein, und er selbst habe davon eine moralische Befriedigung.⁹⁰

Ostwalds Ansichten über die mit dem Lebensalter verbundenen Veränderungen des schöpferischen Potentials eines Gelehrten lassen folgende wesentliche Momente erkennen:

1. Alle epochemachenden Entdeckungen werden von jungen Forschern gemacht, in der Regel zwischen dem 25. und 30. Lebensjahr; der Kulminationspunkt der schöpferischen Leistungen eines Gelehrten liegt in diesem Intervall.
2. Entdecker in der Wissenschaft sind nur zu einem einzigen großen Höhenflug imstande, bei dem sie etwas prinzipiell Neues schaffen - sei es die Entdeckung einer neuen Tatsache, die Schaffung eines Begriffs, einer Theorie oder einer Untersuchungsmethode. Dadurch gehen sie in die Wissenschaftsgeschichte ein, werden aber auch entkräftet und können einen derartigen Höhenflug nicht noch einmal wiederholen.
3. Von einem bestimmten Alter an verliert ein Gelehrter nicht nur seine führende Rolle in der Wissenschaft, sondern er kann auch mit deren Wachstum nicht mehr mithalten und ist nicht mehr in der Lage, neue Ideen aufzunehmen.

Die erste dieser drei Thesen, die unabhängig von Ostwald auch von einer Reihe anderer Gelehrter geäußert wurde, die sich mit den Altersproblemen in der Wissenschaft beschäftigten, ist im Prinzip richtig, obwohl man sie keinesfalls verabsolutieren darf, Ohne jeden Zweifel trifft sie für die Mathematik zu, die von N. Wiener „die Wissenschaft der Jungen“ genannt wurde.

Ebenfalls richtig ist sie für bestimmte Perioden besonders intensiven Fortschritts in einzelnen Wissenschaften; in solchen Zeiten kommt das Neue im allgemeinen aus der Jugend, die frei von den Fesseln alter Denksysteme den Kreis altgewohnter Vorstellungen durchbricht, um die Wissenschaft in neue, bis dahin unbekannte Weiten zu führen. In Gebieten, wo die Möglichkeiten vorhandener Theorien noch nicht erschöpft sind, arbeiten jedoch ältere Gelehrte in der Regel sehr erfolgreich, und viele davon können

⁹⁰Ostwald verlangt auch vom Staat eine bestimmte ‚Politik‘ gegenüber dem alternden Forscher; er schreibt: „Sie besteht in der Befreiung von allen Dingen, welche andere Leute auch, oft sogar besser, tun können, wie Verwaltungsarbeit, Examina u. dgl., welche die wenigen vorhandenen Energien verbrauchen, ohne dass auch nur annähernd ein Erfolg erzielt wird, der mit den auf rein wissenschaftlichem Gebiete erzielbaren vergleichbar wäre“ [59, S. 129].

ihre schöpferische Tätigkeit bis in die letzten Tage ihres Lebens ausdehnen.

Zur zweiten These wäre zu sagen, dass es in der Wissenschaftsgeschichte viele Beispiele dafür gibt, dass ein Gelehrter nicht nur auf einem, sondern auf verschiedenen Gebieten seine Spur hinterlässt, dass mit seinem Namen nicht nur eine, sondern zwei oder mehr Entdeckungen verbunden sind.

So wird die Allgemeingültigkeit der These, nach der ein Gelehrter nur zu einer bedeutenden Leistung fähig sein soll, schon durch das Wirken der nächsten Vertrauten Ostwalds in der physikalischen Chemie - Arrhenius und van't Hoffs - in Frage gestellt.

Mit der dritten These Ostwalds, nach der die letzten Jahre eines Gelehrten immer und unbedingt von Tragik geprägt sein sollen, weil er mit der „Jugend“, die in ihm einen Vertreter des Gestern sehe und sich von ihm abwende, in einem tiefen Konflikt stehe, kann man sich kaum einverstanden erklären.

Die wissenschaftlichen Positionen der „Alten“ müssen nicht immer „reaktionär“ sein, und bei weitem nicht alle Gelehrten verlieren im höheren Alter den Kontakt mit den nachwachsenden Generationen, nehmen „ihre Hand vom Puls der Wissenschaft“.

So finden sich zwar in Ostwalds Ansichten zum Generationsproblem in der Wissenschaft einige Übertreibungen, aber man muss andererseits feststellen, dass die von ihm aufgeworfenen Probleme unverändert aktuell sind, ja, dass mit fortschreitender Entwicklung - also mit der wachsenden Anzahl der in der Wissenschaft Tätigen, der zunehmenden Differenzierung der Arbeit und anderen Begleiterscheinungen des stürmischen Wachstums - ihre Aktualität immer größer wird.

6.4 „Klassiker“ und „Romantiker“

Die von Ostwald getroffene Einteilung der Gelehrten in „Klassiker“ und „Romantiker“ erfreute sich in Wissenschaftlerkreisen großer Beliebtheit.⁹¹

Ostwald verweist darauf, dass das Verhältnis des schöpferisch tätigen Menschen zu seinem Werk, insbesondere die Länge der Zeit, die der Schöpfer über seine Idee nachsinne, eine Funktion des Temperaments sei. Kennzeichen des Klassikers sei die Langsamkeit der geistigen Prozesse, Kennzeichen des Romantikers die Schnelligkeit.

Ostwald bringt diese Unterteilung der Gelehrten in zwei Gruppen auch mit den klassischen Temperamenten in Verbindung: Sanguiniker und Choleriker seien schnell reagierende Geister, Phlegmatiker und Melancholiker reagierten langsam.

Zu den Romantikern rechnet Ostwald Davy, Liebig und Gerhardt, zu den Klassikern Mayer, Faraday, Helmholtz, Gibbs. Der Unterschied zwischen Klassiker und Romantiker sei schon in der Jugend ziemlich entwickelt. Diesen Gedanken drückt Ostwald so aus:

Bei den schnell reagierenden Romantikern ist natürlich die Erscheinung der Frühreife besonders

⁹¹Ostwald schreibt: „Die beiden Grundformen der Klassiker und der Romantiker der wissenschaftlichen Forschung finden sich im allgemeinen um so deutlicher ausgeprägt, je höher der Forscher selbst als solcher steht, und die schwierig zu klassifizierenden Zwischenformen gehören vorwiegend den geringer entwickelten Exemplaren an“ [59, S. 357].

deutlich ausgedrückt ... Der Romantiker produziert schnell und viel und bedarf daher einer Umgebung, welche die von ihm ausgehenden Anregungen aufnimmt. Diese zu schaffen, gelingt ihm sehr leicht, denn er ist von Begeisterung erfüllt und vermag sie auf andere zu übertragen. [59, S. 413-415]

Ostwald erklärt, Romantiker halten sich nicht lange mit einer ihrer Schöpfungen auf; sie arbeiten schnell und gehen auch schnell von einer Arbeit zur nächsten über. Wissenschaftliche Schulen werden in der Regel von Romantikern hervorgebracht, so hatte z. B. Liebig eine ganze Armee von Schülern, darunter auch Ostwalds Lehrer an der Universität Dorpat, C. Schmidt; der Einfluss von Liebig's Schule reichte bis nach England, Russland und in die USA.

Romantiker treten stets als aktive Kämpfer für ihre Ideen, als leidenschaftliche Propagandisten ihrer Ansichten auf. Der Romantiker übertrifft den Klassiker in der Breite seiner Interessen und in der Vielseitigkeit der behandelten Probleme, er ist ihm aber unterlegen, wenn es um die Gründlichkeit und Tiefe der Forschungen geht. Als Beispiel eines typischen Klassikers nennt Ostwald J.W. Gibbs, der in seinem ganzen Leben nur zwei Probleme bearbeitet hat: die heterogenen Gleichgewichte und die statistische Mechanik.

Gibbs wie auch andere Klassiker zeichnen sich durch einen ganz individuellen Arbeitsstil aus. Der Klassiker hat es am liebsten, wenn er ein bestimmtes wissenschaftliches Problem von Anfang bis Ende selbst bearbeiten und dabei jeden Fakt peinlich genau überprüfen kann.

Nach Ostwald ist auch J. Berzelius ein Klassiker gewesen. Berzelius hatte Schweden jahrelang zur Hegemonie in der Chemie verholfen, und doch gab es keine Nachfolger für ihn. In einem Brief an F. Wöhler teilte er diesem mit, dass an einer schwedischen Universität eine Professorenstelle für Chemie frei geworden sei, und beklagt sich darüber, dass es niemanden gebe, der sie besetzen könne. Ostwald erklärt das damit, dass Berzelius nicht einen einzigen Schüler herangebildet habe, der ihm in irgendeiner Weise hätte das Wasser reichen können.

Es bleibt allerdings festzustellen, dass die Ostwaldsche Klassifizierung der Wissenschaftler, die sich nur auf die Reaktionsschnelligkeit, die Denkgeschwindigkeit und andere Besonderheiten im Arbeitsstil eines Gelehrten, wie z. B. sein Verhältnis zum Forschungskollektiv, bezieht, nicht zur Aufdeckung real existierender Unterschiede im Charakter und im Typ von Forschern ausreicht.

Diese Frage verdient in der Gegenwart nicht nur akademisches, sondern auch rein praktisches Interesse, eine Klassifizierung der Forscher ist heute hochaktuell. In der gegenwärtigen Entwicklungsetappe der Wissenschaft ist die Lösung dieses Problems eine brennende Notwendigkeit und erhöht die Effektivität wissenschaftlicher Forschungsarbeit.

Psychologen und Wissenschaftstheoretiker arbeiten daran, Kriterien für die optimale Zusammensetzung eines wissenschaftlichen Kollektivs zu finden. Dabei geht es insbesondere darum, das optimale Verhältnis verschiedener Typen von Wissenschaftlern - schöpferischer Geister, die neue Ideen hervorbringen, Kritiker, die schnell die „schwa-

chen Stellen" dieser Ideen herausfinden, und „Vollstrecker“, die imstande sind, große schöpferische Gedanken zu realisieren - festzustellen. Für diese Zwecke gibt es gegenwärtig eine Reihe von Versuchen zur Klassifizierung von Wissenschaftlern, die die verschiedenen Typen vollständiger und zutreffender charakterisieren.

6.5 Der wissenschaftliche Schaffensprozess - die Rolle von Zufall und Phantasie in der Forschung

Ostwald analysiert in verschiedenen Veröffentlichungen den Schaffensprozess einer Reihe bedeutender Gelehrter und versucht, seinen Mechanismus zu ergründen und zu zeigen, wie große wissenschaftliche Entdeckungen entstehen.

Hier ist besonders eine Analyse des Schaffens von Galvani und Volta sehr interessant. Ostwald untersucht sowohl den objektiven Gehalt ihrer Entdeckungen als auch subjektive, psychologische Momente ihrer Arbeit.

Er charakterisiert Galvanis Entdeckung (die galvanische Elektrizität) als typische Zufallsentdeckung. Sie ergibt sich, wenn der Forscher mit ganz anderen Dingen beschäftigt ist, sich aber bei seiner Arbeit Bedingungen ergeben, die eine ungewöhnliche Erscheinung auslösen (hier z. B. eine Muskelkontraktion an präparierten Fröschen, wenn sie mit Metall in Berührung kommen), durch die die Gedanken des Forschers in eine völlig neue Richtung gelenkt werden.

Er analysiert die Rolle des Zufalls in der Forschung allgemein und stellt fest, dass eine solche zufällig neu auftretende Erscheinung entweder ganz unbemerkt bleiben könne, oder sie werde bemerkt, aber nicht weiter erforscht; schließlich könne sie aber auch der ganzen Forschungsarbeit eines Gelehrten eine neue Richtung geben, wenn nämlich „unglaublicher Eifer und Begehren“ - das sind Galvanis eigene Worte - zur Erforschung der neuen Tatsache vorliege. Ostwald schreibt:

Die besondere Begabung des Entdeckers zeigt sich eben darin, dass er die Spur der neuen Entdeckung wittert und alsbald nach ihr ausschaut, wie der träge dahin schlendernde Hund zusammenfährt und sich in lauter Spannung verwandelt, wenn in seine Nase der Geruch des Wildes steigt. [66, S. 37]

Er hebt dann folgende Umstände hervor, die beachtet werden müssen, will man die Bedingungen, unter denen Galvani seine Entdeckung machte, richtig verstehen. Erstens: Die Erscheinung, die den Anstoß zu der epochemachenden Entdeckung gab, wurde zunächst von Galvanis Mitarbeitern bemerkt. Galvani berichtet darüber:

... Wie nun einer der Leute, die mir zur Hand gingen, mit der Spitze des Skalpells die inneren Schenkelnerven des Frosches zufällig ganz leicht berührte, zogen sich die Muskeln an den Gelenken derart zusammen, als wären sie von heftigen tonischen Krämpfen befallen. Der andere aber, welcher bei den Elektrizitätsversuchen behilflich war, glaubte bemerkt zu haben, dass dies sich ereignet hatte, während dem Konduktor der Elektrisiermaschine ein Funken entlockt wurde. Verwundert über diese neue Erscheinung machte er mich darauf aufmerksam, da ich etwas gänzlich anderes vorhatte und in Gedanken versunken war. [66, S. 36] Zweitens:

Das Bemerkenswerteste bei dieser Geschichte ist, dass Galvani gar keinen Grund hatte, sich der-

art aufzuregen. Dass elektrische Entladungen Muskelzusammenziehungen bewirken, war bereits bekannt, und ebenso war bekannt, dass eine elektrische Entladung in ihrer Nähe elektrische Vorgänge auch in solchen Leitern hervorruft, die gar nicht mit dem primären Kreise verbunden sind; man nannte dies den „Rückschlag“ der Entladung. Wenn Galvani die wissenschaftlichen Gesamtkenntnisse seiner Zeit präsent gehabt hätte, so hätte er sich die ganze Theorie der von ihm beobachteten Erscheinung zurechtlegen können, so dass sein Eifer und Begehren völlige Befriedigung erfahren hätten.

Zum Glück für die Entwicklung der Wissenschaft gingen seine Kenntnisse nicht so weit, und so begann er, seine Versuche auf das mannigfaltigste zu variieren, um hinter die Ursache zu kommen. [66, S. 37-38]

Drittens beachtete Galvani bei all seinen Untersuchungen einen Umstand nicht - die Muskelkontraktionen waren dann stärker, wenn eine Kette aus zwei verschiedenen Metallen vorlag.

Diese Tatsache gerade stand im Widerspruch zu Galvanis Erklärung der beobachteten Erscheinung (Galvani war der Meinung, der Grund für die physiologische Elektrizität liege in einer sogenannten „Lebenskraft“). Es blieb völlig unverständlich, warum die Muskelkontraktion stärker ist, wenn man den Muskel mit zwei verschiedenen Metallen in Kontakt bringt, und schwächer, wenn man ihn nur mit einem Metall berührt. Dazu schreibt Ostwald:

Es lässt sich in der privaten Geschichte des einzelnen Forschers ebenso wie in der allgemeinen Wissenschaftsgeschichte immer wieder nachweisen, dass solche ‚Unstimmigkeiten‘ einer Theorie gegenüber den Tatsachen sich hernach als entscheidende Wendepunkte herausstellen, die zwischen den verschiedenen Denkbareiten und Möglichkeiten maßgebend die Wahl bestimmen. [66, S. 41]

Volta machte diese Tatsache zum Ausgangspunkt seiner Untersuchungen und kam zu genau entgegengesetzten Schlüssen. Während Galvani der Meinung war, man könne die Muskeln des Frosches mit einer Leidener Flasche vergleichen, nahm Volta an, sie seien nur ein sehr empfindliches Elektroskop, und die „wahren Bewegter und Erreger der Elektrizität“ seien die Berührungen mit zwei verschiedenen Metallen. Nach Volta rührt also die Elektrizität von der Berührung mit den Metallen her „und nicht, oder nicht wesentlich, von der Berührung der Metalle mit den Flüssigkeiten“ [66, S. 46].

Wenn an der Theorie Galvanis der Stein des Anstoßes darin bestand, dass die verstärkte Wirkung zweier miteinander verbundener Metalle unerklärt blieb, so spielte in der Voltaschen Theorie eine andere Tatsache die gleiche Rolle, nämlich die immer auftretende Oxydation der Zinkplatten; Volta konnte diese Erscheinung nicht erklären, und damit löste er langwährende Streitigkeiten, zwischen den Anhängern der chemischen Theorie der galvanischen Elemente und denen der Kontakttheorie aus, die sich durch das ganze 19. Jahrhundert hinstreckten.

Ostwalds Meinung nach spielt die Phantasie, die er für eine angeborene Eigenschaft hielt, eine große Rolle beim Schaffensprozess.

Von den verschiedenen Eigenschaften, die in dem großen Forscher vereinigt sind, ist also die

Phantasie die am frühesten und weitesten entwickelte, und ihre Entwicklung zur großen Leistung besteht darin, dass sie auf Grund weiterer und tieferer Erfahrungen diszipliniert wird... Die Phantasie besteht in der Mannigfaltigkeit und Schnelligkeit geistiger Verbindungen. [59, S. 47]

Ostwald nimmt an, dass die Idee anfangs im Bewusstsein ihres Schöpfers noch nicht in Begriffe gefasst ist, noch keine „Plastizität“ angenommen hat. Diesen Zustand schildert er mit den Worten:

Ähnlich wie Schiller es für den Dichter beschreibt, dass bei ihm die Gestaltung des Kunstwerks mit einer Art musikalischer Stimmung begann, nämlich mit der allgemeinen gefühlsmäßigen Vorempfindung des Eindrucks, den das vollendete Werk hernach auf den Empfänger machen wird oder soll, so sehen wir auch das wissenschaftliche Gefühl das spätere Resultat weit vorausnehmen, lange bevor ein gangbarer Weg dorthin gefunden worden ist. [59, S. 92]

Als Bestätigung für seinen Gedankengang führt Ostwald die Worte von Gauß an:

Meine Resultate habe ich schon lange, ich weiß nur noch nicht, wie ich zu ihnen gelangen werde.

Später nehme die neugeborene Idee dann die Form einer wohlbegründeten Theorie mit präzisen Begriffen an.

Das Eindringen neuer Ideen in die Wissenschaft werde von etwas begleitet, das Ostwald „die Loslösung einer neuen Idee von der Persönlichkeit“ nennt. Eine neue Idee beginne, unabhängig von ihrem Schöpfer zu existieren; sie dringe in verschiedene Bereiche der Wissenschaft ein und verbinde sich mit anderen Ideen auf solche Weise, dass ihre Formulierungen immer schwieriger werden und der Name des Urhebers immer mehr in den Hintergrund trete. Ostwald weist darauf hin, dass diese Erscheinung mit der verstärkten kollektiven Ausnutzung wissenschaftlichen Gedankenguts, mit dem ununterbrochenen Anwachsen des Umfangs der Forschungsarbeiten zusammenhänge.

Er unterscheidet verschiedene Arten von Entdeckungen, Die einen würden durch systematische Organisation der wissenschaftlichen Arbeit erreicht; andere aber, die sich „an der äußersten Grenze der menschlichen Erkenntnis“ befänden, müssten warten, bis ein Genie komme, das sie „aus dem Reich der Träume in das der Realität überführt“.

Der Entstehungsprozess einer neuen Idee erfordere die Mobilisierung aller geistigen Kräfte des Forschers. Anders ist es nach Ostwalds Meinung mit dem Erfinden, das könne man genauso erlernen wie das Radfahren. Er brachte die Hoffnung zum Ausdruck, dass die Kunst des Erfindens in immer größerem Maße zum Allgemeingut werden möge und schließlich „für jedermann zur regelmäßigen Ausstattung des geistigen Hausinventars gehören wie Lesen und Schreiben“ [67, S. 160].

In seinem Aufsatz „Die Technik des Erfindens“ [67, S. 155-161] entwickelt er die Vorstellung, dass man Erfindungen machen könne, indem man ganz bestimmten Prinzipien folge. Ein Beweis für diese These sei das Schaffen Edisons.

Ostwald verweist darauf, dass am Ende des 19. und am Beginn des 20. Jahrhunderts große Veränderungen im Charakter des wissenschaftlichen Schaffensprozesses im Vergleich zum 18. Jahrhundert eingetreten seien Priestley, der am Ende des 18. Jahrhunderts die Chemie der Gase mit einer ungewöhnlich großen Anzahl von Entdeckungen

bereicherte, habe sein Verfahren mit dem eines Jägers verglichen, der aufs Feld und in den Wald geht und überhaupt nicht weiß, was er und ob er überhaupt etwas finden wird. Diese Jagd aufs Geratewohl sei nun durch ein regelmäßiges Treiben ersetzt, „und es gehört bereits eine gewisse Ungeschicklichkeit des Schützen dazu, um das eingekreiste Wild zu verfehlen“ [67, S. 156].

Nach Ostwald besteht die moderne Technik des Erfindens darin, das gesamte Feld der Möglichkeiten zu erfassen und darauf systematisch all das aufzusammeln, was von Wert sein könnte. Der systematische Weg zur Lösung eines Problems sei nichts als eine allmähliche Einengung des Kreises der unerforschten Möglichkeiten.

6.6 Die wissenschaftlichen Schulen

Interessant ist auch Ostwalds Analyse der Bedingungen für das Entstehen einer wissenschaftlichen Schule. Er stellt fest, dass so bedeutende Gelehrte wie z. B. Gauß, Faraday und Helmholtz⁹²) keine wissenschaftlichen Schulen gebildet hätten, während andererseits ein Physiker „mittlerer Begabung“ wie Gustav Magnus eine Schule gehabt habe, aus der fast die ganze Physikergeneration des letzten Viertels des 19. Jahrhunderts in Deutschland hervorgegangen sei.

Die meisten bekannten Schulen in der Wissenschaftsgeschichte seien jedoch von hervorragenden Gelehrten angeführt worden, von Gelehrten, die nicht nur eine hohe wissenschaftliche Begabung, sondern auch einen starken Willen hatten, was eine unbedingte Voraussetzung für die Schaffung einer solchen Schule sei.⁹³

Besonders ausführlich analysiert Ostwald die Lehrtätigkeit des Begründers der ersten großen Schule von Chemikern: Liebig. Er hebt die gewaltige Rolle hervor; die Liebigs chemisches Unterrichtslaboratorium in der Entwicklung nicht nur der Chemie als Wissenschaft, sondern auch der chemischen Industrie gespielt hat. Er schreibt:

Und zwar war es nicht Liebig der Forscher, Liebig der Entdecker, dem dies zu verdanken ist, sondern ganz und gar Liebig der Lehrer. [67, S. 144]

Und an anderer Stelle: „Er gab das erste und bis jetzt noch unübertroffene Beispiel für den gewaltigen Einfluss eines solchen Lehrers.“⁹⁴

⁹²Mit Ostwalds Behauptung, dass Helmholtz keine Schule hervorgebracht habe, kann man sich kaum einverstanden erklären.

⁹³Offenbar gehört außer diesen persönlichen Qualitäten des Anführers einer wissenschaftlichen Schule auch noch dazu, dass er aktuelle wissenschaftliche Forschungen in seinem Programm hat (wie z. B. Ostwald in den 80er Jahren die umfassende Ausarbeitung der Theorie der elektrolytischen Dissoziation und in den 90er Jahren die Katalyse). Gerade dadurch wird er zu einer Art Magnet, der den wissenschaftlichen Nachwuchs anzieht. Der Zustrom junger Forscher zu Ostwald hörte ja auch deshalb nie auf, weil er aus seinem Forschungsprogramm für jeden ein Thema mit reichen Perspektiven bereithielt.

⁹⁴Ostwald unterstreicht, dass eine wesentliche Vorbedingung für den Erfolg der Liebigschen Schule darin bestanden habe, dass Liebig alles für die Entwicklung des selbständigen Denkens seiner Schüler Notwendige tat. Er schreibt: „Es klingt trivial und ist doch so schwer, den Schüler gewähren zu lassen, wenn sein Gedankengang einen andern Weg nimmt, als ihn der Professor, der die Aufgabe gestellt hat, sich selbst gedacht hatte. Mir ist ein Fall bekannt, wo ein hervorragender Gelehrter

Natürlich war Liebig's Lehrtätigkeit nicht der einzige Grund für das stürmische Wachstum der chemischen Industrie in Deutschland, aber es steht außer allem Zweifel, dass das Vorhandensein der vielen Chemiker aus Liebig's Schule diese Entwicklung begünstigt hat.

Die Entstehung der chemischen Industrie ihrerseits wieder führte zu einer Steigerung des Bedarfs an Chemikern und stimulierte daher die Lehrtätigkeit von Wissenschaftlern. Ostwald würdigt auch die Verdienste von J. J. Thomson, der in England eine bedeutende Schule von Physikern hervorgebracht hat, wobei nicht nur die eigentliche Wissenschaft, sondern auch die Untersuchungsmethoden selbst zum Forschungsgegenstand erhoben wurden.

6.7 Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik - die Rolle von Organisatoren in der Wissenschaft

Ostwald unterscheidet sich von einer ganzen Reihe von Wissenschaftshistorikern, die meinen, der Entwicklungsprozess der Wissenschaft laufe autonom ab und werde völlig von immanenten Gesetzen bestimmt, darin, dass er den Zusammenhang zwischen der Wissenschaft und der gesellschaftlichen Praxis erkannte.

Einige Historiker haben zwar den Einfluss hervorgehoben; den die Wissenschaft auf die Technik sowie auf die Methoden und Formen des menschlichen Denkens hat, haben aber einen umgekehrten Einfluss verneint, d. h., sie waren der Meinung, die materielle Praxis habe keine Auswirkungen auf die Wissenschaft. Um so weniger waren diese Leute natürlich imstande, den engen und unlöslichen Zusammenhang zwischen der Geschichte der logischen Wissenschaftsentwicklung und der Logik der Entwicklung der materiellen Praxis zu verstehen, der von den Begründern des Marxismus aufgedeckt wurde.

Gegenüber solchen Historikern hat Ostwald den Vorzug, dass er nicht nur den Einfluss der Wissenschaft auf die gesellschaftliche Praxis anerkennt, sondern auch den Einfluss der letzteren auf die Wissenschaft hervorhebt und schreibt:

Zwar ist der Baum der Erkenntnis riesenhaft in den freien Äther der reinen Wissenschaft hinaufgewachsen; seine Wurzeln hat er aber durchaus in dem festen Boden menschlicher Bedürfnisse und Betätigungen gehabt und behalten. [66, S.4]

1897 sagte er: „Wissenschaft und Praxis sind aufs engste miteinander verbunden und müssen voneinander lernen“ [36, S. 10]. Er hebt besonders hervor:

Eine Wissenschaft um ihrer selbst willen gibt es nicht. ..., sondern die Wissenschaft ist um menschlicher Zwecke willen da ... Letztes Ziel jeder Wissenschaft ist die praktische Anwendung, weil eine Wissenschaft ohne dies, genauer, ohne vorbestimmtes Ziel die Bezeichnung Wissenschaft nicht verdient; sie ist für die Gesellschaft völlig uninteressant und kann deshalb keine Unterstützung von ihr erwarten. [67, S. 69]

Er erklärt jedoch, man dürfe diese allgemeine These nicht als eine eng utilitaristische

und von seinen Schülern auf das höchste verehrter Lehrer den ganzen Erfolg seines Unterrichts dadurch zerstört hat, dass er unbewusst die jungen Leute dazu zwang, nur das zu finden, was er von vornherein erwartet hatte. Hierdurch ist es gekommen, dass er, der Hunderte von Doktoren zur Promotion brachte, doch kaum einen Schüler ausgebildet hat, der späterhin wissenschaftlich das Mittelmaß erheblich überragt hätte“ [59, S. 167].

Bestimmung der Wissenschaft auffassen; es sei natürlich nicht ihre Aufgabe, irgendeine Fabrik zu erbauen oder dergleichen. In der reinen Wissenschaft solle und müsse man „auf Vorrat“ arbeiten; es komme eine Zeit, wo das angehäuften wissenschaftlichen Kapital in Umlauf gelange und großen Gewinn bringe; das, was heute ein rein wissenschaftliches Problem sei, könne morgen zur Grundlage eines wichtigen technischen Verfahrens werden [67, S. 143].

Ostwald tritt für die Förderung der reinen Wissenschaft ein und führt als Hauptargument dafür an, dass sie eine unumgängliche Voraussetzung für den Fortschritt der Technik und das Wachstum der Reserven des Staates sei. Er schreibt:

Schauen Sie, meine Herren, doch nach England. Um die immer gefährlicher gewordene Konkurrenz Deutschlands auf verschiedenen Gebieten der Technik abzuwehren, weiß man auf der ganzen Linie nur ein Mittel, und das heißt: Steigerung der wissenschaftlichen Ausbildung... Und in Amerika macht man sich ernstlich die Hoffnung, wie man in einzelnen Gebieten der Technik das alte Europa überflügelt hat, so auch in der reinen Wissenschaft das gleiche zu erreichen in dem klaren Bewusstsein, dass eine dauernde technische Überlegenheit nur auf wissenschaftlicher Grundlage möglich ist.

Wenn es sich also darum handelt, die Entwicklung irgendeiner Technik zu fördern, so gibt es dazu wirklich kein sichereres Mittel als die Förderung der reinen Wissenschaft; sie allein schafft, wie ich das eben entwickelt habe, die nötige geistige Kapitalgrundlage für eine gesunde Entfaltung. [67, S. 151]



Abb. 24. W. Ostwald (1941)

Ostwald verweist darauf, dass Praxis und Theorie, Technik und Wissenschaft anfänglich gar nicht getrennt waren. Die Trennung sei erst eingetreten, als die Theorie anfang, „das Überflüssige zu fragen“ und darauf Antwort zu suchen, während die Praxis sich weiterhin mit der Kenntnis des täglich Notwendigen begnügte.

Mit der Zeit sei dann aber immer klarer geworden, dass gerade das „Überflüssige“ das Allernotwendigste war. Solche „überflüssigen“ Fragen seien immer die, die zum gegebenen Zeitpunkt nur rein erkenntnistheoretische Bedeutung und keinerlei praktisches Interesse hätten; aber bei der Lösung solcher Probleme tauchten in der Regel neue Fragen auf. Ostwald hat diese Situation mit der im Märchen verglichen, wo „statt eines abgehauenen Kopfes ein ganzes Bündel neuer Köpfe wächst“.

Bei einer Analyse der Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik, insbesondere der Veränderungen, die es in dieser Hinsicht um die Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert gab, kommt Ostwald zu dem Schluss, dass die neuesten Errungenschaften der Wissenschaft um so schneller in die Technik Eingang fänden, je höher der Entwicklungsstand der Industrie sei. Allerdings würden, nachdem das „erste gediegene Gold der neuentdeckten Ader aufgesammelt ist“, die Kosten für die Ausbeutung der schwerer zugänglichen „Lagerstätten“ immer höher.

Ostwald meint, seit den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts sei „die technisch beste Lösung auch die wissenschaftlich beste geworden“ [66, S. 102]. An anderer Stelle schreibt er:

Das große technische Problem der Zukunft ist die unmittelbare Gewinnung der mechanischen Energie aus der chemischen. Vor einer Reihe von Jahren habe ich selbst auf die Umwandlung der chemischen Energie in elektrische als das nächste Zukunftsideal unserer technischen Entwicklung hingewiesen. [43, S. 235]

Es gebe im 20. Jahrhundert keinen Grund mehr, eine strenge Trennungslinie zwischen Wissenschaft und Technik zu ziehen, da einerseits eine Technisierung der Wissenschaft, andererseits eine wissenschaftliche Durchdringung der Technik erfolge; die Unterschiede in Denkweise und Arbeitsmethoden würden verschwinden.

Im Tempo des Anwachsens der wissenschaftlichen Kenntnisse stellt Ostwald eine bestimmte Tendenz fest: „Die Wissenschaft schreitet in regelmäßig beschleunigter Weise, die an die Geschwindigkeitszunahme beim freien Fall gemahnt, vorwärts“ [66, S. 52]. Außerdem werde, je mehr man sich dem 20. Jahrhundert nähere, die Zeitspanne vom Moment einer wissenschaftlichen Entdeckung bis zu ihrem Eindringen in die Praxis immer geringer.

Ostwald verweist auch darauf, dass gegen Ende des 19. Jahrhunderts der Zeitraum, den eine neue wissenschaftliche Erkenntnis „im Verborgenen“ zubringe, immer kürzer werde. Durch die Erweiterung der Forschungsarbeit und die zunehmende Entwicklungsgeschwindigkeit der Wissenschaft werde eine Konservierung origineller, prinzipiell neuer Forschungen immer mehr ausgeschlossen, da sie in der Regel sehr schnell von anderen Forschern aufgegriffen würden.⁹⁵

Er unterstreicht, dass die engen Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik, die sich am Ende des 19. Jahrhunderts herausbildeten, großen Einfluss auf das Gedeihen der Chemie gehabt haben. So seien z. B. die Erfolge, die Deutschland in der Technik erzielen konnte, durch die Vorzüge der deutschen Chemikerausbildung bedingt, und zwar hauptsächlich der wissenschaftlichen, nicht etwa der technischen.

Er selbst sei bei der Auswahl der Themen für wissenschaftliche Arbeiten junger Chemiker stets von den Interessen der Wissenschaft ausgegangen, weil er genügend Gelegenheit

⁹⁵Ostwald verweist hierbei auch auf die negative Seite dieses Prozesses. Er schreibt: „Allerdings bringt die heutige schnelle Wissenschaftsentwicklung es mit sich, dass eiliger publiziert wird, und dadurch viele instabile Zwischenstufen, die bei der früheren langsameren Produktion verschwanden, nachdem sie ihre Dienste getan hatten, gegenwärtig ihr kurzes Dasein in der Literatur vor aller Augen verbringen. Am unbequemsten ist hierbei, dass fast niemals, nachdem sie des Todes verblieben sind, ihnen ein formeller Totenschein ausgestellt wird“ [15].

gehabt hätte, sich davon zu überzeugen, dass die anscheinend ausgefallensten wissenschaftlichen Probleme sich in irgendeinem Punkte mit der hochentwickelten Industrie trafen [36, S. 3].

Auf dem ersten Internationalen Monistenkongress in Hamburg hielt Ostwald am 10. September 1911 einen Vortrag zum Thema „Die Wissenschaft“. Die Wissenschaft, sagte er, sei ein allmächtiges Instrument der Naturerkenntnis.

Es sei gegenwärtig die Meinung verbreitet, dass sich die Wissenschaft als organisches Ganzes nach einer bestimmten Ordnung entwickle, nämlich vom Einfachen zum Komplizierten, und sie stelle ein autonomes Gebilde mit selbstregulierenden und -assimilierenden Eigenschaften dar.

Weiter verglich Ostwald die Wissenschaft mit einem Organismus, in dem es sowohl mehr als auch weniger wichtige Zellen gibt; keine ihrer Zellen sei aber so wichtig, dass die Wissenschaft mit ihrem Tod aufhöre zu existieren.

Die Ergebnisse der Wissenschaft seien - einmal abgesehen von denen, die in die Praxis Eingang gefunden hätten - in Form von Büchern, die eine Schatzkammer menschlichen Wissens und der Wege zu seiner Erlangung darstellten, „materialisiert“.

Besonders unterstrich Ostwald die soziale Natur der Wissenschaft und ihren grundlegenden Zusammenhang mit der Technik. Eine Loslösung der Wissenschaft von der Technik würde für sie den Verlust des Nährbodens, für die Technik den der einzigen Führung bedeuten. Besonders deutlich werde der enge Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik noch durch den Umstand, dass oftmals der Fortschritt der Wissenschaft von Leuten; die nicht in der reinen Wissenschaft tätig seien, bestimmt werde.

Eine bedeutende Rolle maß Ostwald den Organisatoren zu, die in der Regel „ein Beispiel für das Zusammenwirken verschiedener Funktionen bieten, was eine außerordentlich komplizierte Aufgabe ist“.

Im Leben der Gesellschaft wirke, so behauptet Ostwald, ein „Trägheitsgesetz“, und zwar dahingehend, dass sie alle Neuheiten, die ein Abgehen von den gewohnten, ausgetretenen Pfaden des Denkens erforderten, ablehne. Je reicher jedoch das Erbe sei, das die Menschheit von den verflossenen Generationen übernehme, um so schneller verlaufe die kulturelle und gesellschaftliche Entwicklung; dadurch existiere zwischen zwei aufeinanderfolgenden Generationen schon eine solche Kluft, dass sie einander nicht mehr verstünden.

Aus diesem Grunde herrsche im Leben der menschlichen Gesellschaft ein ständiger Widerspruch zwischen zwei Momenten - dem Konservatismus (der geistigen Trägheit) und der Tendenz zu Neuerungen. Die Mehrheit befinde sich stets unter dem Einfluss des ersten Moments. Wenn es dieses erste Moment nicht gäbe, würde die Menschheit wie ein Spielzeug ziellos hin- und hergetrieben; allerdings verhindere es auch das schnelle Vordringen neuer Ideen (das sei die negative Auswirkung des Trägheitsgesetzes).

Deshalb müsse man beim Kampf für die Durchsetzung einer neuen Idee stets berücksichtigen, dass das nicht auf einen Schlag gelingen könne; es sei immer ein mehr oder weniger langer Zeitraum erforderlich, um die Menschen an diese Idee zu gewöhnen. In der Regel könne die Aufgabe, eine neue Idee zu popularisieren, nicht von ihrem Urheber

selbst übernommen werden. Dies sei die Aufgabe von Organisatoren, deren Fähigkeiten in bedeutendem Maße daran zu messen seien, wie gut sie es verstünden, den Zeitraum, in dem sich die Menschen an neue Ideen gewöhnen, zu verkürzen.

Ostwald unterstreicht, dass Erfindungen und Entdeckungen erst dann zu einem wesentlichen Faktor im Leben der Gesellschaft werden können, wenn sie von ihr akzeptiert werden; dies zu erreichen, sei Aufgabe der Organisatoren. Sie, die die praktische Realisierung wissenschaftlicher Ideen übernehmen und Entdeckungen zum Gemeingut, zu einem Faktor des gesellschaftlichen Fortschritts werden ließen, verdienten die gleiche Wertschätzung wie die Schöpfer der betreffenden Ideen, Er selbst vertritt sogar die Meinung, dass organisatorische Arbeit viel schwieriger zu leisten sei als Forschungsarbeit.

Man kann wohl sagen, dass Ostwald unter den Gelehrten seiner Zeit einer der wenigen war, die erkannten, dass die Wissenschaft in ein Entwicklungsstadium eingetreten war, in dem ihre Wechselbeziehungen zur Technik, zur materiellen Produktion und den anderen Gebieten der gesellschaftlichen Praxis so vielfältig und intensiv geworden waren, dass sie ihre Funktionen nur dann weiterhin erfolgreich erfüllen konnte, wenn das Problem der Organisation wissenschaftlicher Forschungen und der Auswahl wissenschaftlicher Kader gelöst wurde.

6.8 Die Rolle der Begriffe in der Entwicklung des Wissens

Ostwald betrachtete die Bewegung der Wissenschaft als einen Übergang von einer bestimmten Menge Fakten zu einem System von Fakten und schließlich zu einem Gesetz, das die höchste Erkenntnisstufe für das betreffende Fragment der Realität vorstellt und in seiner allgemeinsten Form in einem umfassenden Begriff Ausdruck findet.

Gesetze drücken das Unveränderliche der Erscheinungen, die sie umfassen, aus. Sie betreffen die Größen, die, auch wenn sich alle übrigen Angaben in den vom Gesetz erlaubten Grenzen ändern, konstant bleiben. Ostwald sagt, diese konstanten Größen seien gewissermaßen die Meilensteine des Erkenntnisweges, den die Menschheit zurückgelegt habe.

Eine solche konstante Größe sei z. B. die Masse, die sogar bei den grundlegendsten Umwandlungen, denen die Gegenstände der uns umgebenden Welt unterworfen werden könnten, nämlich bei den chemischen Umsetzungen, konstant bleibe. Der Fortschritt der Wissenschaft äußere sich in der Entdeckung immer allgemeinerer Konstanten; R. Mayer habe in der Energie die allgemeinste Konstante entdeckt.

Während Wissenschaftshistoriker im allgemeinen ihr Augenmerk auf die konkrete Analyse verschiedenster wissenschaftlicher Erscheinungen lenken, konzentrierte sich Ostwald auf das Problem der Herausbildung neuer Begriffe, Er hielt es nicht für wesentlich, wer diesen oder jenen wissenschaftlichen Terminus zuerst gebraucht hatte, sondern interessierte sich mehr für die Genesis des wissenschaftlichen Begriffs.

Ostwald wies immer wieder darauf hin, dass in der Mehrzahl der Fälle die Vorwärtsentwicklung der Wissenschaft über die Schaffung eines neuen Begriffs verlaufe; allein dadurch werde sie, ohne das Zutun irgendwelcher Fakten, auf eine neue Stufe gehoben.

Er schreibt:

Anfangs enthält jeder Begriff zweifellos Bestandteile, die unwesentlich und überflüssig sind und daher mit der Zeit daraus verschwinden. [67, S. 201]

Dieser „Reinigungsprozess“ der Begriffe habe nie ein Ende. Er entwickelt in diesem Zusammenhang eine erkenntnistheoretische These, nach der Absolutes in irgendeiner endgültigen Form niemals erreichbar ist. Diese These sah er als „eine der wertvollsten Schlussfolgerungen aus der modernen, historisch begründeten Erkenntnistheorie“ an. 1909 stellte Ostwald in seinem Aufsatz „Perspektiven der modernen Naturwissenschaft“ den Grundsatz auf, dass „die alte Wissenschaft die vom Sein, die neue... die vom Werden“ sei, weil alles in der Welt sich entwickle und verändere. Deshalb sei die „Entwicklung“ der Zentralbegriff der modernen Wissenschaft, und dementsprechend seien die bereits gefundenen Gesetze nicht als absolut oder unveränderlich anzusehen. Ostwald schreibt dazu:

Wir werden also sachgemäßer die Gesamtheit der Naturerscheinungen so aufzufassen haben, dass wir von keinem der bekannten Gesetze eine absolute Zeitlosigkeit behaupten dürfen. [5, S. 208]

Die moderne Wissenschaft habe die Aufgabe, ständig Antwort auf die Frage zu geben, wie das Existierende entstanden ist; damit werde schon von vornherein vorausgesetzt, dass nichts Unveränderliches existiert. Das hervorstechendste Merkmal der modernen Wissenschaft sei also die Erforschung der Entwicklung als grundlegender Eigenschaft aller Dinge. Dieser Standpunkt finde auch in den Wissenschaften Eingang, die auf den ersten Blick völlig abseits vom Entwicklungsgedanken liegen und es nur mit Gesetzen, die nicht dem Einfluss der Zeit unterliegen, zu tun haben (Physik, Chemie).

Ostwald unterscheidet zwei Formen wissenschaftlicher Arbeit, die einander ergänzen - die Entdeckung noch unbekannter Verhältnisse und die begriffliche Klärung eines neuen Gebiets. In den Begriffen werde „das Wesentliche der neuen Verhältnisse in angemessener Form“ ausgedrückt [66, S. 81]. Als Beispiel führt er Faradays Arbeiten auf dem Gebiet der Elektrochemie an und stellt fest, dass die Erarbeitung der neuen Begriffe (Ion, Anion, Kation, Elektrode usw.), die eine bessere Orientierung auf dem neuen Gebiet ermöglicht hätten, ein nicht geringeres Verdienst sei als die Entdeckung der Gesetze der Elektrolyse selbst.

Durch die neuen Begriffe würden nicht nur die gefundenen Resultate mit einem Sinn erfüllt, sondern auch Hinweise auf die Richtung und den Charakter weiterer Forschungen im betreffenden Gebiet gegeben.

Ostwald wies darauf hin, dass man unbedingt feststellen müsse, aus welcher Sphäre, welchem Ideenkreis sich ein neuer Begriff herauskristallisiert habe, dass man die „Mutterlauge“ sorgfältig analysieren und in ihr die Körnchen des Begriffs finden müsse, um seine Beziehungen zu anderen Ideen und Begriffen festzustellen.

Einen Unterschied machte Ostwald zwischen der Schaffung einer neuen Theorie in einem alten Wissensgebiet und der Entdeckung eines völlig neuen Kreises von Erscheinungen. Im letztgenannten Falle komme eine entscheidende Rolle Dilettanten zu, die

über ein „scharfes Auge“, aber relativ geringes Wissen verfügten. Er schreibt, dass jedes Mal, wenn verschiedene Wissensgebiete befruchtend aufeinander einwirkten, die erste Pionierarbeit von Dilettanten geleistet werden müsse – das sei ganz klar, denn wo es noch keine „Fachrichtung“ gebe, könne es auch noch keinen „Fachmann“ geben. Manchmal sei es für einen Forscher die beste Taktik, möglichst wenig davon zu wissen, was andere auf dem betreffenden Gebiet schon getan haben; das sei allerdings nur dann sinnvoll, wenn es sich um ein nicht oder wenig ausgearbeitetes Gebiet handle.

Diese Vorstellungen Ostwalds waren in bestimmtem Maße für frühe Entwicklungsstadien der Wissenschaft zutreffend, können aber kaum eine „Erfolgsgarantie“ für die Arbeit auf irgendeinem Gebiet unserer heutigen Wissenschaft darstellen.

Die Rolle der Widersprüche in der Wissenschaftsentwicklung Auf das Problem der Widersprüche in der Entwicklung der Wissenschaft verwandte Ostwald in seinen wissenschaftshistorischen Untersuchungen große Aufmerksamkeit. Er fand bei der Analyse der Geschichte bedeutender wissenschaftlicher Probleme bzw. der Geschichte der Chemie als Ganzes heraus, dass der Widerspruch ein notwendiges Moment der Wissenschaftsentwicklung und ihre treibende Kraft darstellt.

Am umfassendsten behandelt Ostwald die Rolle der Widersprüche bei der Wissenschaftsentwicklung in seinem Buch „Die Entwicklung der Elektrochemie“.

Nach Ostwald ist der Konflikt zwischen alten Theorien und neuen Fakten der grundlegende Entwicklungsfaktor. Zunächst beachte die Theorie diese neuen Fakten nicht oder messe ihnen keinerlei Bedeutung bei, bis dann die weitere Entwicklung zeige, dass gerade die richtige Erklärung dieser Fakten den Schlüssel zur Lösung aller Probleme darstelle. Er schreibt:

Verfolgt man... die Schicksale der bisherigen chemischen Theorien, so zeigt sich folgende regelmäßige Erscheinung. Zunächst wird eine Theorie entwickelt, um durch die Mannigfaltigkeit des gewählten Schemas die Mannigfaltigkeit der bekannten Verbindungen darzustellen...

Jede Theorie drückt den Wissensbestand ihrer Zeit mehr oder weniger vollkommen aus. Dieser Wissensbestand ist aber einer unaufhörlichen Vermehrung und auch Veränderung unterworfen; so tritt dann notwendig früher oder später der Zeitpunkt ein, wo die beiden Mannigfaltigkeiten – die tatsächliche der Erfahrung und die schematische der Theorie – nicht mehr zueinander passen. Meist versucht man zunächst, die Tatsachen zu beugen, wenn die Theorie, deren Möglichkeiten sich leichter übersehen lassen, nichts mehr ausgeben will. Tatsachen sind aber auf die Dauer widerstandsfähiger als alle Theorien oder vielmehr als ihre konservativen Vertreter, und so entsteht die Notwendigkeit, die alte Theorie entweder passend zu erweitern oder durch eine neue, angemessenere zu ersetzen. [53, S. 150]⁹⁶

Eine Analyse aller Äußerungen Ostwalds über die Ablösung wissenschaftlicher Theorien und den Übergang von einer Vorstellungswelt zu einer anderen zeigt, dass er zwei Arten des Verhältnisses

⁹⁶Interessant ist, dass dieses Zitat an eine Äußerung erinnert, die Butlerow am 19. September 1861 vor der chemischen Sektion der 36. Tagung der deutschen Naturforscher und Ärzte in Speyer machte. Butlerow sagte in seinem berühmten Vortrag „Über den chemischen Bau der Stoffe“: „Neue Ansichten sind gewöhnlich umfassender als ihre Vorgänger; sie werden bevorzugt, weil sie die Tatsachen von einer neuen Seite betrachten und neue, vorher nicht festgestellte Analogien angeben; das schließt aber nicht aus, dass auch die früheren Ansichten in den Grenzen der dazugehörigen Fakten richtig waren. Schade ist nur, dass neue Theorien, oder besser gesagt, ihre Verfechter, das oft vergessen!“ [257].

zwischen aufeinanderfolgenden wissenschaftlichen Systemen unterscheidet: die eine, die für eine reife Wissenschaft spezifisch sei und sich dadurch auszeichne, dass das vorherige System im darauffolgenden als Sonderfall enthalten sei, und eine zweite, für die es charakteristisch sei, dass das neue System eine radikale Überwindung des vorherigen darstelle.

Diese zweite Form trete natürlich immer dann auf, wenn die bis dato herrschende Ansicht falsch gewesen sei und im Laufe der Entwicklung von einer anderen abgelöst werde, die den entsprechenden Kreis von Erscheinungen adäquat widerspiegle.

Ostwald unterstreicht, dass der Wechsel der Standpunkte ein Prozess sei, der um so schneller ablaufe, je radikaler das Verhältnis der neuen Positionen zu den alten sei. Wenn im ruhigen Ablauf der Wissenschaftsentwicklung plötzlich ein wichtiger neuer Fakt, der im radikalen Widerspruch zu den existierenden Vorstellungen stehe, auftauche, so habe das weitreichende Konsequenzen und führe zu bedeutenden Metamorphosen in der Wissenschaft.

Die Fakten, die die Wissenschaft täglich hinzugewinne, würden entweder von den entsprechenden Theorien unmittelbar assimiliert, d. h. in ihrem Sinne interpretiert, meint Ostwald, oder aber, wenn sie „Abweichungen“ von der herrschenden Theorie darstellten, als Fremdkörper zu Boden sinken und eine bestimmte Zeit dort verbleiben. Ein neuer Fakt von großer Bedeutung jedoch untergrabe die alte Theorie; zu seiner Erklärung und Einordnung würden neue Hypothesen geschaffen und neue Theorien konstruiert. Diesen Prozess nennt Ostwald die "Kristallisation des neuen Gedankens".

Nur in den seltensten Fällen seien allerdings die Umstände so günstig und die Kristallisationskräfte des Neuen so stark, dass gleich beim ersten Versuch ein reines und beständiges Produkt entstehe. In der Regel schließe das erste Produkt Verunreinigungen aus der Mutterlauge der Gedanken der betreffenden Epoche, aus denen es hervorgegangen sei, ein, und zwar oft in solchen Mengen, dass die Eigenschaften der Hauptsubstanz durch sie überdeckt würden. Dann sei ein längerer Zeitraum für ein mehrfaches „Umkristallisieren“ nötig, um das artfremde Material auszuschließen.

Aber auch wenn es gelinge, das „Produkt“ (d. h. die Theorie, das System neuer Gedanken) von den größten Verunreinigungen zu befreien, zeige die Erfahrung, dass sich der Reinigungsprozess nie ganz bis zu Ende durchführen lasse, sondern sich diesem Endziel nur asymptotisch nähere. Am allerschwierigsten sei es, die letzten Verunreinigungen, die sich mit gewöhnlichen Mitteln nicht mehr entfernen ließen, zu beseitigen. Der Kristallisationsprozess eines neuen theoretischen Produkts verlaufe nur bei einem vollständigen Wechsel des Verfahrens oder der Kristallisationsmittel bis zum Ende - damit will Ostwald sagen: nur dann, wenn sich die wissenschaftliche Weltanschauung grundlegend ändert.

Ostwald hat wiederholt darauf hingewiesen, dass jede neue Theorie „Relikte“ enthalte, dass sie ihrer Vorgängerin Tribut zollen müsse, indem sie einzelne Elemente dieser Vorgängerin, die ihrem Organismus fremd seien und von denen sie sich im Laufe der Entwicklung befreie, in sich aufnehme. Diesen Gedanken illustriert er anhand einer Reihe von Beispielen aus der Wissenschaftsgeschichte.

Ostwald unterscheidet in der Wissenschaftsentwicklung zwei einander ständig abwechselnde Perioden. Er schreibt:

Zur Zeit ihrer Verwandlung aus einer beschreibenden in eine rationale Wissenschaft wies die Chemie einen ziemlich regelmäßigen Wechsel von Perioden, ... in deren Verlauf eine gesetzmäßige und kontinuierliche Anhäufung empirischer Schätze erfolgte, auf. Nur selten wurde die ruhige Arbeit durch schnell zu beseitigende Meinungsverschiedenheiten gestört. Wenn es sich

aber erforderlich machte, zur Verarbeitung und Vereinheitlichung des Materials verallgemeinernde Ideen zu entwickeln, so hatten diese nur in den seltensten Fällen das Glück, schnell günstige Aufnahme zu finden. [29]

Für Ostwald war es lebenswichtig, solche Situationen richtig einzuschätzen, denn es war ja gerade ihm „vom Schicksal auferlegt“, über „absurde“ Ideen und Hypothesen zu urteilen, insbesondere über eine so „verrückte“ Theorie wie die der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius, die er als erster anerkannte.

Aus der Analyse der Wechselbeziehungen von Hypothese und Experiment, der „Nicht-übereinstimmung“ der Theorie mit den Tatsachen zieht Ostwald einen praktischen Schluss, der seiner Meinung nach besonders für den beginnenden Forscher wichtig ist:

Der werdende Forscher... darf sich niemals in solchen Fällen beruhigen, ehe er sich ganz und gar darüber klar geworden ist, was der fragliche widerstrebende Umstand zu sagen hat. Muss er dann auch vielleicht infolge einer solchen Untersuchung sein bereits so schön errichtetes theoretisches Gebäude wieder niederreißen, so soll ihm das nicht leid tun, denn er ist ja nur davor bewahrt geblieben, einen unhaltbaren Bau zu errichten. [66, S. 41]

Ostwald meint, diese Widersprüche lägen in der Natur der Wissenschaft und seien ein ständig wirkendes Stimulans ihrer Bewegung.

Eine der Vorbedingungen für erfolgreiches Arbeiten sah er im theoretischen Herangehen an die Dinge, das vor einem rein empirischen Vorgehen zweifellos viele Vorzüge hat; allerdings verfolgte er diese Linie in seinen methodischen Arbeiten nicht konsequent genug.

Über die Bedeutung der Theorie hat sich Ostwald wiederholt geäußert. So stellt er z. B., als er den Einfluss der Ionentheorie auf die analytische Chemie einschätzt, fest, dass durch diesen Einfluss eine Rationalisierung der analytischen Chemie, die in ihrer vorherigen Form fast nichts anderes als eine Rezeptsammlung gewesen sei, erfolgt wäre. Dieser prinzipielle Umschwung sei der Theorie der elektrolytischen Dissoziation zu verdanken, die die bekannten Regeln und Methoden der Analyse auf eine wissenschaftliche Grundlage gestellt habe. Bei der gleichen Gelegenheit schreibt Ostwald, die beste Praxis laufe auf eine gute Theorie hinaus.

Seiner Meinung nach besteht die Macht einer Theorie wie z. B. der der elektrolytischen Dissoziation darin, dass sie die Menge unzusammenhängender Fakten und damit die Anforderungen an das Gedächtnis vermindere sowie das Studium interessanter und lehrreicher mache.

Ostwald ist der Auffassung, dass durch eine perfekt ausgearbeitete Theorie das betreffende Wissensgebiet, dessen Kernstück sie darstelle, deduktiven Charakter annehme. So schreibt er über die Elektrochemie, die sich mit der Umwandlung chemischer Energie in elektrische und umgekehrt befasst, im Zusammenhang mit den Arbeiten von Helmholtz, Nernst und anderen:

Wir haben es mit einem Worte hier mit einem Teil der Naturwissenschaft zu tun, der bereits weitgehend deduktiv geworden ist... Der Erfahrung fällt hierbei die Aufgabe zu, die Richtigkeit der Deduktion zu prüfen. [66, S. 168-169]

Ostwald befasste sich auch allgemein mit dem Problem der Herausbildung des Neuen in der Wissenschaft und charakterisierte die Veränderungen, die sie dabei erfährt. Er verwies darauf, dass das Neue in der Regel nicht die gesamte Wissenschaft in Bewegung bringe, sondern nur irgendein bestimmtes Gebiet radikal umgestaltet werde; danach werde eine Übereinstimmung zwischen diesem Neuen in der Wissenschaft und dem, was aus dem alten Bestand seine Gültigkeit behalten habe, hergestellt. Er sagt dazu:

Nehmen wir eine der größten derartigen Änderungen, den Ersatz der Phlogistontheorie durch die Sauerstofftheorie in der Chemie. Dem oberflächlichen Betrachter erscheint es allerdings so, als sei die Chemie nach jener Revolution eine ganz andere Wissenschaft geworden.

Verfolgen wir aber die Entwicklung durch das Studium der zeitgenössischen Schriften, so sehen wir, dass neben den leidenschaftlichen Streitigkeiten über die Verbrennungsfrage die übrigen Teile der Chemie ihren ruhigen Gang gehen, dass die analytischen Methoden, die Kenntnis der einzelnen Stoffe und ihrer Eigenschaften, die technischen Anwendungen usw. fortschreiten, ohne viel durch den Streit beeinflusst zu werden. Und als schließlich die Sache zugunsten der Sauerstofftheorie entschieden war, wurde einfach der ganze übrige Bestand der Wissenschaft in die neue Chemie mit hinübergenommen und bedurfte höchstens einer anderen Bezeichnungsweise, aber keiner neuen Bearbeitung, um einen naturgemäßen Bestandteil der reformierten Wissenschaft zu bilden. [43, S. 12-13]

Ostwalds Einstellung zur Rolle von Hypothesen in der Wissenschaft war die gleiche wie die von Mayer, der seine berühmte erste Schrift den „Freunden einer hypothesenfreien Naturauffassung“ gewidmet hatte. Den gleichen Standpunkt vertraten, wie schon erwähnt, später Kirchhoff und Mach, Ostwald sagt, das „Programm dieser Geistesrichtung“ komme am besten in folgenden Worten Mayers zum Ausdruck:

Die wichtigste, um nicht zu sagen einzige Regel für die echte Naturforschung ist die, eingedenk zu bleiben, dass es unsere Aufgabe ist, die Erscheinungen kennenzulernen, bevor wir nach Erklärungen suchen oder nach höheren Ursachen fragen mögen. Ist einmal eine Tatsache nach allen ihren Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendet. [43, S. 205]

Die Ergebnisse in der Wissenschaft teilt Ostwald in dauernde und vergängliche ein, die man ganz leicht voneinander unterscheiden könne: „Naturgesetze sind dauernd, Hypothesen sind vergänglich“ [43, S. 211].

Ostwald unterscheidet an einer Theorie einen phänomenologischen und einen interpretatorischen Aspekt. Der erstere sei der invariante Bestandteil der Theorie und gehe unverändert in die darauffolgende Theorie ein, der letztere bestehe in Gesetzen und Erklärungen von hypothetischem Charakter. Nach Ostwald trägt der interpretatorische Aspekt weitgehend zufälligen Charakter, d. h., er ergibt sich nicht notwendig aus dem Entwicklungsgang der Wissenschaft.

Besonders deutlich kommt diese These in Ostwalds Analyse der Entwicklung der Wärmetheorie zum Ausdruck. Er kritisiert die Auffassung, nach der die Wärme eine besondere Bewegungsform ist, weil hier angeblich Unbekanntes (die thermischen Erscheinungen) auf Bekanntes (mechanische Erscheinungen) zurückgeführt wird. Er schreibt:

Welche Erscheinungen die bekannteren und welche die weniger bekannten sind, ist aber eine Frage, die nicht von der unmittelbaren Beschaffenheit der beiden Gebiete allein abhängt, sondern von allen Zufälligkeiten, welche die Reihenfolge unserer Bekanntschaften beeinflusst hat... Hätten mit anderen Worten unsere Forschungen sich zunächst und am eingehendsten auf die Wärme statt auf die Mechanik bezogen, so würden wir Neigung empfinden, Bücher unter dem Titel ‚Die Bewegung, betrachtet als eine Art Wärme‘ zu schreiben, und wir hätten hierzu ebensoviel Recht wie zu dem umgekehrten Verfahren. [43, S. 207-208]

Obwohl er im Grunde anerkennt, dass die Entwicklung der Wissenschaft nach Gesetzen abläuft, richtet sich Ostwald in diesem Fall gegen seinen eigenen Standpunkt und beweist damit wieder eine gewisse Inkonsequenz.

Eine der Gesetzmäßigkeiten der Wissenschaftsentwicklung besteht in einer bestimmten Aufeinanderfolge bei der Erforschung verschiedener Gebiete der Realität bzw. verschiedener Bewegungsformen - die Erfolge auf dem Gebiet der elementaren Bewegungsformen gehen den Erkenntnissen auf komplizierteren Wissensgebieten voran. Der hier von Ostwald im Konjunktiv entwickelte Gedanke („wäre die Entwicklung der Wärmelehre der der Mechanik vorausgegangen, so würde die Bewegung als eine Form von Wärme angesehen“) entbehrt der logisch-historischen Grundlage.

Jedes Mal, wenn die Rede von der Atomtheorie, ihren logischen Grundlagen und ihrer historischen Rolle ist, gibt Ostwald seine objektive wissenschaftshistorische Konzeption auf. Die absolut falsche Position in dieser Frage bewegt ihn dazu, in allen Punkten, wo Atomtheorie und Probleme der Wissenschaftsgeschichte sich berühren, von seinem progressiven wissenschaftshistorischen Standpunkt abzugehen.

6.9 Die Klassifikation der Wissenschaften

Ostwald verwandte viel Aufmerksamkeit auf das Problem einer Klassifikation der Wissenschaften. Zu verschiedenen Zeiten entwickelte er einige Varianten einer solchen Klassifikation.

Die erste Variante stammt aus dem Jahr 1904 und beruht auf dem Prinzip, dass es zwischen den verschiedenen Wissenschaften einen eindeutigen Zusammenhang durch ihren verschiedenen Grad von Allgemeinheit gibt, dass die konkreten Wissenschaften, deren Gegenstand die Umwandlungen irgendeiner bestimmten Energieform sind, sich auf die allgemeineren Wissenschaften stützen.

Als Ostwald sich an die Systematisierung der Wissenschaften machte, gewann für ihn das formal-logische Postulat von den Wechselbeziehungen zwischen Umfang und Inhalt der wissenschaftlichen Begriffe großes Gewicht. Er schreibt:

Ich erinnere mich lebhaft, wie wichtig mir etwa 1884, als ich mich mit der Anordnung des damals gänzlich unübersichtlichen Stoffes der physikalischen Chemie plagte, die Entdeckung war, dass die Verschiedenheit der Wissenschaften nicht sowohl durch die Verschiedenheit der Objekte bedingt ist, mit denen sie sich beschäftigen, als vielmehr durch die Verschiedenheit der Fragen, welche sie an die Objekte zu richten lehren...

Die Wissenschaften unterscheiden sich nicht durch die Gegenstände, die sie bearbeiten, sondern durch die Seiten oder Besonderheiten der Gegenstände, auf welche sie ihre Aufmerksamkeit richten oder ihre Fragen beziehen. Ein bestimmter Gegenstand kann von vielen verschiedenen

Wissenschaften (in verschiedener Beziehung) untersucht werden, eine bestimmte Frage kann aber nur von einer Wissenschaft gestellt werden. [67, S. 89; S. 126]

Ostwald stellt fest, die Entwicklung aller Wissenschaften verlaufe nach einem bestimmten Prinzip: einerseits würden immer mehr besondere konstante Kombinationen gesucht, die lokalen Charakter trügen, andererseits würden immer umfassendere Beziehungen gefunden, durch die Elemente verknüpft würden, bei denen man früher nie daran gedacht hätte. Auf diese Weise vergrößere sich die Zahl der Wissenschaften, wobei die einen allgemeineren Charakter trügen und die anderen sich durch einen großen Kreis von Elementen, zwischen denen sie eine Verbindung herstellten, auszeichneten. Diese Eigenschaften seien in gewissem Sinne entgegengesetzt. Je einfacher ein Komplex sei, d. h., je weniger in ihm Bestandteile zusammengefasst seien, desto häufiger trete er auf und umgekehrt. Davon ausgehend könne man alle Wissenschaften in dem Sinne ordnen, dass man mit der kleinsten Mannigfaltigkeit und dem größten Umfang beginne und bei der größten Mannigfaltigkeit und dem kleinsten Umfang ende.

Der Ostwaldschen Klassifikation der Wissenschaften liegt also ein Gesetz der formalen Logik, das sogenannte Gesetz vom reziproken Verhältnis von Umfang und Inhalt eines Begriffs, zugrunde [258].

In dieser Interpretation enthält eine Wissenschaft, die am Anfang der Reihe steht, die allgemeinsten und daher auch die ärmsten Begriffe, und umgekehrt enthält eine Wissenschaft, die am Ende der Reihe steht, die speziellsten und deshalb inhaltsreichsten Begriffe.

Die von Ostwald 1904 entwickelte Klassifikation der Wissenschaften hat folgendes Aussehen [67, S. 102-103]:

1. Ordnungslehre	}	Mathematik
2. Zahlenlehre und Arithmetik		
3. Zeitlehre		
4. Raumlehre und Geometrie		
5. Mechanik	}	Energetik
6. Physik		
7. Chemie		
8. Physiologie	}	Biologie
9. Psychologie		
10. Soziologie		

Die Philosophie hatte in dieser Klassifikation keinen Platz. Ostwald meinte, die verschiedenen Teile der Philosophie würden in anderen Wissenschaften aufgehen. Er schreibt:

Einen Teil, die Logik, finden wir ganz zuunterst. Erkenntnistheorie dürfte wohl in der Psychologie unterzubringen sein, da ihre Ergebnisse die unmittelbaren Folgen der Sinnesphysiologie in der Anwendung auf die psychischen Erscheinungen darstellen. Ethik, Rechtsphilosophie usw. sind bereits als Bestandteile der Soziologie oder der Kulturwissenschaft erkannt worden. [67, S. 130]

Die Grenzwissenschaften behandelt Ostwald als „paarweise Kombinationen verschiede-

ner Energieformen". So schreibt er, die physikalische Chemie, die zwischen Physik und Chemie einzuordnen sei, habe die Erforschung der Kombination zweier Energieformen - physikalischer und chemischer Energie - zum Gegenstand.

Den Unterschied zwischen „reinen“ und „angewandten“ Wissenschaften definiert Ostwald so, dass die ersten sich mit Begriffen und Gesetzen, die zweiten mit deren Anwendung befassen. Wenn die angewandten Wissenschaften etwas erklären müssen, so nehmen sie dabei Ergebnisse der „reinen“ Wissenschaften zu Hilfe. So ist nach Ostwald die Astronomie eine angewandte Wissenschaft, deren Grundlagen die Mechanik, die Optik und die Chemie sind.

Im wesentlichen ist Ostwalds System der Wissenschaften nach den gleichen Prinzipien aufgebaut wie das von Auguste Comte.⁹⁷

Ostwald selbst hat sein Verhältnis zu Comtes System so charakterisiert:

Als ich vor dreizehn Jahren ohne jedes regelmäßige Studium der Philosophie und ihrer Geschichte begann, meine allgemeinen Gedanken über Kultur und Wissenschaft in Gestalt meiner Vorlesungen über Naturphilosophie zusammenzufassen, wurde ich von Fachkundigen wiederholt aufmerksam gemacht, dass viele meiner einzelnen Anschauungen, insbesondere die von mir benutzte Anordnung der Wissenschaften, eine sehr nahe Verwandtschaft mit den entsprechenden Arbeiten Auguste Comtes zeigten. [82, S. III]

Weiter begrüßt Ostwald Comtes System der Wissenschaften und seine Begründung, indem er schreibt:

Die Bedeutung dieser kapitalen Idee lässt sich gar nicht überschätzen denn durch sie wird ein Problem grundsätzlich gelöst, welches schon Aristoteles gestellt und mit welchem sich Leibniz während seines ganzen Lebens beschäftigt hat, nämlich die Systematik aller Begriffe, die überhaupt denkbar und möglich sind. [82, S. 60]

Ostwald hielt es, nachdem er Comtes System und insbesondere seine Klassifikation der Wissenschaften kennengelernt hatte, für erforderlich, seine eigene Klassifikation zu korrigieren. Die wichtigste Verbesserung sah Ostwald darin, dass er nun die Logik in das System einbezog, „und zwar an erster, allgemeinsten Stelle. Ebenso wurde das andere Ende, die Kulturologie, schärfer gekennzeichnet“ [67, S. 92].

Er schlug vor, statt der Soziologie, die den Abschluss seines Systems gebildet hatte, die „Kulturologie“ einzuführen, eine umfassende Wissenschaft über die Kultur, in die nach seinen Worten auch das Gebiet der sozialen Beziehungen einbezogen werden müsse.

Ostwalds neue Variante des Systems der „reinen“ Wissenschaften (1909) hatte folgendes Aussehen:

I. Die Grundwissenschaften. Hauptbegriff Ordnung.

1. Mannigfaltigkeitslehre und Logik;
2. Mathematik;

⁹⁷Im System von A. Comte nimmt das Problem der Klassifikation der Wissenschaften breiten Raum ein. Comte betonte, das Klassifikationsprinzip müsse sich aus der Erforschung der zu klassifizierenden Gegenstände selbst ergeben und die natürlichen Verwandtschaften und wirklichen Verbindungen, die zwischen ihnen bestehen, widerspiegeln. Von diesem Prinzip ausgehend ordnete Comte die Wissenschaften nach abnehmender Allgemeinheit und wachsender Kompliziertheit.

3. Geometrie und Phoronomie.

II. Die physischen Wissenschaften. Hauptbegriff Energie.

4. Mechanik;

5. Physik;

6. Chemie.

III. Die biologischen Wissenschaften. Hauptbegriff Leben.

7. Physiologie;

8. Psychologie;

9. Kulturologie,

Ostwald nahm an, dass eine Systematik der Begriffe auch gleich eine Systematik der Wissenschaften ergebe, da ja die Begriffe die Grundlage der Wissenschaft seien. Im Zusammenhang damit äußert er die Idee, eine Tabelle der Elementarbegriffe, die sich nicht weiter zerlegen lassen und Bestandteile aller komplizierteren Begriffe sind, aufzustellen. Er erklärt:

Eine solche Elementartabelle würde die Aufstellung der rationellen Wissenschaftstabelle sehr erleichtern. Sie kann aber nicht aufgestellt werden, bevor man sich Klarheit über die Verbindungsgesetze der Begriffe geschaffen hat. [67, S. 123-4]

Das Problem der Zerlegung komplizierter Begriffe in einfachere und schließlich in Elementarbegriffe behandelt Ostwald auch in seinen "Vorlesungen über Naturphilosophie":

Schließlich gelangen wir jedoch zu Begriffen, die sich nicht weiter zerlegen lassen, Diese Begriffe wollen wir Elementarbegriffe oder Begriffselemente nennen, 43, 5. 70]

Wie in der Chemie dem Begriff „chemisches Element“ der Begriff „reiner Stoff“ vorausgegangen sei, so müsse man bei einer Analyse der Begriffe zuerst spezielle Begriffe aufstellen und sich erst dann an ihre systematische Analyse machen. Die Begriffe, die die verschiedenen Wissenschaften hervorbrächten, seien solche speziellen Begriffe, die deutlich voneinander abgegrenzt und in ihrem Umfang und Inhalt genau definiert seien. In den 20er Jahren kehrte Ostwald nochmals zum Problem der Klassifikation der Wissenschaften zurück, 1929 entwickelte er in seinem Buch „Die Pyramide der Wissenschaften“ [108] eine weitere Variante seiner Klassifikation. Dabei unterstreicht er von neuem, man könne die Wissenschaften nur dann klassifizieren, wenn man Ordnung in die Begriffe bringe.

Wenn man die Gruppe der allgemeinsten Elementarbegriffe mit A, eine Gruppe weniger allgemeiner Begriffe mit B usw. bezeichne, müsse B in der Gruppe A enthalten sein, weil ja definitionsgemäß A den allgemeinsten Charakter trage. Daraus ergebe sich eine Unterteilung von B in zwei Untergruppen, die man mit BA und B bezeichnen könne; für C ergäben sich die Untergruppen CA, CB und C usw. Das Klassifikationsschema für diese Variante sähe so aus:

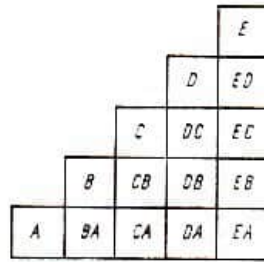


Abb. 25.

Jeder Begriff habe einen bestimmten Umfang und Inhalt. Unter dem Umfang versteht Ostwald die Summe (die Anzahl) einzelner Dinge, die dieser Begriff umfasst. Unter dem Inhalt versteht er die Summe der einzelnen Eigenschaften, die er ausdrückt. Beide Größen befänden sich in einem reziproken Verhältnis zueinander - je geringer der Inhalt eines Begriffs sei, um so größer sei sein Umfang. Der allgemeinste Begriff A habe minimalen Inhalt und maximalen Umfang. Ostwald gibt das durch eine Pyramide wieder:

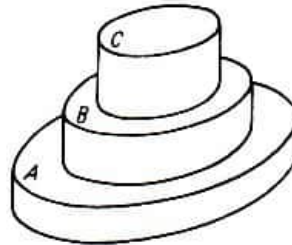


Abb. 26.

Die Stufe A (die unterste) habe den größten Durchmesser und die geringste Höhe (entsprechend ihrem geringen Inhalt). Dann folge die Stufe B mit etwas geringerem Umfang, aber größerer Höhe usw. Ostwald erklärt weiter, man müsse sich jede Stufe der Pyramide als bis zur Grundfläche reichend vorstellen, so dass die ganze Pyramide aus ineinandergestellten Hohlzylindern oder Röhren bestehe.

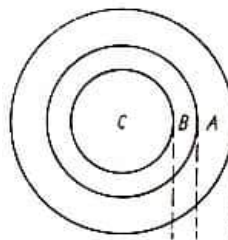


Abb. 27.

Im gleichen Jahr (1929) betrachtete Ostwald Probleme der Klassifikation der Wissenschaften noch einmal in seiner Arbeit „Forschungsinstitute, ihre Geschichte, Organisation und Ziele“, wo er die allgemeinen Aufgaben der Wissenschaften so formuliert:

Wesen und Merkmal der Wissenschaft ist eine rationale Vorhersagung ... Die Wissenschaft stellt sich als vielfältiges Gewebe von Naturgesetzen dar. [109, 5. 3] Da das Wissen über einen Gegenstand dank der Aufdeckung neuer gesetzmäßiger Beziehungen an ihm wachse, erfolge eine fortlaufende Bereicherung des Begriffs. Dies illustriert Ostwald anhand des Energiebegriffs, der die Erhaltung und Umwandlung der Energie in sich einschließe:

Je mehr gesetzmäßige Beziehungen, die Energie betreffend, wir entdecken, umso reicher wird

der Inhalt dieses Begriffs. [109, S. 9]

Ostwald verweist auf zwei Umstände, die das „Niveau“ einer Wissenschaft in der Pyramide bestimmen: Zum einen nimmt in Richtung nach oben die Rolle des Individuellen zu und dementsprechend die Bedeutung des Allgemeinen und Gesetzmäßigen ab, zum anderen fehlt der Zeitbegriff in den Wissenschaften im unteren Teil der Pyramide. Dieser Begriff taucht in den energetischen Wissenschaften auf, und seine Bedeutung nimmt in den Wissenschaften, die in der Pyramide über denen von der unbelebten Natur liegen, weiter zu.

Die Wissenschaften von der anorganischen Natur betrachten die Geschichte der Erde, des Sonnensystems und des Weltalls, die von der belebten Natur die allgemeine Geschichte der Lebewesen und die Entwicklung der einzelnen Lebewesen, Wie Ostwald richtig betont hat, wächst der Wert einer rationalen Klassifikation der Wissenschaften in Verbindung mit der weiteren Spezialisierung der Wissenschaften. Die Klassifikation deckt Zusammenhänge und Beziehungen auf, die zwischen den Einzelwissenschaften existieren, und gestattet es, das gesamte „Feld“ der Wissenschaft zu überblicken, und das ist eines der Mittel (zwar kein radikales, aber ein nötiges) zur Überwindung der Folgen einer engen Spezialisierung.

6.10 Ursprünge der Wissenschaft von der Wissenschaft

Ostwald interessierte sich sehr für die Problematik des logischen und sozialen Status der Wissenschaft und besaß ein tiefes Verständnis für den Platz der Wissenschaft in der Gesellschaft seiner Zeit. Fragen, mit denen er sich in diesem Zusammenhang befasste, waren, wie sich die Rolle der Wissenschaft in der Geschichte der menschlichen Gesellschaft gewandelt hat, welche Ursachen zu der erreichten Bedeutung geführt haben und wie ihre Entwicklungstendenzen aussahen.

Seiner Meinung nach hat die Erforschung der Vergangenheit nur einen Sinn, wenn sie einen Nutzen für die Zukunft bringt, Er hielt es für sehr wichtig, die „Geburtswehen“ des Neuen in der Wissenschaft zu schildern, zu zeigen, was ihm im Wege steht und was es fördert; man müsse die objektiven und subjektiven Aspekte dieses äußerst verwickelten Vorgangs beleuchten.

Alle Seiten des „wissenschaftlichen Daseins“ - angefangen von den Entstehungsbedingungen der allgemeinsten und abstraktesten Konstruktionen bis zur Entwicklung ihrer Organisationsformen und der menschlichen Beziehungen in einem wissenschaftlichen Kollektiv, d. h. alle wesentlichen Probleme der sich eben herausbildenden „Wissenschaft von der Wissenschaft“- fanden Ostwalds Aufmerksamkeit und wurden von ihm erforscht.

Dass sich Ostwald gerade diesem Fragenkomplex zuwandte, beruhte nicht etwa auf rein akademischem Interesse, sondern er verfolgte damit ein bestimmtes praktisches Ziel. Er wollte das nötige Wissen und die Forschungsmittel mobilisieren, um zu ergründen, wie man den Entwicklungsprozess der Wissenschaft wirkungsvoll beeinflussen und die Hebel finden konnte, um ihn zu regulieren.

Es ist daher überhaupt nicht verwunderlich, dass die Hauptaufgabe der Wissenschaft

von der Wissenschaft, die einer ihrer hervorragendsten Vertreter der Gegenwart, J. D. Bernal, so formuliert: „Die Wissenschaft muss ihr eigenes Ich erkennen“ [259], schon vor über 50 Jahren von Ostwald definiert wurde: „Wir wollen... die Wissenschaft wissenschaftlich analysieren“ [75, S. 37].

Die Menschheit, wie auch jeder einzelne, sagte Ostwald, schaue in die Zukunft und bemühe sich, Voraussagen zu machen, die einen gewissen Grad von Zuverlässigkeit haben. Die Geschichte kenne dafür viele Methoden, deren Effektivität aber gleich Null gewesen sei. Von einem bestimmten Augenblick an habe die Menschheit jedoch ein Mittel zur Verfügung gehabt, das sich im Laufe der Zeit immer mehr vervollkomme, und dieses Mittel sei die Wissenschaft.

Auf die Frage nach dem Wesen der Wissenschaft gibt es eine ganze Skala unterschiedlicher Antworten. Ostwald hebt hervor, dass auch er im Laufe seines Lebens verschiedene Antworten auf diese Frage gegeben habe. Er schreibt:

Die Wissenschaft muss uns die Mittel in die Hand geben, den Kurs zu wählen, welcher unserem Schiffe die größte Wahrscheinlichkeit sichert, solche unbekannten Gebiete zu erreichen, auf welche wir eben besonders großen Wert legen, und sie muss uns, wenn wir die gesuchte Küste vor Augen haben, auch lehren, wo wir am besten Anker werfen und wie wir die neuen Gestade am leichtesten erklimmen können. Es handelt sich hier allerdings um eine Wissenschaft der Wissenschaft. Nicht besondere Fragen der Mathematik oder Chemie sollen wir hier beantworten, sondern Fragen über die Gesetze, nach denen sich jede einzelne Wissenschaft, unabhängig von ihrem Inhalte, entwickelt. [46, S. 286]

Ostwald zählt die Elemente auf, aus denen seiner Meinung nach die neue Wissenschaft bestehen sollte: aus der Geschichte der Einzelwissenschaften und der Philosophie (die letztere könne die Methoden der Begriffsbildung aufklären, im ersten Falle müsse man besonders auf das Übereinstimmende in der Geschichte der Einzelwissenschaften achten). Er vergleicht die Wissenschaft mit einem Organismus, der sich ständig im Sinne seiner Selbsterhaltung und Entwicklung betätige. Daher sei die Wissenschaft mit Organen der Selbstregulierung versehen; jeder solche Regulator arbeite aber mit einer gewissen Verzögerung, was notwendig zu periodischen Schwankungen um einen mittleren Zustand führe.

Die Spezifik der Wissenschaft bestehe darin, dass dieser mittlere Zustand nicht zeitlich unveränderlich sei; Veränderungen gebe es dabei aber nur in Richtung eines Fortschritts, einer Erweiterung ihres Umfanges und Inhaltes und niemals umgekehrt. Deshalb sei dieser „mittlere Zustand“ in einem stetigen Ansteigen begriffen [46, S. 292].

Ostwald ging an die Analyse der Rolle der Wissenschaft in der gesellschaftlichen Entwicklung vom historischen Standpunkt heran, indem er die Veränderungen, die es in dieser Hinsicht auf verschiedenen Entwicklungsstadien gegeben hat, betrachtete.

Er betont, die Umwandlung der Wissenschaft in die wesentlichste Institution der Gesellschaft sei in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfolgt, wobei sich eine Tendenz zur weiteren Vertiefung dieser Erscheinung abzeichne. Die Wissenschaft habe aufgehört, ein Monopol isolierter Kasten zu sein; „sie hat auch ihren Einzug in das allgemeine Bewusstsein der Völker gehalten und ist in zunehmendem Maße auch das allgemeine Gut

der Kulturmenschheit geworden“, schreibt Ostwald [75, S. 36].⁹⁸ An anderer Stelle heißt es:

Die Ansicht, dass im Wettbewerb der Völker die Entwicklung der nationalen Wissenschaft eine unvergleichlich wichtigere Rolle als der Bau von Kriegsschiffen und der Unterhalt einer Armee spielt, verschafft sich unter den hervorragenden Geistern aller Nationen immer mehr Raum und wird viel schneller zu den entsprechenden Folgen führen, als mancher meint.

Diese Zeilen wurden bereits vor dem ersten Weltkrieg geschrieben. Heute, wo die Wissenschaft zum wahrhaft mächtigsten Faktor in der menschlichen Gesellschaft geworden ist, ist dieser Gedanke ganz besonders aktuell.

Wilhelm Ostwald hat demnach schon lange, bevor die Wissenschaft zu einem wesentlichen Gegenstand der Staatspolitik wurde, diese Entwicklungstendenzen vorhergesehen und den ständig wachsenden Einfluss der Wissenschaft auf die verschiedensten Bereiche des gesellschaftlichen Lebens hervorgehoben. Aus diesem Grunde hielt er es für unbedingt notwendig, die Entwicklungsgesetze der Wissenschaft und ihre Wechselbeziehungen zu den verschiedenen Formen menschlicher Betätigung zu erforschen.

6.11 Der Wissenschaftshistoriker

Schon in seiner Studentenzeit zeigte Ostwald unter dem Einfluss von Prof. C. Schmidt, der an der Universität Dorpat eine Vorlesung über Geschichte der Chemie hielt, Interesse für die Geschichte der Wissenschaft. Das Wesentlichste, was der junge Ostwald aus diesen Vorlesungen mitnahm, war die Erkenntnis, dass auch die größten Gelehrten Menschen aus Fleisch und Blut waren und sich nicht „in Höhen, die für Sinn und Verstand eines gewöhnlichen Sterblichen unerreichbar sind“, befanden.

Ostwalds Interesse für die Wissenschaftsgeschichte bezog sich vor allem auf die Erforschung der Gesetze der Wissenschaftsentwicklung und des Schaffensprozesses des Gelehrten.

Die Beschäftigung mit der Geschichte der Wissenschaft ist seiner Meinung nach jedoch nur dann sinnvoll, wenn sie der Gesellschaft Nutzen bringt. Er schreibt:

Wie ich seit langem immer wieder betont habe, liefert uns die Geschichte der Wissenschaften das beste und sicherste Material, an dem die Gesetzmäßigkeiten der Menschheitsentwicklung studiert werden können. [66, S. 17]

Zum gleichen Problem heißt es an anderer Stelle:

Alle Wissenschaft bis zu den höchsten und abstraktesten Problemen betreiben wir zu dem Zwecke, mit größerer Sicherheit in die Zukunft schauen zu können... Diese Fähigkeit, in die Zukunft zu schauen, ist die wichtigste Eigenschaft, welche der Mensch besitzt... Über die Vergangenheit sind wir in keiner Weise Herr; sie ist vollkommen unveränderlich und gestattet keinerlei Beeinflussung. Nur die Zukunft können wir beeinflussen, und wenn es sich darum handelt, für die Erhaltung unseres Lebens zu sorgen und zerstörende Einflüsse abzuwehren oder zu vermeiden, so kann sich dies nur auf kommende Einflüsse dieser Art beziehen. [43, S. 16]

⁹⁸Ostwald war der Meinung, dass unter allen menschlichen Institutionen die Wissenschaft die internationalste sei.

Den Wissenschaftshistoriker Ostwald interessierten also allgemeine Probleme der gesamten Wissenschaftsentwicklung, besonders ihrer wichtigsten Etappen, er suchte nach den Grundzügen und Gesetzen dieses Prozesses, insbesondere bezogen auf die Entwicklung der Chemie. Anliegen aller wissenschaftshistorischen Arbeiten Ostwalds war es, auf der Grundlage geschichtlicher Untersuchungen Gegenwart und Zukunft der Wissenschaft einzuschätzen.

Man kann in seinen wissenschaftshistorischen Arbeiten drei Hauptrichtungen unterscheiden: erstens die Betrachtung der historischen Entwicklung der Chemie in seinen Lehrbüchern, zweitens die Erforschung der Geschichte einzelner Probleme und Richtungen in der physikalischen Chemie und drittens Veröffentlichungen wissenschaftlicher Arbeiten hervorragender Gelehrter und die psychologische Analyse ihres Schaffensprozesses.

Ostwald beschränkt sich nie auf eine Beschreibung des aktuellen Standes der Chemie, sondern verweist stets auf die innere Logik ihrer Entwicklung. Seinen Standpunkt drückte er einmal in folgenden Worten aus:

Ich empfand aus meinen eigenen Jugenderinnerungen (die mir mehr als meine späteren pädagogischen Erfahrungen die Grundlagen für die Gestaltung des Stoffes geliefert hatten) die Aufgabe der Einführung der quantitativen stöchiometrischen Gesetze als ein Problem von nicht geringer Schwierigkeit. Dessen Lösung ergab sich aus der geschichtlichen Betrachtung... Es war mir im höchsten Maße lehrreich, eine neue Bestätigung meiner vor bald 20 Jahren ausgesprochenen Überzeugung zu finden, dass der logische Entwicklungsgang einer Wissenschaft mit dem geschichtlichen sehr nahe zusammenfällt. [45]

Diese Einstellung weckt Assoziationen an Engels, der der Meinung war:

Womit diese Geschichte anfängt, damit muss der Gedankengang ebenfalls anfangen, und sein weiterer Fortgang wird nichts sein als das Spiegelbild, in abstrakter und theoretisch konsequenter Form, des historischen Verlaufs; ein korrigiertes Spiegelbild, aber korrigiert nach Gesetzen, die der wirkliche geschichtliche Verlauf selbst an die Hand gibt, indem jedes Moment auf dem Entwicklungspunkt seiner vollen Reife, seiner Klassizität betrachtet werden kann, [Zitat in: K. Marx, Friedrich Engels, Werke, Berlin 1974, Bd. 13, S. 475]

In den Jahren 1883 und 1884, in der Vorbereitungsphase auf die erste Ausgabe des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“, befasste sich Ostwald mit der Geschichte der Elektrochemie. In diesem Lehrbuch schilderte er die Grundzüge ihrer Entwicklung vom Ende des 18. Jahrhunderts bis in die 80er Jahre des 19. Jahrhunderts. Diese Thematik interessierte ihn derart, dass er beschloss, die Entwicklung der Elektrochemie noch eingehender zu erforschen.

Er studierte die Arbeiten von Volta, Davy, Ritter, Faraday, Berzelius u. a.m. und stellte die Entwicklung der Elektrochemie ausführlich in seinem Buch „Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre“ (1895) dar [29]. Es ist eine der besten Monographien Ostwalds zur Geschichte der Chemie, in der reichhaltiges Faktenmaterial enthalten und verarbeitet ist, u. a. längere Auszüge aus klassischen Arbeiten der genannten Gelehrten. Im Schlussteil eines jeden Kapitels trifft Ostwald hochinteressante Verallgemeinerungen. 1910 beschrieb Ostwald die Geschichte der Elektrochemie noch einmal in populärer

Form [66]; dieses Buch wurde 1911 ins Russische übersetzt.

Sehr interessant ist Ostwalds Analyse des Weges bis zur Herausbildung der Theorie der galvanischen Elemente. Er analysiert die Arbeiten von Ritter, dessen Grundthese lautete, die Ursache für die Entstehung eines elektrischen Stromes in der Voltaschen Säule sei eine chemische Reaktion; das war eine Antithese zur Voltaschen Kontakttheorie. Dann verfolgt er alle entscheidenden Wendungen des Kampfes zwischen der Kontakttheorie und der chemischen Theorie des galvanischen Elements, der das gesamte 19. Jahrhundert hindurch andauerte.

Dazu führt er Arbeiten von Daniell, Davy, Faraday, Nernst u. a. an. Er zeigt, dass die Entwicklung der Elektrochemie in Stufen abgelaufen ist; jede dieser Stufen unterscheidet er von den übrigen durch ihre Problematik und die Mittel und Methoden zu deren Lösung. Aus der Lösung bestimmter Probleme ergeben sich wieder andere, unlöslich mit den theoretischen Vorstellungen und den Methoden verbundene Probleme. Ostwald schreibt, die Entwicklung sei in Form einer Schraubenlinie verlaufen, d.h., man sei stets zu den gleichen Problemen zurückgekehrt, aber jedes Mal auf einem höheren Niveau. Immer dann, wenn scharfe Konflikte zwischen der Theorie und den Fakten aufgetreten seien, habe es "Wachstumspunkte" gegeben.

Wie Ostwald später geschrieben hat, ist ihm, als er sein „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ zur Veröffentlichung vorbereitete, klargeworden, dass ungezählte Erscheinungen, die damals für neuartig angesehen wurden, schon Gegenstand des Denkens und der Forschung früherer Wissenschaftler gewesen seien und dass auch in der alten Literatur noch ungezählte Beobachtungen und Gedanken enthalten seien, die einmal zu neuem Leben erwachen könnten.

Ostwald hielt es für sehr wichtig, die Werke von Klassikern der Naturwissenschaft in neuen Ausgaben bzw. Übersetzungen herauszugeben, um die Leser seiner Zeit mit den Arbeiten großer Gelehrter früherer Generationen vertraut zu machen. Er meinte, eine solche Neuveröffentlichung nach einigen Jahrzehnten, in einigen Fällen sogar Jahrhunderten nach ihrem ersten Erscheinen müsse dem modernen Leser nützlich sein, denn er finde in diesen Werken viel Lehrreiches über den Weg wissenschaftlicher Forschung und das Schicksal einstiger Ideen.

Diese Texte seien Denkmäler verflossener Epochen des wissenschaftlichen Denkens, aus denen seine reale Entwicklung hervorgehe; man erhalte Einblick in die Werkstatt des Gelehrten.

Die Bekanntschaft mit klassischen Arbeiten sei auch in der Hinsicht nutzbringend, dass man in diesen Untersuchungen Gedanken und Hinweise finden könne, die bis in die Gegenwart hinein aktuell seien. Die Geschichte der Wissenschaft beweise, dass für eine vollständige Ausnutzung des reichen Erbes großer Geister eine lange Zeit erforderlich sei.

Wie schon erwähnt, begann Ostwald 1889 mit der Herausgabe der bekannten Reihe ‚Klassiker der exakten Wissenschaften‘ (ab 1893 wurde die Reihe von Ostwalds Lehrer A. v. Oettingen herausgegeben). Die Reihe wurde mit Helmholtz klassischer Arbeit „Über die Erhaltung der Kraft“, die erstmals 1847 erschienen war, eröffnet.

In Band 29 der ‚Klassiker‘ (1891) wurden Arbeiten des Begründers der chemischen Kinetik L. Wilhelmy veröffentlicht, in dessen Arbeit über die Untersuchung der Rohrzuckerinversion (1850) erstmals der Begriff „Reaktionsgeschwindigkeit“ sowie das Geschwindigkeitsgesetz der monomolekularen Umsetzung formuliert worden waren.

Zu diesem Band schrieb Ostwald ein Vorwort, in dem er unterstreicht, diese Arbeit sei fast ein Vierteljahrhundert vergessen gewesen und sei erst, nachdem die stürmische Entwicklung der chemischen Kinetik eingesetzt hätte, gebührend gewürdigt worden. Dass die Arbeit keine Resonanz gefunden und keine weiteren Forschungen in dieser Richtung ausgelöst habe, sei damit zu erklären, dass sie am Beginn der Entwicklung der chemischen Statik erschienen wäre, deren Vorhandensein eine notwendige Voraussetzung für die darauffolgende Entwicklung der chemischen Kinetik gewesen sei.

Ostwald schreibt, Wilhelmys Name sei nicht nur in den Kreisen unbekannt geblieben, in denen es „für unvorstellbare Unbildung gelte, wenn man Namen wie Newton und Kopernikus nicht kennt“, sondern sogar aktive und erfolgreiche Chemiker würden ihn nicht kennen.

Eine Reihe von Bänden der "Klassiker" war auch den Begründern der Atom- und Molekularhypothese gewidmet. So enthält Band 3 (1889) Arbeiten von Dalton und Wollaston zur chemischen Atomistik; Band 8 (1889) ist denjenigen Arbeiten von Avogadro und Ampere, die der Molekulartheorie zugrunde liegen, gewidmet; Band 30 (1891) bringt Auszüge aus S. Cannizzaros Vorlesungen über theoretische Chemie, die sich in der Hauptsache mit der Entwicklung der Atom- und Molekularlehre befassen; Band 35 enthält Arbeiten von Berzelius aus den Jahren 1811/12, in denen es um die Zusammensetzung anorganischer Verbindungen geht.

In Band 42 (1893) finden wir die Arbeiten von Humboldt und Gay-Lussac über die Gasgesetze.⁹⁹

Von 1889 bis 1932 sind 232 Ausgaben der "Klassiker" erschienen¹⁰⁰

Die Begründung dieser Reihe ist ein gewaltiges Verdienst Ostwalds. Sie trug wesentlich zur Verbreitung und Popularisierung der Werke großer Gelehrter bei. In dieser Reihe wurden Arbeiten von Vertretern der verschiedensten Nationen veröffentlicht. An russischen Arbeiten erschienen in den "Klassikern der exakten Wissenschaften" Arbeiten von M. W. Lomonossow, D. I. Mendelejew und G. H. Hess.

Im Januar 1905 erhielt Ostwald aus Russland einen Brief und ein eben erschienenenes Buch von B. N. Menshutkin mit dem Titel „M. W. Lomonossow als Physikochemiker“ (St. Petersburg 1904) nebst einem Aufsatz zum gleichen Thema; Buch und Aufsatz fanden sein Interesse [260].

Am 28. Januar 1905 schrieb Ostwald an B. N. Menshutkin:

Ich finde Ihre Mitteilung äußerst interessant. In der Zeitschrift für physikalische Chemie wird

⁹⁹Man kann nicht umhin, nochmals auf den tiefen Widerspruch hinzuweisen, der zwischen diesen Arbeiten der „Klassiker der exakten Wissenschaften“ und Ostwalds Energetik besteht. Ostwalds energetische Konzeption war durch die Forschungen der Klassiker bereits widerlegt.

¹⁰⁰Ostwalds Sohn Wolfgang, der seit dem Tode von A. v. Oeltingen die Herausgabe der Klassiker leitete, führte sie nach Wilhelm Ostwalds Tod noch bis Band 247 weiter. Dann folgte eine mehrjährige Pause; in der DDR werden „Ostwalds Klassiker“ seit 1959 wieder fortgeführt.

sich, da zu viel Material vorliegt, kaum ein Platz dafür finden, aber ich könnte Ihnen den Vorschlag machen, sie in meinen ‚Annalen der Naturphilosophie‘ zu veröffentlichen, für die dieser Artikel auch dem Inhalte nach sehr gut geeignet wäre. Ihr ganz ergebener W. Ostwald.
[261]

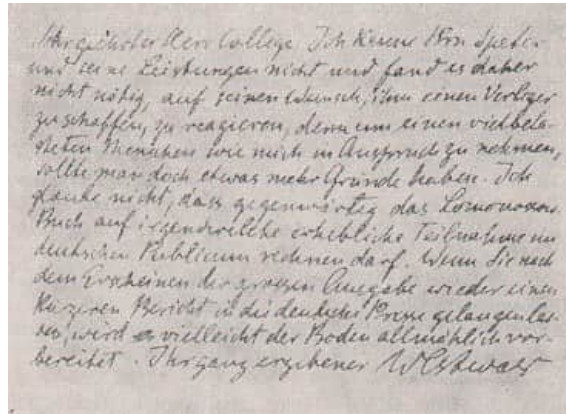


Abb. 28. Fotokopie eines Briefes von Ostwald an B. N. Menshutkin (1905)

Im gleichen Jahr noch erschien Menshutkins Arbeit „M. W. Lomonossow, der erste russische Physiker und Chemiker“ in Ostwalds „Annalen der Naturphilosophie“ [262]. 1910 wurden die physikalisch-chemischen Arbeiten von Lomonossow in der Reihe „Klassiker der exakten Wissenschaften“ veröffentlicht [263]. In dieser Zusammenstellung sind „Die Elemente der mathematischen Chemie“ vollständig enthalten; außerdem enthält sie Auszüge aus den Arbeiten „Über die unmerklichen physikalischen Partikeln...“, „Gedanken über die Ursache der Wärme und Kälte“, „Versuch einer Theorie der elastischen Kraft der Luft“, „Festrede über den Nutzen der Chemie“ und „Lehrkursus der wahren physikalischen Chemie“.

Sie war viele Jahre hindurch die einzige Quelle, aus der nichtrussische Wissenschaftler ihre Informationen über die chemischen und physikalischen Arbeiten Lomonossows beziehen konnten. Zu der Zeit, als B. N. Menshutkin und M. Speter (ein deutscher Chemiker und Chemiehistoriker) diesen Band zur Veröffentlichung vorbereiteten, arbeitete Ostwald an seinem Buch „Große Männer“ [59]. Darin steht zu lesen:

Wäre er (Lomonossow - d. Aut.) unter günstigen Verhältnissen aufgewachsen, so hätte er sich vermutlich auch zu einem Forscher hohen Ranges entwickelt, denn seine Schriften enthalten viele originale und richtige Gedanken, zu deren experimenteller Durchführung ihm aber die Zeit fehlte. [59, S. 370]

Diese Ansicht ist nicht ganz richtig, das wissen wir aber erst heute, wo das Leben und das wissenschaftliche Erbe Lomonossows allseitig erforscht sind.

Eine hohe Meinung hatte W. Ostwald von den Arbeiten von G. H. Hess, einem der Begründer der Thermochemie. Über dessen thermochemische Untersuchungen, 1890 in den „Klassikern der exakten Wissenschaften“ veröffentlicht (Bd. 9), schreibt er in seinem „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“:

Wir sehen in diesen genialen Arbeiten die ganze Entwicklung der gegenwärtigen Thermochemie vorgebildet, und die spätere Forschung hat nichts zu tun gehabt als das hier gegebene Programm

auszuführen. [10, S. 57]

1893 wurden in Band 68 der ‚Klassiker‘ Arbeiten von D. I. Mendelejew und von L. Meyer zum periodischen Gesetz veröffentlicht.¹⁰¹

6.12 Die ‚Leitlinien der Chemie‘

Ostwald hielt im Herbst 1905 am Institute of Technology in Boston und dann noch einmal im Januar 1906 an der Columbia-Universität in New York eine Vorlesungsreihe über die Entwicklungsgeschichte der wichtigsten Gedanken und Begriffe der wissenschaftlichen Chemie. Er sammelte diese Vorlesungen und veröffentlichte sie in dem Buch „Leitlinien der Chemie“ (die erste deutsche Auflage erschien 1906, eine zweite 1907).¹⁰²

1908 und 1909 erschienen russische Übersetzungen von beiden Auflagen. In den 7 Kapiteln dieses hochinteressanten Buches erörtert Ostwald die logische Entwicklung folgender chemischer Probleme: der Lehre von den Elementen, von den Verbindungsgewichten und den Atomen, den Gasgesetzen und der Molekularhypothese, von Isomerie und Konstitution, der Elektrochemie, der Lehre von der Affinität und der chemischen Dynamik. Die letzten drei gehören deutlich ins Gebiet der physikalischen Chemie. Fast in jedem der Kapitel finden sich sehr originelle Urteile und Meinungen. Als Beispiel sollen hier einige Auszüge aus diesem Buch dienen.

Ostwald schreibt als Charakterisierung der „alchimistischen“ Periode der Chemie u. a.:

Wir sind jetzt gewohnt, auf die experimentellen Methoden des Mittelalters, jene Umwandlung (die unedler Metalle in Gold - d. Aut.) zu bewirken, mit Verachtung als auf eine unbegreifliche Geistesverirrung herabzusehen. Doch haben wir hierzu ebensowenig Recht wie gegenüber beispielsweise den modernen Versuchen zur künstlichen Herstellung der Eiweißstoffe. Denn der theoretische Standpunkt jener Zeit war durchaus der, dass es möglich sei, einem gegebenen Stoffe durch passende Operationen jede beliebige Eigenschaft zu erteilen, etwa wie wir es für möglich halten, jedes Element mit jedem beliebigen anderen zu verbinden.

Erst die Erfahrung mehrerer Jahrhunderte ergab als Resultat, dass eine solche Umwandlung eines Metalls in ein anderes nicht ausführbar ist. Dies ist eine Tatsache der Erfahrung und hat als solche nichts mit logischen und aprioristischen Erwägungen zu tun; die künstliche Erzeugung des Goldes war für die Wissenschaft jener Zeit einfach ein technisches Problem, wie die künstliche Herstellung der Diamanten es für unsere Zeit ist. [53, S. 6-7]

Zum gleichen Thema schreibt Ostwald in einem anderen seiner Bücher:

¹⁰¹Am 16. August 1893 schrieb Lothar Meyer an D. I. Mendelejew: „Ostwald möchte in seinen ‚Klassikern‘ die Arbeiten, die für die Entwicklung des natürlichen oder periodischen Systems der Elemente wichtig sind, abdrucken und hat mich gebeten, mich um diese Ausgabe zu kümmern. ... Von Ihnen möchte ich gern die Erlaubnis zum Abdruck Ihres Artikels aus dem ersten Band der ‚Zeitschrift der russischen chemischen Gesellschaft‘ (‚Eine periodische Gesetzmäßigkeit für die chemischen Elemente‘ - d. Aut.), die ich kürzlich unter Mithilfe von Beilstein übersetzt habe, sowie der Arbeit, die sich im achten Ergänzungsband von Liebig's Annalen befindet [Annalen d. Chem. u. Pharm. Supplementband VIII (1872) 2, S. 133-299 - d. Aut.], bekommen. Die letztere Arbeit wird den Abschluss bilden, und ich habe lediglich vor, noch etwas über das Eintreffen Ihrer Vorhersagen durch die Entdeckung des Galliums, Scandiums und Germaniums hinzuzufügen“ [264].

¹⁰²Die zweite Auflage erschien unter dem Titel „Der Werdegang einer Wissenschaft“ (Wilhelm Strube).

An sich ist ein solches Bestreben nicht unsinnig, denn es lassen sich durch chemische Umwandlungen die mannigfaltigsten Veränderungen der Stoffe erzielen. Nur vermöge des Gesetzes der Erhaltung der Elemente ist das Gold von der künstlichen Herstellung ausgeschlossen, da es selbst ein Element ist. Die ganz ähnliche Aufgabe der Herstellung von Diamanten ist dagegen nicht nur nicht unsinnig, sondern auch innerhalb des Gesetzes lösbar, da Diamant und gewöhnliche Kohle gleich zusammengesetzt sind, nämlich aus elementarem Kohlenstoff bestehen.¹⁰³ [43, S. 287]

Ostwalds Meinung nach hat sich die Chemie als Wissenschaft Ende des 17. Jahrhunderts herausgebildet, als Boyle „den Grundsatz ausgesprochen und zur Geltung gebracht hat, dass man als Elemente nicht Eigenschaften, sondern Stoffe anzusehen habe“ [53, S. 9].

Die Erforschung der Konstitution chemischer Verbindungen sei dann zum „Hauptgegenstand der wissenschaftlichen Erörterungen in der Chemie“ geworden, schreibt Ostwald, als eine größere Anzahl kompliziert gebauter organischer Verbindungen bekannt geworden sei, d.h. von den 40er bis 50er Jahren des 19. Jahrhunderts an. „Solange die Chemie vorwiegend einfachere Verbindungen kannte, trat diese Frage kaum auf“, stellt er richtig fest [53, S. 112]. Er schreibt auch:

Ich hoffe, durch die zur Geltung gebrachte Auffassungs- und Darstellungsweise, bei welcher die allmähliche Ausgestaltung und Reinigung der allgemeinen Begriffe viel mehr in den Vordergrund tritt als die Erforschung einzelner Tatsachen und ihre praktischen Anwendungen, nicht nur einen Beitrag zur Geschichte der Chemie, sondern auch einen solchen zur allgemeinen Wissenschaftsgeschichte zu liefern. [53, S. IV]

Diesen Worten kann man nur beipflichten.

1909 kam das schon erwähnte Buch „Große Männer“ heraus, das nicht nur eine Studie über die Psychologie des wissenschaftlichen Schaffensprozesses darstellt, sondern auch große wissenschaftshistorische Bedeutung hat. In ihm finden sich Einschätzungen bestimmter Perioden in der Geschichte der Naturwissenschaft und Biographien einer Reihe bedeutender Gelehrter des 19. Jahrhunderts.

In seinen Monographien allgemeineren Inhalts bemühte sich Ostwald, nicht nur die wesentlichen Glieder in der allgemeinen Entwicklungskette der Chemie zu beleuchten, sondern auch einige Tendenzen und Gesetzmäßigkeiten in diesem Prozess herauszufinden. So verweist er z. B. auf ein Charakteristikum in der Entwicklung von Physik und Chemie – je mehr sie sich der Gegenwart näherte, um so größer werde der Umfang der experimentellen Untersuchungen sowie die Empfindlichkeit der Apparate und Geräte. So werde es möglich, über die Grenze dessen hinauszugehen, was der einfachen Beobachtung zugänglich sei, und dadurch qualitativ neue Erscheinungen zu entdecken.

Ende des 19. Jahrhunderts begann dann Ostwalds Meinung nach die Umwandlung der Chemie in eine exakte Wissenschaft ähnlich den reiferen Wissenschaften wie Mechanik und Physik, und zwar auf dem Wege der Formulierung von Prinzipien und Fundamen-

¹⁰³Wie wir wissen, ist dieses Problem jetzt in technisch verwertbarer Form gelöst. Die Herstellung künstlicher Diamanten hat in der Gegenwart große praktische Bedeutung gewonnen.

talsätzen, auf denen das gesamte Gebäude der Wissenschaft ruhe.¹⁰⁴

Dazu schreibt er:

In den letzten Jahren sind, dem philosophischen Zuge unserer Zeit entsprechend, diese Bestrebungen mit erneutem Eifer aufgenommen worden... Diese Forschungen haben die Aufdeckung der letzten Wahrheiten und ihrer Zusammenhänge zum Zweck, die aller weiteren Forschung zugrunde liegen, und der eingehaltene Weg besteht nicht in der Aufstellung von Analogien und Hypothesen, sondern in der gedanklichen Analyse der Begriffe und dem Aufweisen der allgemeinsten Tatsachen der Erfahrung, aus denen sie abgeleitet sind. [55]

Ostwalds Arbeiten zur Geschichte der Chemie, insbesondere die allgemeineren, weisen außer vielem Beachtenswerten auch eine Reihe wesentlicher Unzulänglichkeiten auf, die darauf zurückzuführen sind, dass bei der Einschätzung von Ereignissen und Gelehrten der Vergangenheit die energetische Weltanschauung des Autors eine Rolle spielt. Hier zeigt sich immer wieder, wie schädlich sich seine falsche philosophische Konzeption auf die Bewertung historischer Tatsachen auswirkte.

Ostwalds ablehnende Haltung der Atomistik gegenüber musste natürlich den Wert seiner wissenschaftshistorischen Untersuchungen in den Fällen, wo sein subjektiver Standpunkt bei der Einschätzung einzelner Fakten und Entdeckungen und in der Beurteilung der Rolle ihrer Autoren zum Vorschein kommt, verringern.

Seine antiatomistische Einstellung hinderte ihn daran, die Entwicklung der Atom- und Molekularlehre, der Theorie des chemischen Baus und anderer Entdeckungen und Konzeptionen, die mit den Atomen und Molekülen zusammenhängen, objektiv darzustellen. Dass der Fortschritt der organischen Chemie mit der Atomhypothese im Zusammenhang steht, ist seiner Meinung nach „ein geschichtlicher Zufall, dessen unbedingte Notwendigkeit man nicht anzunehmen oder zuzugeben braucht“ [53, S. 158].

Die Arbeiten von Dalton, Avogadro, Butlerow, Kekule und anderen Theoretikern der Chemie des 19. Jahrhunderts erforschte Ostwald nur sehr oberflächlich, und in einigen Fällen (z. B. hinsichtlich der Rolle Butlerows bei der Entwicklung der Theorie der chemischen Konstitution) berücksichtigte er sie gar nicht. Dafür hob er seine „Helden“ - Richter, Wenzel, Ritter, Wilhelmy - zu sehr hervor und überschätzte ihre Bedeutung für die Entwicklung der Chemie ganz eindeutig. Man kann diese Begeisterung Ostwalds natürlich verstehen; sein Verdienst ist es ja, dass in der Geschichte der Elektrochemie Ritter, in der der chemischen Kinetik Wilhelmy und in der der Thermochemie Hess ‚wiederentdeckt‘ worden sind.

Beispielsweise finden wir in den „Leitlinien“ die Worte:

Die Ursache, welche Richters Werk so in den Hintergrund hat treten lassen, liegt in der gleichzeitigen Entwicklung der atomistischen Hypothese durch John Dalton. [53, S. 51]

¹⁰⁴Interessant sind Ostwalds Überlegungen, nach denen eine Wissenschaft mit kompliziertem Gegenstand immer in der Entwicklung hinter den Wissenschaften, die einfachere Erscheinungen zum Gegenstand haben, zurückbleibt. Er schreibt: „Natürlich bleibt die Chemie infolge ihres reicheren und spezielleren Inhalts in ihrer Entwicklung zu einer rationalen Wissenschaft hinter der Physik zurück und wird immer zurückbleiben, genauso wie die Physik hinter der Astronomie oder Mathematik zurückbleibt.“

Dabei lässt Ostwald jedoch völlig außer acht, dass das von Richter nur für die Salze gefundene Gesetz gerade durch die Daltonsche Atomtheorie eine wissenschaftliche Begründung erfuhr und allgemeine Bedeutung erlangte.

Schon Dalton hat richtig festgestellt, dass als Alternative zur atomistischen Erklärung der stöchiometrischen Gesetze nur irgendwelche Mystik übrigbleibe, Er unterstreicht, das Gesetz der konstanten Proportionen bleibe unerklärbar, solange man die Atomhypothese nicht anerkenne. Die Keplerschen Gesetze wären ja genauso geheimnisvoll erschienen, solange sie nicht durch Newton so glänzend erklärt worden wären.

Von einem anderen hervorragenden experimentellen Chemiker, dessen Arbeiten in hohem Maße zur Entstehung der Stöchiometrie beitrugen, von J.-L. Proust, stammt der Hinweis, die Natur schaffe chemische Verbindungen nie anders als mit der Waage in der Hand, wägend und messend, Ostwald hatte in gewisser Weise recht, wenn er sagt, die stöchiometrischen Gesetze seien als Verallgemeinerung experimentellen Materials anzusehen; nur kann man sie nicht anders als von den Positionen des Atomismus her erklären. Er war also, wie aus dem Gesagten hervorgeht, nicht immer gerecht in seinen historischen Einschätzungen und in der Bewertung bestimmter Gelehrter; das wirkte sich so aus, dass er die einen über-, andere wieder unterschätzte.

Außerdem ist für Ostwald die Tendenz charakteristisch, gewisse Einzelheiten in den Rang konstruierter Gesetzmäßigkeiten zu erheben und Erscheinungen von vorübergehender Bedeutung, die nur für eine bestimmte Periode in der Geschichte der Wissenschaft typisch sind, als allgemeingültig hinzustellen.

Diese Unzulänglichkeiten werden jedoch aufgewogen durch eine genaue Kenntnis des historischen Materials, das Vermögen, die Fäden, durch die verschiedene wissenschaftliche Erscheinungen „über Raum und Zeit“ zusammenhängen, aufzudecken, die glänzende Form der Darstellung u. a. m.

6.13 Ostwalds wissenschaftshistorische Konzeption

Ostwald betrachtete die Geschichte der Wissenschaft als Wissenschaftszweig, der wie jeder beliebige andere der Ausarbeitung bedürfe, um brauchbar und nützlich zu werden. Er schreibt:

Wenn ein Wissensgebiet noch keinen merkbaren Betrieb seiner eigenen Geschichte aufweist, so darf man den Grund dafür im allgemeinen darin suchen, dass in diesem Gebiete die Art der Arbeitshilfe, welche die Geschichte leisten kann, noch nicht gebraucht wird, [66, S. 2]

Die Geschichte der Wissenschaft, heißt es weiter, finde im arbeitenden Kopfe des Forschers keinen Platz, solange er sie nicht als Werkzeug für seine Arbeit benutzen könne. Er erklärt sich mit dem Standpunkt des Historikers L. Ranke, dass die Geschichte kein anderes Ziel verfolge als festzustellen, „wie es eigentlich gewesen ist“, nicht einverstanden. Ostwald sieht den Nutzen wissenschaftshistorischer Untersuchungen vor allem darin, dass man mit ihrer Hilfe die „Goldkörner“ aus den Werken der großen Männer der Vergangenheit herausuchen könne. Er schreibt dazu:

Diese Goldkörner bleiben ... so lange auf jenes Grundwerk beschränkt, bis jemand kommt, der mit dem großen Manne... kongenial ist und der deshalb den besonderen Wert eben dieser über-

sehenen Goldkörner zu erkennen vermag, Dieser wird dann seinen Fund verkünden, und dann sehen ihn auch die Lehrbuchschreiber, und er wird Eigentum der Allgemeinheit.

Auch dies ist ein Vorgang, der nicht auf einmal zu Ende geführt wird, sondern umso länger dauert, je weiter der große Mann seiner Zeit voraus gewesen ist... Immerhin darf man bei den ganz Großen immer noch darauf rechnen, dass, wenn man ein Sonntagskind (in Begabung oder in Hingabe) ist, man auch noch nach Jahrhunderten, vielleicht Jahrtausenden ein übersehenes Korn echten Goldes in ihren Werken entdecken kann. [66, S. 8]

Er drückt seine Überzeugung aus, dass „von allen Philosophen, die am Anfang des neueren Aufschwunges der exakten Wissenschaften stehen, Leibniz derjenige ist, bei dem wir am meisten ungemünztes Gold zu finden Aussicht haben“ [a.a.O.]. Seiner Meinung nach ist es wesentlich zu erforschen, wie die von bedeutenden Gelehrten nachgelassenen Schätze am besten verwertet werden könnten.

Seiner Meinung nach sollte man sich bei der Erforschung der Arbeiten von Gelehrten der Vergangenheit in erster Linie bemühen, den Nachweis für die Entstehung und Entwicklung eines bestimmten Begriffs zu erbringen. Es sei offenbar ganz belanglos, wo zum ersten Male ein bestimmtes Wort auftaucht; es sei aber außerordentlich wichtig zu beweisen, wie sich ein bestimmter Begriff herausgebildet und entwickelt habe. Wesentlich sei, die Zusammenhänge eines neuen Begriffs mit älteren zu kennen, weil das bei der „weiteren gedanklichen Bearbeitung jenes Begriffes“ helfen könne.

Ostwald unterstreicht, dass eine umfassende Wiederbelebung der Vergangenheit unmöglich und auch unnötig sei, man müsse in erster Linie all das ermitteln, was „modernen Wert“ habe.

Diese Auffassung ist eng verwandt mit seiner Kritik an einer Geschichte, die sich nur als „Chronik“ betrachtet, als von jeder Interpretation freie Summe von Fakten. Wenn Ranke der Meinung war, die Aufgabe der Geschichte sei erfüllt, wenn sie herausgefunden habe, wie irgend etwas „eigentlich gewesen ist“, so sieht Ostwald ihre Aufgabe in der Klärung der Frage, warum dies oder jenes geschehen ist.

Geschichtliche Arbeit dürfe nicht darin bestehen, einfach das zu rekonstruieren, was sich in einer bestimmten Etappe der Geschichte abspielte; in erster Linie müsse geklärt werden, welche Prozesse entscheidenden Einfluss auf die weitere Entwicklung der Wissenschaft gehabt und damit auch in gewissem Maße den Charakter der modernen Wissenschaft und ihre Weiterentwicklung mitbestimmt hätten. Ein Wissenschaftshistoriker müsse die Fäden, über die Gegenwart und Vergangenheit verbunden sind, verfolgen und in der Gegenwart die unverwischten Spuren der Vergangenheit erkennen können.

Ostwald behauptet, dass „geschichtliche Studien umso weniger getrieben zu werden pflegen, je schöpferischer die Zeit und das Gebiet eben selbst sind“ [66, S. 10-11]; diese Interpretation des Verhältnisses zwischen dem Interesse für die Geschichte einer Wissenschaft und den Erfolgen der betreffenden Wissenschaft dürfte aber kaum zutreffen. Ostwald meint, im 19. Jahrhundert sei das Interesse für die Geschichte der Wissenschaft deshalb gering gewesen, weil „sich die Menschheit an die Fülle neuer Dinge noch nicht gewöhnt hatte, welche die junge Naturwissenschaft immer wieder hervorbrachte“ [66, S. 11]. Er räumt zwar ein, dass auch das 20. Jahrhundert an Entdeckungen nicht ärmer sei, meint aber:

Was unseren Großvätern höchst bedenklich und atemberaubend erschien, wird von der Gegenwart zwar nicht mit Ruhe, aber doch mit ungemischter Freude aufgenommen.¹⁰⁵

Den Nutzen der Wissenschaftsgeschichte sieht Ostwald auch darin, dass wir aus dem Vergangenen lernen können, „wie wir uns zu verhalten haben, um eine möglichst große und gute Produktion von Wissenschaft zu erzielen“ [a. a. O.]. Sie müsse ihre Rolle bei der Aufklärung der „Gesetze des geistigen Ackerbaus“ spielen, mit deren Hilfe es gelingen müsse, „die Ausbeute an dem höchsten Produkte, das der Garten der Menschheit erzeugt, an dem schöpferischen Genie, ... zu steigern“ [66, 5. 15]. Ostwald stellt fest:

Wie ich seit langem immer wieder betont habe, liefert uns die Geschichte der Wissenschaften das beste und sicherste Material, an dem die Gesetzmäßigkeiten der Menschheitsentwicklung studiert werden können [1; S. 17].¹⁰⁶

Man muss bedenken, dass Ostwald diese These zu einer Zeit aufstellte, als in der Geschichtsschreibung fast unumschränkt die neokantianische Lehre herrschte, die prinzipiell unterscheidet zwischen nomothetischen Wissenschaften, die sich mit Gesetzen entsprechender Erscheinungen und Prozesse befassen (den Naturwissenschaften), und ideographischen Wissenschaften, die einmalige, nicht wiederholbare Ereignisse beschreiben (den historischen Wissenschaften).

Im Gegensatz zu Rickert und anderen Geschichtsphilosophen, die der Meinung waren, die historischen Wissenschaften dürften nur beschreibenden Charakter haben und stellten lediglich eine Chronik der gesellschaftlichen Entwicklung dar, trat Ostwald für eine Konzeption ein, nach der die Geschichte der Menschheit nach Gesetzen abläuft, und betonte, die Geschichte der Wissenschaften könne zum Verständnis dieser Gesetze beitragen.

Nach Ostwald ist die Wissenschaft eine der höchsten Formen menschlichen Tuns, in der nicht der Zufall herrscht, sondern Faktoren wirken, die wissenschaftlich analysiert werden können und müssen. Er ist überzeugt, dass hier eine bestimmte, geradlinig über die gewaltige Vielfalt von Fakten, Ereignissen und Prozessen verlaufende Logik vorhanden ist, die das Kernstück des wissenschaftlichen Fortschritts bildet.

Ostwalds wissenschaftshistorische Konzeption geht also davon aus, dass die Geschichte der menschlichen Gesellschaft und die Entwicklung der Wissenschaft nach Gesetzen ablaufen. Seine Konzeption enthält die Annahme, dass die Kenntnis der Entwicklungsgesetze der Wissenschaften den Schlüssel sowohl zum Verständnis der aktuellen Situation der Wissenschaft als auch der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung liefere.

¹⁰⁵ Ostwalds These, die hier in so kategorischer Form aufgestellt wird, dürfte das Verhältnis der heutigen Wissenschaftler zur Wissenschaftsgeschichte kaum richtig charakterisieren. In den letzten Jahrzehnten ist ein wachsendes Interesse für die Geschichte der Wissenschaft festzustellen; das hängt mit der Notwendigkeit zusammen, Prozesse in der modernen Wissenschaft und Tendenzen ihrer Entwicklung zu begreifen, sich im komplizierten ‚Garten der Wissenschaft‘ zurechtzufinden und ihre inneren und äußeren Zusammenhänge zu erkennen.

¹⁰⁶ Ostwald schreibt auch: „...Gesetzmäßigkeiten allen Geschehens, also auch des geschichtlichen, sind eben dadurch als Gesetzmäßigkeiten gekennzeichnet, dass sie immer wieder in übereinstimmender Weise innerhalb der Mannigfaltigkeit des Einzelgeschehens auftreten“ [66, 5.5].

7 Ostwalds allgemeine gesellschaftliche Tätigkeit

In den produktivsten Jahren seines Lebens pflegte Ostwald einen Teil seiner Zeit neben der wissenschaftlichen Arbeit der öffentlichen Tätigkeit zu widmen, die ihn häufig auch völlig in Anspruch nahm. Das trifft insbesondere auf die Jahre 1900 bis 1914 zu.

Ostwald war auf verschiedenen Gebieten als Initiator, Organisator und führender Kopf beteiligt und setzte sich mit all seinem Temperament für die jeweiligen Aufgaben ein; er war Herz und Hirn im Kampf um ihre Verwirklichung. Dabei war er immer bestrebt, zu praktischen, für die Gesellschaft lebenswichtigen Resultaten zu gelangen.

An erster Stelle muss man hier Ostwalds Öffentlichkeitsarbeit auf dem Gebiet der Wissenschaft nennen. Er popularisierte und propagierte neue Erkenntnisse, organisierte internationale Vereinigungen und Konferenzen, neue wissenschaftliche Institute, neue Zeitschriften usw.

Er kämpfte um die Einführung einer internationalen Sprache, nahm an der antiklerikalen und atheistischen Bewegung teil und gründete das Institut „Die Brücke“ zur Erforschung von Problemen bei der Organisation der geistigen Arbeit.

Durch seine Mitwirkung in internationalen wissenschaftlichen Organisationen wollte Ostwald zur „Erreichung des endgültigen Zieles - einer Verbesserung in der Verteilung der energetischen Reichtümer auf die gesamte Menschheit“ beitragen. Seine ganze vielseitige Tätigkeit sah er unter einem einheitlichen Gesichtspunkt, dem der Verwirklichung seines „energetischen Imperativs“ [75].

Er vertrat die Auffassung, alles, was zum Wohle der Gesellschaft getan werde, steigere ihre Energien, d. h., es hebe das kulturelle Niveau und verbessere die Lebensbedingungen.

Ostwalds Wirken für die Allgemeinheit war stets darauf gerichtet, der kulturellen Entwicklung der Menschheit alle Hindernisse aus dem Weg zu räumen (wie wir später sehen werden, sah er seine Teilnahme an der antiklerikalen und atheistischen Arbeit ebenfalls unter diesem Blickwinkel, und hier lag auch der Ursprung seiner Bemühungen um die Schaffung einer Weltsprache), und er suchte, für den Fortschritt der gesellschaftlich notwendigsten Bereiche die vernünftigsten Formen zu finden. Deshalb verwandte er so viel Aufmerksamkeit auf allgemeine organisatorische Probleme, insbesondere auf die Organisation wissenschaftlicher Arbeit.

Ostwald hatte, wie schon erwähnt, ein sehr feines Gespür für den „Zug der Zeit“. Er verstand es, sein Wissen klug einzusetzen und sogar andere Menschen so zu beeinflussen, dass auch ihre Anstrengungen zu „wägbaren und sichtbaren“ Resultaten führten und gesellschaftlich wirksam wurden. Dabei wies er ständig auf den sozialen Charakter jeder Tätigkeit, insbesondere der wissenschaftlichen, hin und bezog dabei selbst die abstraktesten Gebiete ein, obwohl die Mehrzahl der Philosophen und Gelehrten behauptete, diese hätten keinerlei Beziehungen zum praktischen Leben. Ostwald sagte, der soziale Wert der Wissenschaft bestehe darin, dass sie „helfe, die Leiden der Menschheit zu verringern, ihre Freuden zu vermehren und zu vergrößern, mit anderen Worten, die Ausnutzung ihrer freien Energie verbessere“.

Er rief zu einer „ökonomischen Energieanwendung“ auf und meinte, alle sozialen Institutionen der Menschheit einschließlich des Staates und des Rechts sollten nur dazu dienen, „jene Energieformen, die uns zur Verfügung stehen, sinnvoll anzuwenden“.

Er glaubte an die Demokratisierung der Wissenschaften, glaubte daran, dass die Einbeziehung breiter Bevölkerungskreise in die wissenschaftliche Arbeit dazu führe, dass diese Arbeit zum Bedürfnis würde.

Bei seiner allgemeinen gesellschaftlichen Tätigkeit kam Ostwald mit zahlreichen Menschen aus verschiedensten Bereichen, mit den unterschiedlichsten Ansichten und aus den verschiedensten sozialen Schichten zusammen. All diese Menschen zog er zur Verwirklichung seiner Ideen mit heran.

In den Jahren zwischen 1906 und 1911 nahm Ostwald aktiv an der Arbeit verschiedener internationaler Kongresse und Organisationen teil. So war er einige Jahre hindurch Mitglied der Internationalen Atomgewichtskommission. Diese Kommission hatte vier Mitglieder: F. W. Clarke, W. Ostwald, H. Moissan¹⁰⁷ und T. E. Thorpe. Von 1905 bis 1914 wurden in der Zeitschrift für physikalische Chemie alle Neubestimmungen von Atomgewichten sowie vervollständigte und korrigierte Tabellen der bekannten Atomgewichte veröffentlicht.

1904 nahm Ostwald an einem internationalen wissenschaftlichen Kongress in St. Louis (USA) teil, zu dem man ihn als Philosophen eingeladen hatte. Darüber schreibt er selbst:

Ich hatte mich mit Freuden an dieser Zusammenkunft beteiligt, welche ein so deutlicher Ausdruck für den Internationalismus der Wissenschaft war. Allerdings entsprach die Ausführung des Gedanken nicht ganz den Absichten, da der ungeheuer ausgedehnte und lärmige Betrieb einer amerikanischen Weltausstellung sich schlecht mit stiller Forscherarbeit vertrug ... Wenn ich in der Lage wäre, etwas ähnliches organisieren zu sollen, so würde ich versuchen, hierfür eine anmutige Insel ausfindig zu machen, auf welcher die verschiedenartigsten Vertreter der Wissenschaft für acht bis vierzehn Tage unter guten äußeren wie inneren Bedingungen zusammenleben könnten, ohne allzuviel durch Vorträge in der freien Verwendung ihrer Zeit behindert zu werden. Wenn auch ein äußeres Ergebnis sich hernach kaum aufweisen ließe, so würde das innere, in der gegenseitigen Förderung durch diesen psychischen Kontakt der Einzelgebiete unserer Gesamtwissenschaft beruhende, umso erheblicher sein. [67, S. 90-91]

1910 nahm Ostwald unmittelbaren Anteil an der Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts in Berlin, das dann bei der Weiterentwicklung der physikalischen Chemie eine bedeutende Rolle gespielt hat.

Im Herbst 1911 reiste Ostwald nach England zur Tagung der British Association und machte dort den Vorschlag, ein internationales Institut für Chemie zu organisieren. Wie viele seiner Unternehmungen, so war auch diese dank seiner unermüdlichen Bemühungen, seiner Beharrlichkeit und Autorität von Erfolg gekrönt. E. Solvay¹⁰⁸ unterstützte die Gründung des internationalen Instituts für Chemie mit einem Millionenbetrag.

¹⁰⁷Nach Moissans Tod (1907) wurde an seiner Stelle der französische Chemiker G. Urbain in die Kommission aufgenommen.

¹⁰⁸Ernest Solvay (1838-1922), belgischer Erfinder und Unternehmer, entwickelte das Ammoniakverfahren zur industriellen Sodagewinnung und unterstützte die Wissenschaftsentwicklung (den Bau neuer Institute und Laboratorien, internationale Zusammenkünfte und Kongresse) mit großen Summen.

Es sollte 1914 in Brüssel im Solvay-Institut für Physiologie eingerichtet werden, aber der Krieg machte diese Pläne zunichte.

1911, nach seiner Rückkehr aus Paris und Brüssel, wohin er wegen der Organisierung des internationalen Instituts für Chemie gereist war, erhielt Ostwald aus München eine Druckschrift von K. W. Bühner und A. Saager mit dem Titel „Die Organisierung der geistigen Arbeit durch die Brücke“.

In einem beiliegenden Brief schlugen Bühner und Saager vor, Grundsätze für die Organisierung geistiger Arbeit zu entwickeln. Es wurde ein Treffen vereinbart, und Ostwald legte dort seine Meinung über die Organisierung der geistigen Arbeit dar – sie müsse im Einklang mit dem energetischen Imperativ, dem Prinzip der ökonomischen Energieanwendung erfolgen. Darunter wollte er vor allem eine Konzentration aller Kräfte auf die Lösung der wesentlichsten Probleme verstanden wissen. Ostwald meinte, man müsse unbedingt Organisationsprinzipien ausarbeiten, mit deren Hilfe eine deutliche Steigerung der Effektivität aller Formen der geistigen Arbeit erzielt werden könne.

Um die Pläne hinsichtlich der Organisation der geistigen Arbeit verwirklichen zu können, beschlossen Ostwald, Bühner und Saager, das Institut „Die Brücke“ zu gründen. Ostwald, der zum ersten Vorsitzenden des Instituts ernannt wurde, stellte die Hälfte seines Nobelpreises für dessen Arbeit zur Verfügung.

1911 fand in München die Gründungsversammlung der „Brücke“ statt, auf der Ostwald den Hauptvortrag hielt.

In der Mitgliederliste der „Brücke“ fand man schon bald die Namen vieler bedeutender Gelehrter wie S. Arrhenius, E. Solvay, H. Poincaré und I. I. Metschnikow. Ostwald stellte dem neuen Institut ein umfangreiches Programm von Aufgaben.

Eine seiner Hauptaufgaben sah das Institut „Die Brücke“ in der Ausarbeitung von Standards und von Musterlösungen für die verschiedenartigsten Formen organisatorischer Arbeit. Man ging von dem Grundsatz aus, dass eine getane Arbeit allgemeinen Charakters nicht wiederholt werden dürfe, d.h., beim nächsten Mal müsse man "das bereits gewonnene Resultat ausnutzen und nicht den ganzen Weg bis dahin noch einmal gehen“.

Das Institut entwickelte ein Musterstatut als Vorlage für die Ausarbeitung von Statuten der verschiedensten Institute. Ostwalds Vorstellungen gingen dahin, dass die „Brücke“ auch ein Informationszentrum für Forscher aller Länder werden müsse. Er verwies auf ein typisches Beispiel sinnloser Verschwendung geistiger Kräfte, das immer wieder auftrete.

Jeder Forscher, der sich an die Erforschung eines bestimmten Problems mache, müsse vor allem die Vorgeschichte des betreffenden Problems ergründen, d.h. eine gewaltige Menge Material durcharbeiten und eine Menge Zeit und Energie darauf verwenden. Zur Erleichterung dieser Arbeit müsse ein Institut zur Organisation geistiger Arbeit wie die „Brücke“ fertige Zusammenfassungen der Geschichte bestimmter Probleme bereithalten, die es den Forschern zur Verfügung stellen könne; damit würden jene von unnützem Suchen befreit und könnten ihre Zeit und Energie für die eigene schöpferische Arbeit nutzen.

In der ersten Zeit seines Wirkens sollte das Institut „Die Brücke“ entsprechend den von Ostwald aufgestellten Prinzipien Probleme der Organisation elementarster Formen menschlicher Tätigkeit lösen helfen.¹⁰⁹

Zu diesen „elementarsten Formen“ rechnete man u.a. die Entwicklung optimaler, standardisierter Papier- und Buchformate u. dgl. Bühner hatte als Standardformat für Bücher die Abmessungen 11,5 x 16,5 cm vorgeschlagen. Ostwald entwickelte seine eigenen Vorstellungen, die alle Formate von dem der Briefmarke bis zu dem einer Zeitung umfassten. All diese Probleme erörterte er in seiner Broschüre „Das wissenschaftliche Weltformat“, die 1911 veröffentlicht wurde.

Am 30. Dezember 1912 schrieb Ostwald an Arrhenius:

... Außerdem macht die Brücke, der Du Dich ja auch seinerzeit freundlich angeschlossen hast, ungewöhnlich schöne und schnelle Fortschritte.

Wir werden in wenigen Jahren die Weltformate in den deutschsprechenden Ländern praktisch durchgeführt haben. Ebenso finden die anderen Gedanken meines Mitarbeiters Bühner langsam ihren Weg, und man darf daher darauf rechnen, dass die Widerstände, die ja nicht fehlen, bald überwunden werden können. Charakteristisch ist es, dass der Vorstand der Deutschen Chemischen Gesellschaft in Berlin sich in jeder Beziehung all den Organisations- und Internationalisierungsbemühungen widersetzt, die irgendwie mit mir zusammenhängen. Es ist noch der alte Hass von der physikalischen Chemie her, der von diesen Leuten nicht vergessen werden kann. [164]

In einem anderen Brief vom 30. Dezember 1913 heißt es:

Inzwischen habe ich ziemlich harte Tage gehabt, ungewöhnlich voll von Arbeit und Plackerei aller Art, die bei meiner jetzigen Tätigkeit viel reichlicher und mannigfaltiger kommt, als sie jemals ein Professor in seiner wohlgeschützten Ecke erlebt. Glücklicherweise befinde ich mich jetzt wieder auf der aufsteigenden Linie meines allgemeinen Energiezustandes und darf, wenn ich mich einigermaßen vernünftig betrage und wenn, was, noch unsicherer ist, die übrige Welt sich mir gegenüber einigermaßen vernünftig betrügt, auf ein halbes Dutzend Jahre oder ein paar mehr erfolgreicher Betätigung rechnen.

Zu dieser erfolgreichen Betätigung gehört auch die Arbeit im Deutschen Monistenbunde, die trotz mancher Widerstände sehr schön vorwärts geht. [164]

Angesichts der erfolglosen Tätigkeit der Brücke jedoch verlieren Ostwalds Kommentare nach und nach ihren optimistischen Tonfall. Am 23. April 1914 schreibt er seinem Freund W. Ramsay nach England:

Die Summe von Arbeit, die ich mir als freier Mensch aufgehalst habe, ist allmählich so groß geworden, dass ich in energischster Weise auf Einschränkung bedacht sein muss... Im übrigen gehen meine Unternehmungen ziemlich durcheinander ... Ebenso wird in nächster Zeit die Organisation der ‚Brücke‘ von Grund auf geändert werden müssen, da sie in der jetzigen Form sich nicht als haltbar erweist. ... Es war die ungeeignete Beschaffenheit der Menschen, denen ich die Ausführung dieser Gedanken übertragen hatte.

¹⁰⁹Ostwald selbst formuliert die Prinzipien einer rationellen Organisation so: erstens „das Prinzip der Arbeitsteilung als die Grundform des Fortschritts. Durch zunehmend feiner ausgebildete Sonderorgane wird Umfang und Inhalt der Arbeit erweitert und verfeinert“; zweitens "das Prinzip der Arbeitsverbindung. Alle einzelnen Arbeiten müssen zu gegenseitiger Unterstützung miteinander in Verbindung gebracht werden... es fehlt an Brücken, welche eine Insel der Arbeit mit der anderen, zuletzt jede mit jeder verbinden" [105, III, S. 294].

Ich war in dem Aberglauben, dass es genügt, die pekuniären Hilfsmittel für eine solche Sache herzugeben und allenfalls ein paar allgemeine Gedanken am Anfang beizusteuern, um die ganze Zukunft einer solchen Sache zu sichern. Ich habe mich überzeugen können, dass Menschen viel schwieriger zu bekommen sind als Geld, und habe ein ziemlich erhebliches Lehrgeld für diese eigentlich nicht allzu neue Wahrheit bezahlen müssen. [135]

Bald nach Ausbruch des ersten Weltkriegs hörte das Institut „Die Brücke“ auf zu existieren. Dieses interessante Vorhaben ging schon auf sehr früher Entwicklungsstufe zugrunde, ohne merkliche Resultate erreicht zu haben. Unter anderen, günstigeren, Bedingungen hätte die „Brücke“ wohl eine wesentlich positivere Rolle bei der Organisation geistiger Arbeit spielen können.

Ganz besonders klar kommen Ostwalds Organisationstalent und sein Wirken für die Öffentlichkeit in seinen Bemühungen, eine künstliche Weltsprache zu popularisieren, und in seinem Kampf gegen die Religion zum Ausdruck. Diese Seiten in Ostwalds Leben verdienen besonderes Interesse, darum wollen wir etwas ausführlicher auf sie eingehen.

7.1 Die Weltsprache

Auch an das Problem der Sprache als Kommunikationsmittel der Menschen ging Ostwald unter dem Blickwinkel seines „energetischen Imperativs“ heran. „Mir war die ungeheuerliche Energievergeudung aufgefallen“, schreibt er, „welche durch die Verschiedenheit der Sprachen bewirkt wird“ [105, III, S. 141].

Zum gleichen Problem lesen wir an anderer Stelle bei ihm:

Es handelt sich tatsächlich nicht um eine Phantasterei bei der Frage nach der allgemeinen künstlichen Sprache, sondern um eine wissenschaftlich-technische Aufgabe, deren Lösung eine unabsehbare Entlastung der arbeitenden Menschheit von nutzloser Anstrengung mit sich bringen wird. [43]

Ostwald war zutiefst davon überzeugt, dass es die Pflicht der Gelehrten und Schriftsteller sei, eine allgemeine künstliche Weltsprache zu schaffen, mit deren Hilfe es möglich würde, die Sprachbarrieren niederzureißen und das gegenseitige Verständnis der Nationen zu erleichtern.¹¹⁰ Er betonte, für den allgemeinen Gebrauch sei eine Sprache erforderlich, in der sich nicht nur Gelehrte, sondern auch Fabrikarbeiter frei ausdrücken können:

Wir wollen in Belgrad einen Hemdkragen von der Ladnerin kaufen und in Norwegen den Land-

¹¹⁰Das Problem einer Weltsprache hat schon eine sehr lange Geschichte. R. Lullus machte bereits im 8. Jahrhundert den Vorschlag, das Latein zur gesamteuropäischen Sprache zu machen. Auch R. Bacon, R. Descartes, G. W. Leibniz u. v. a. befassten sich mit der Frage einer künstlichen Weltsprache.

Im 20. Jahrhundert zog dieses Problem die Aufmerksamkeit vieler bedeutender Gelehrter und Politiker auf sich (A. Einstein, W. Churchill u. a.). Die meisten Verfechter einer solchen internationalen Sprache vertraten die Auffassung, dass die natürlichen Sprachen, von denen es gegenwärtig mehr als 3000 in der Welt gibt, dadurch nicht verdrängt werden sollten, sondern eine solche Weltsprache sollte daneben existieren und dem wissenschaftlichen, geschäftlichen und kulturellen Kontakt zwischen den Völkern dienen.

mann nach dem Wege fragen können, und es soll möglich sein, dass beide die allgemeine Sprache verstehen und sprechen. Das ist nur denkbar, wenn das Erlernen der allgemeinen Sprache nicht schwerer ist als das kleine und große Einmaleins, so dass jeder Schüler in der Elementarschule neben Lesen und Schreiben auch die Grundlagen der allgemeinen Sprache lernen kann. [67, S. 444 - 445]

Ostwald sah in der Sprache eine Schatzkammer, die neben neuen Begriffen auch gebrauchte und bereits überflüssige enthält. Oft bestehe zwischen Wort und Begriff eine Diskrepanz, da eine veraltete Bezeichnung das erst später entdeckte Wesen vieler Dinge nicht richtig vermittele. Deshalb sah er den Ausweg in der Schaffung einer künstlichen Sprache, in der die Worte den Begriffen entsprächen und die, was er als das Wesentlichste betrachtete, die Sprachbarrieren beseitigen würde. Argumente, die von den Gegnern einer künstlichen Sprache vorgebracht wurden und darin bestanden, dass man eine Sprache nie künstlich schaffen könne, da sie wie ein Baum als organisches Ganzes wachsen müsse, widerlegte Ostwald.

Er zog eine Parallele zu den früheren Vorstellungen der Chemie, dass es unmöglich sei, organische Verbindungen auf synthetischem Wege herzustellen. Weiter verwies er darauf, dass die künstlich hergestellten organischen Verbindungen vor den natürlichen Formen einige Vorzüge hätten, da sie nämlich weniger Fremdstoffe enthielten.

Die gleichen Vorzüge würde eine künstliche Sprache gegenüber den existierenden natürlichen haben, sie wäre frei von den geschichtlichen „Ablagerungen“ der natürlichen Sprachen, der Unlogik vieler Worte und umständlichen grammatischen Konstruktionen. Ostwald schreibt:

Man braucht nur die Besonderheiten einer beliebigen Sprache nach den elementarsten Regeln der Logik zu untersuchen, um sich davon zu überzeugen, dass der Charakter einer Sprache nichts anderes ist als ein Überbleibsel ursprünglichen, unvollkommenen Denkens. [265]

Er vergleicht die Sprache auch mit einem alten Haus, in dem nacheinander viele, viele Generationen gelebt haben, von denen jede irgend etwas verändert oder hinzugefügt hat. Das ganze Leben unserer Vorfahren sei, auch wenn uns die Räume heute dunkel und eng erschienen, durch dieses Haus verkörpert. Man dürfe keinesfalls die Sprache der Vorfahren aus dem Leben der Menschen verbannen, da sie gewaltige geistige Reichtümer aus vielen Generationen in sich berge.

Freude und Schmerz, die ganze Skala unserer Gefühle und Empfindungen ließen sich in der Sprache unserer Ahnen ausdrücken. Daneben müsse aber, so meint Ostwald, ein neues Haus errichtet werden - eine künstliche Sprache, in der die geschäftlichen Dinge abgewickelt werden könnten. Diese Sprache müsse zur Sprache der Wissenschaft, der Technik und der internationalen Kontakte werden. Die letztgenannte Funktion könnte eine internationale Sprache genauso erfüllen wie der Telegraph oder das Telefon.

Ostwald unterstreicht, dass eine allgemeine Sprache nicht etwa eine leere Phantasie, sondern eine wissenschaftlich-technische Aufgabe sei, deren Lösung eine Entlastung der Menschheit von nutzloser Energieverschwendung mit sich brächte und viele Potenzen für nutzbringende Tätigkeiten freisetzen würde.

Praktisch gebe es ja solche Sprachen schon, nämlich die Notenschrift, die Sprache der

chemischen oder die der mathematischen Formeln, die sämtlich den Fachleuten aller Länder gleich zugänglich seien.¹¹¹

1900 erhielt Ostwald einen Brief von S. Couturat, Professor für Philosophie an der Universität Paris, der sich durch seine eingehenden Untersuchungen über Leibniz, welcher schon zu seiner Zeit dem Problem der Weltsprache ein ständiges Interesse entgegengebracht hatte, einen Namen gemacht hatte. Daraufhin machte sich Ostwald mit Couturats Arbeiten vertraut, in denen sehr ausführlich die Geschichte aller früheren Versuche zur Schaffung einer künstlichen Sprache beschrieben war. Nach dieser Bekanntschaft kam er zu dem Schluss, dass es an der Zeit sei, von rein platonischen Bestrebungen zu praktischen Maßnahmen auf diesem Gebiet überzugehen.

Im Jahre 1900 fanden im Zusammenhang mit der Weltausstellung in Paris einige internationale Kongresse statt, auf denen sich die Notwendigkeit einer allgemeinen Sprache wieder einmal besonders deutlich bemerkbar machte.¹¹²

Auf Initiative des französischen Mathematikers L. Leau und unter aktiver Teilnahme von Couturat wurde eine ständige Kommission gegründet, die sich mit dem Aufruf an die gesamte zivilisierte Welt wandte, die Schaffung und Einführung einer internationalen Hilfssprache zu unterstützen.

Ihr Aufruf fand in vielen Ländern und verschiedenen Schichten der Bevölkerung lebhaften Widerhall. Sowohl einzelne Gelehrte als auch verschiedene gesellschaftliche Organisationen - Touristenvereine, Handelskammern, Dampfschiffahrtsgesellschaften, Sportverbände, Stenografiezirkel u. a. m. - äußerten sich dazu. Vertreter verschiedener Kontinente bildeten am 17. Januar 1901 einen Ausschuss - eine ‚Delegation‘ - zur Annahme einer geeigneten internationalen Hilfssprache.

Dieser Ausschuss wählte ein aus 11 bedeutenden Gelehrten bestehendes ständiges Komitee zur Ausarbeitung einer internationalen Sprache. Unter diesen 11 war auch Ostwald. Auf einer der Beratungen des Komitees wurden die folgenden Grundsätze entwickelt:

1. Die Hilfssprache muss ebenso den Bedürfnissen des täglichen Lebens wie den Zwecken des Handels und des Verkehrs wie auch den Aufgaben der Wissenschaft zu dienen imstande sein.
2. Sie muss für alle Personen von elementarer Durchschnittsbildung, insbesondere für die Angehörigen der europäischen Kulturwelt, leicht erlernbar sein.

¹¹¹In einem Vortrag über die Schaffung einer Weltsprache (1903) wies Ostwald darauf hin, dass bereits internationale Schriftsprachen existierten, mit deren Hilfe „auf künstliche Weise geistige Dinge“ dargestellt und übermittelt werden könnten. Das sei vor allem die Notenschrift, von der er sagte: „Nicht nur äußerliche Sachen wie Tempo und Tonstärke kann sie übermitteln, sondern alle die in Worten gar nicht ausdrückbaren Tongestaltungen des Komponisten, die großartige Leidenschaft eines Beethoven, die träumerische Sinnigkeit eines Schumann, die süße Fülle eines Mozart- für alles haben diese wunderlichen Zeichen die erforderlichen Darstellungsmittel“ [67, S. 446].

¹¹²P. Walden meinte, der Gedanke, eine internationale Sprache zu schaffen und zu verbreiten, habe sich bei Ostwald schon in seinen Rigaer Jahren ausgebildet, als er am Polytechnikum, wo Studenten verschiedenster Muttersprachen (Russisch, Deutsch, Polnisch, Lettisch) studierten, bereits auf das Problem der Vielsprachigkeit stieß.

3. Sie darf keine der nationalen lebenden Sprachen sein [67, S. 453].

Besonders breiten Widerhall fand in Frankreich der Gedanke, eine internationale Sprache zu schaffen. In Deutschland trat Ostwald als aktiver Propagandist dieser Idee auf, fand aber bei weitem nicht so viel Gehör wie seine französischen Kollegen. Nach Ostwalds Worten stand der Verbreitung dieser Idee in Deutschland vor allem Wilhelm von Humboldts, "mystische Theorie der Sprache" im Wege, nach der die Sprache ein „Lebewesen eigener Art und Gesetzmäßigkeit sei, das ohne verstandesmäßige Arbeit des Menschen entstehe und in nicht näher zu erklärender Weise die Seele der Völker verkörpere" ¹¹³ [105, III, S. 146].

Die erste künstliche Sprache, das „Volapük“, das im Jahre 1879 entstanden war, hatte Ostwald schon in den 80er Jahren durch seinen Lehrer, Prof. A. v. Oettingen, kennengelernt, der aktiver Verfechter einer allgemeinen Sprache war und eine Reihe seiner Korrespondenzen mit ausländischen Partnern in dieser Sprache führte. Anfang der 90er Jahre hatte es schon einmal einen erstaunlichen Aufschwung der Bemühungen um eine allgemeine Sprache gegeben.

283 Vereine hatten sich in der Welt gebildet, 316 Lehrbücher des Volapük waren in 25 Sprachen erschienen, 1600 Lehrerdiplome für diese Sprache waren erteilt worden, die Gesamtzahl der Anhänger wurde auf etwa eine Million geschätzt.

Als sich Ostwald in den Kampf für eine Weltsprache einschaltete, befasste er sich zuerst mit allen früheren Versuchen in dieser Richtung (dem Volapük, dem Esperanto, dem Ido¹¹⁴) und mit den Schwierigkeiten, die es bei der Schaffung und Verbreitung dieser Sprachen gegeben hatte.

Während einer Reise nach den USA (1905) hatte Ostwald eine Reihe von Zusammenkünften, die mit der Organisation einer Bewegung für die Schaffung einer internationalen Sprache zusammenhingen, und hielt auch Vorträge zu diesem Thema, die günstig aufgenommen wurden.¹¹⁵ Nachdem er Anfang 1906 nach Deutschland zurückgekehrt

¹¹³Im Zusammenhang mit Humboldts Sprachkonzeption unterstreicht Ostwald noch einmal, dass es die höchste Aufgabe aller Wissenschaft und Philosophie sei, der Menschheit in aktuellen Problemen reale Hilfe zu erweisen. Wenn eine wissenschaftliche Konzeption diesen Zweck nicht erfülle, und das kann man nach Ostwald mit bestem Gewissen von Humboldts Sprachtheorie sagen, so „ist sie nicht Wissenschaft, sondern Scholastik, und ihr sozialer Wert ist weniger als Null, denn sie führt zur Energievergeudung“ [105, III, S. 154].

¹¹⁴Das Esperanto war 1887 von dem polnischen Arzt L. Zamenhof geschaffen worden; „Ido“ bedeutet in Esperanto (als Nachsilbe) einen Abkömmling. Ido ist nach Ostwalds Worten eine verbesserte Variante des Esperanto. Sein Autor ist Louis de Beaufront, der einmal zu den Anhängern des Esperanto gezählt hatte, sich aber später vom Esperanto abwandte. Anfang 1909 gründeten die „Idisten“ einen Verband der Freunde einer internationalen Sprache, zu dessen Ehrenvorsitzenden Ostwald ernannt wurde.

¹¹⁵Ostwalds Kollegen und Freunde verhielten sich nach derartigen Veranstaltungen unterschiedlich. Hier soll nur ein Auszug aus einem geistreichen Brief Kohlrauschs an Arrhenius vom 27. März 1906 als Beispiel dienen: „Über Ostwald hörte ich, dass meine Tochter in Washington einem Vortrag von ihm über eine neue Weltsprache beigewohnt hat. Sie meinte, unter uns gesagt, dass Ostwald teilweise wohl aus dem Grunde die neue Sprache befürwortet, weil sein Englisch allerdings nicht erfreulich zu hören sei. Ostwald scheint mir durch sein Flattern auf den heterogensten Gebieten die Kritik in gewagtem Maße herauszufordern; Sie sind nach Ihrem Briefe ähnlicher Ansicht. Es wird ihm aber kaum zu helfen sein. Das vielseitige Interesse und der Unternehmungsgeist sowie das unleugbare

war, nahm er an einer Esperantistentagung in Dresden teil.

Am 28. Dezember 1906 schrieb Ostwald an Arrhenius:

Den größten Teil meiner Energie wende ich jetzt an die Frage der internationalen Hilfssprache. Nachdem ich die Bewegung dafür vor einem Jahre in Amerika sehr erfolgreich in Fluss gebracht hatte (über 100 Lokal-Vereine in 6 Wochen), habe ich die Arbeit in Deutschland aufgenommen und beginne hier Erfolge zu sehen, was vor einigen Jahren noch nicht erreichbar schien. Im nächsten Jahre wird die internationale Kommission für die Wahl der geeignetsten künstlichen Sprache (voraussichtlich Esperanto) zusammentreten, und ich werde darin viel Arbeit haben. Ich weiß nicht, ob und wie weit Du Dich um die Sache gekümmert hast, und möchte Dich möglichst dafür interessieren. Könntest Du nicht Euren Kronprinzen veranlassen, sein Protektorat der Sache zu geben?

Seit Erfindung der Buchdruckerkunst hat keine so wichtige Angelegenheit auf der Tagesordnung der allgemeinen Kultur gestanden; denke nur, dass künftig jeder Schriftsteller für die ganze Kulturwelt mit seinen eigenen Worten wird schreiben können. Und die Sache ist so leicht ausführbar; man braucht sie nur zu wollen, alles andere ist da. Wenn Du glaubst, dass ich persönlich die Sache fördern könnte, so bin ich bereit, dafür nach Stockholm zu gehen, um einen Vortrag u. dergl. zu halten. [164]

1907 besuchte Ostwald Paris, um an einer Konferenz über die Einführung einer internationalen Sprache teilzunehmen. Hier traf er mit den bedeutendsten Vertretern dieser Bewegung zusammen - mit L. Couturat, dem dänischen Philologen O. Jespersen, dem Philologen Baudoin de Courtenay, der Professor an der Universität Petersburg war¹¹⁶, Gaston Moch, einem bedeutenden Repräsentanten der pazifistischen Bewegung jener Zeit, dem italienischen Mathematiker G. Peano und anderen.

Auf dieser Zusammenkunft, die 2 Wochen lang andauerte, wurden Vorträge über die verschiedenen Kunstsprachen (Volapük, Esperanto, Ido) und über die Grundprinzipien, nach denen sie aufgebaut sind, gehört. Auf 18 Sitzungen dieser Konferenz hatte Ostwald den Vorsitz.

Man musste unter zwei Möglichkeiten eine Wahl treffen, entweder eine Kunstsprache mit einem völlig neuen Wortschatz zu entwickeln oder den Wortschatz einer oder einiger existierender Sprachen auszunutzen. In beiden Fällen kam es darauf an, die Grammatik so weit wie möglich zu vereinfachen. Ostwald stellte gemeinsam mit Couturat die Grundsätze für den Aufbau der internationalen Hilfssprache auf, das waren die Prinzipien der Eindeutigkeit und Umkehrbarkeit sowie des Notwendigen und Hinreichenden. Das erste Prinzip formulierte Ostwald so:

Es muss eine eindeutige Beziehung zwischen den Begriffen und den Formen, durch die sie ausgedrückt werden, bestehen.

Organisationstalent haben ihn über die natürlichen Grenzen eines Forschungs- etc. Gebietes längst hinausgeführt. Die Leichtigkeit im Schreiben befördert dies, und so ist er in eine Art von labilem Gleichgewicht geraten, was dem Menschen ebenso gefährlich ist wie einem Naturprozess oder einem chemischen „Element“. Das Radium soll sich ja in einem ähnlichen Zustande befinden. Hoffen wir, dass die Emanationen Ostwalds ihm nicht selbst noch unangenehmer werden, als sie es, nach Ihrer Äußerung, schon zu sein scheinen" [165].

¹¹⁶Über Courtenay schreibt Ostwald (1927): „Bei den Verhandlungen treten seine sehr radikalen politischen und sozialen Ansichten auffallend hervor; heute würden wir sie bolschewistisch nennen" [105, III, S. 162].

Über das zweite Prinzip schrieb er:

Verschiedenste Untersuchungen, die schon von Leibniz begonnen und jahrhundertlang fortgeführt wurden, haben die reale Möglichkeit gezeigt, die Grammatik nach dem Grundsatz zu reformieren, dass die Sprache alles Notwendige ausdrücken muss, aber nichts Überflüssiges.

Die „Delegation zur Annahme einer internationalen Hilfssprache“ kam schließlich zu dem Schluss, dass keines der vorgestellten Projekte als zufriedenstellend angesehen werden kann, dass man aber das Esperanto zur Grundlage nehmen könne, da es schon in vielen Ländern Anhänger gefunden habe.¹¹⁷

Einen der Bände der Zeitschrift für physikalische Chemie leitete Ostwald mit einem umfangreichen Artikel unter der Überschrift „Chemische Weltliteratur“ ein, in dem er den Versuch unternahm, das Ido auf konkretes Material aus der Chemie anzuwenden [68].

Ostwald empfahl, die Symbole der chemischen Elemente zu verändern. So wollte er den Kohlenstoff mit K bezeichnet, das Chlor mit Kl, das Chrom mit Kr, Kobalt mit Ko, Kupfer mit Ku, Skandium mit Sk usw. Es folgte dann eine Tabelle mit den Namen aller chemischen Elemente in Ido.

Ostwald schlug vor, bei der Benennung chemischer Verbindungen sich an folgende Prinzipien zu halten: Internationalität, Eindeutigkeit, Kürze und Leichtigkeit der Aussprache. Er stellte fest, die chemische Nomenklatur seiner Zeit habe eine ganze Reihe von Mängeln.

So nannte man die Verbindung KCl damals auf deutsch Chlorkalium, d.h., der negative Bestandteil wurde zuerst genannt; FeCl₃ hieß aber schon wie heute Eisenchlorid, also stand - hier das positive Ion an erster Stelle. Ostwald empfahl, in Ido bei binären Verbindungen unbedingt immer das positivere Element an erster Stelle zu nennen. So schlug er für KCl die Bezeichnung kalio kloro, für FeS fero sulfo u. dgl. vor.

Verbindungen aus gleichen Elementen in unterschiedlichen Valenzzuständen, wie z. B. SnCl₂ (in Ido SnKl₂) und SnCl₄ (SnKl₄), sollten entsprechend stano dukloro oder stano kloro du bzw. stano tetrachloro oder stano kloro quar heißen.

Im Deutschen war damals noch eine andere Bezeichnungsweise für Verbindungen, in denen das Kation in verschiedenen Wertigkeitsstufen vorliegt, üblich. Man sprach z. B. von Cupro- und Cuprerverbindungen, wobei die Endung „o“ der niedrigeren, die Endung „i“ der höheren Wertigkeit entsprach.

Daraus entwickelte Ostwald eine zweite Variante für das Ido - die oben erwähnten Verbindungen SnCl₂ und SnCl₄ sollten danach stano chloro bzw. stani chloro heißen. Für Salze mit zusammengesetztem Anion schlug Ostwald ebenfalls vor, zuerst das Kation zu nennen und dann das Anion. Danach hieße Na₂SO₄ - natro sulfato, Mg(NO₃)₂ - magnesio nitrato, Ca₃(PO₄)₂ - kalco fosfato usw.

¹¹⁷ Allerdings waren einige Mitglieder der Delegation, darunter auch Ostwald, der Meinung, dass das Esperanto ständig aktualisiert werden müsse, und es kam zum Zerwürfnis mit den konservativen Esperantisten. Die Vertreter des Entwicklungsgedankens mussten ihre Variante des Esperanto ‚Ido‘ nennen.

Ac	Aktino (Ak)	H	Hido	Ra	Radiumo
Ag	Argento	He	Helo	Rb	Rubido
Al	Alumino	Hg	Merkuro (Mr)	Rh	Rodio
Ar	Argono	I	Iodo	Ru	Ruteno
As	Arseno	In	Indo	S	Sulfo
Au	Auro	Io	Ionio	Sa	Samaro
B	Boro	Ir	Irido	Sb	Stibo
Ba	Bario	K	Kalio (Ka)	Sc	Skando (Sk)
Be	Berilo	Kr	Kripto	Se	Seleno
Bi	Bismuto	La	Lantano	Si	Siliko
Br	Bromo	Li	Litio	Sn	Stano
C	Karbo (K)	Lu	Luteto	Sr	Stronco
Ca	Kalco (Kc)	Mg	Magnesio	Ta	Tantalo
Cd	Kadmo (Kd)	Mn	Mangano	Tb	Terbo
Ce	Cero	Mo	Molibdo	Te	Teluro
Cl	Kloro (Kl)	N	Nitro	Th	Torio (To)
Co	Kobalto (Ko)	Na	Natro	Ti	Titano
Cr	Kromo (Kr)	Nd	Neodimo	Tl	Talio
Cs	Cesio	Ne	Neono	Tu	Tulio
Cu	Kupro (Ku)	Ni	Nikelo	U	Urano
Dy	Disprozo (Ds)	O	Oxo	V	Vanado
Er	Erbo	Os	Osmo	W	Wolframo
Eu	Europo	P	Fosfo (Fo)	X	Xenono
F	Fluoro	Pb	Plumbo	Y	Yitro
Fe	Fero	Pd	Palado	Yb	Yiterbo
Ga	Galio	Po	Polono	Zn	Zinko
Gd	Gadolinio	Pr	Praseodimo	Zr	Zirkono
Ge	Germanio	Pt	Platino		

In der organischen Chemie bereitete die Übersetzung der chemischen Namen in das Ido bedeutend größere Schwierigkeiten als in der anorganischen, besonders wegen der großen Vielfalt von Isomeren. Eine sehr große Anzahl organischer Verbindungen leitet sich von den Kohlenwasserstoffen ab, indem einzelne Wasserstoffatome durch Atome anderer Elemente oder Radikale ersetzt werden.

Ostwald schlug vor, die Derivate der Kohlenwasserstoffe mit zwei Wörtern zu bezeichnen - zuerst eine Benennung für den Kohlenwasserstoff und dann eine für den Substituenten. So hieße Monochlormethan oder Methylchlorid in Ido metano klora und entsprechend Chloroform (Trichlormethan) metano trikloro.

Für ein komplizierteres Beispiel, das Tetramethyldiamidotriphenylmethan lautet die Ido-Bezeichnung metano 3-fenila 2-amida 4-metila oder metano trifenila diamida tetrame-tila. Die verbreitetsten Radikale sollten Ostwalds Meinung nach so genannt werden: COOH - karboxilo, karboxata; CO - karbonilo, karboxo; CN - clano; SO₃H - sulfonato; NO₂ - nixo; NO - niso; NH₂ - amino; OH - hidoxo.

Die angeführten Beispiele sollen zur Illustration dessen genügen, wie Ostwalds Empfeh-

lungen für die chemische Nomenklatur in Ido aussahen.

Ostwald unternahm auch den Versuch, zu einer Reihe von Veröffentlichungen eine kurze Zusammenfassung in Ido zu schreiben.

Er verwies darauf, dass der Arbeitsaufwand für die Referierung von chemischen Veröffentlichungen sich um das Zehn- oder Mehrfache verringern würde, wenn die Referate nicht in jeder der Nationalsprachen, sondern in einer internationalen Hilfssprache abgefasst würden.

Um die Bemühungen aller Anhänger des Ido in geordnete Bahnen zu lenken und um eine konstante und wirkungsvolle Verbindung zwischen ihnen herzustellen, schlug Ostwald vor, eine Zeitschrift mit dem Namen „Progreß“ zu schaffen, deren Schriftleiter L. Couturat sein sollte.

1906 hielt Ostwald in der Aula der Berliner Handelshochschule einen Vortrag, der mit den Worten endete:

Die Hauptsache ist, dass sich allgemein die Überzeugung verbreitet, dass die Weltsprachenangelegenheit nicht ein Traum einiger phantastischer Köpfe ist, sondern in nüchtern wissenschaftlich-technischer Weise als ein Problem betrachtet werden muss, zu dessen Lösung jetzt die Zeit gekommen ist, weil die Notwendigkeit dazu da ist.

An dem unabsehbaren Segen, welchen ein derartiges großes Friedenswerk mit sich bringen würde, zweifelt ja niemand; der Zweifel bezieht sich immer nur auf die Ausführbarkeit. Ich hoffe, in überzeugender Weise nachgewiesen zu haben, dass die Ausführung durchaus im Bereich unserer Kräfte liegt.

Wenn es mir gegönnt sein sollte, diesen großen Augenblick noch zu erleben- und ich arbeite in der fröhlichen Hoffnung, dass ich ihn noch erleben werde -, so werde ich mich überreich belohnt fühlen für den Aufwand von Energie, den ich dieser großen Sache gewidmet habe und noch weiterhin zu widmen bereit bin. [67, S. 479]

An Arrhenius schrieb er: „Mein Jahr 1907 ist wesentlich mit Arbeiten für die Weltsprache ausgefüllt gewesen.“ Überhaupt nahm sein Wirken zur Organisation und Propaganda einer internationalen Hilfssprache in der Korrespondenz mit Arrhenius sehr breiten Raum ein. In einem Brief vom 2. Januar 1908 schrieb er weiter:

Ich habe ... sehr schwierige und verantwortliche Arbeit zu machen, da eine Menge sachlicher und persönlicher Interessen gegeneinander arbeiten und ich am switch-board aufpassen muss, dass nicht irgendwo Kurzschluss entsteht. [164]

Ostwald bemühte sich, Arrhenius für die Teilnahme an dieser Bewegung zu gewinnen. Insbesondere bat er ihn, diese Sache vor den schwedischen König zu bringen, mit dem Arrhenius sowieso bald eine Begegnung haben sollte; er sollte den König bei dieser Gelegenheit überreden, zusammen mit der schwedischen Regierung der Idee einer internationalen Sprache die Anerkennung auszusprechen und die Einberufung einer „internationalen diplomatischen Konferenz über die Weltsprache“ anzuregen. Damit könne der König

... der Menschheit einen sehr großen Dienst leisten, der insbesondere auch den Schweden sehr zugute kommen würde“ [164, Brief vom 6. Dezember 1910].

Ostwald bat Arrhenius, er solle sich öffentlich für diese Idee aussprechen.

Bis hierher ging es nur um einen platonischen Auftritt; es ist aber auch notwendig, dass Du

sofort beginnst, Ido zu lernen und darin zu schreiben.

In einem anderen Brief an Arrhenius lesen wir:

Lieber Svante, ich lege diesem Brief einen Entwurf für einen direkten Appell an den schwedischen König bei. Sei so gut, lies ihn durch und schreibe mir, ob eine reale Chance, dass dieser Appell seinen Adressaten erreicht, von ihm wirklich durchgelesen und zur Kenntnis genommen wird, besteht. Wenn es möglich wäre, würde ich darüber hinaus um eine Audienz bitten, um diesen Appell noch persönlich zu erläutern und zu bekräftigen.

Die Sache ist schon so weitgehend vorbereitet, dass man sie direkt auf dem bereits gewählten Weg zum Ziele führen könnte, und ich wäre sehr froh, wenn Eurem König die Ehre zukäme, in die Zukunft der Kulturgeschichte als Initiator dieser Sache einzugehen. Also tu bitte, wenigstens aus Patriotismus, alles, was Du für die Sache tun kannst.

In einem weiteren Brief heißt es noch:

Sehr gern möchte ich Audienz beim König haben, um ihn persönlich für die Weltsprachefrage zu interessieren, so dass er die Sache nicht als Staatsaktion, sondern als persönlichen Sport unternimmt, indem er zunächst einmal einige Experten zusammenkommen lässt, die unter seinen Augen die Sache diskutieren. Hernach kann er sehen, ob wirklich etwas daran ist, und sich entsprechend entschließen. [164, Brief vom 18. November 1911]

Im Jahre 1911 regte Ostwald in Bern in der Schweiz die Bildung eines „Vereins zur Gründung eines Weltsprachenamts“ an. Dabei nutzte er eine allgemein vorhandene Neigung zur Gründung internationaler Organisationen, die ihren Sitz meist in Belgien oder der Schweiz hatten, aus.

Der Vorstand dieses Vereins sollte durch Eingaben die Schweizer Regierung dazu veranlassen, die Initiative bei der Einführung einer internationalen Sprache zu übernehmen und ihrerseits in dieser Sache auf die Regierungen anderer Länder einzuwirken.

Die für die Arbeit dieses Vereins notwendigen Mittel stellte Ostwald zur Verfügung. Leider wurden all diese Unternehmungen durch den ersten Weltkrieg zum Scheitern gebracht.

In den 20er Jahren war Ostwald dann hauptsächlich mit seiner Farbenlehre beschäftigt und wandte sich von der aktiven Propagierung einer internationalen Hilfssprache ab.

Bisher hatten alle Versuche, auf künstlichem Wege eine einheitliche „Weltsprache“, eine Mittlerin zwischen allen Völkern, zu schaffen, aus einer Reihe von Gründen keinen Erfolg. Allerdings gibt es bis heute in vielen Ländern Arbeitsgemeinschaften und Gesellschaften der Freunde des Esperanto, und es werden auch Zeitschriften und Bücher in dieser Sprache veröffentlicht.

7.2 Ostwald als streitbarer Atheist

Der bekannte deutsche Naturforscher Ernst Haeckel hatte 1906 in Jena den „Monistenbund“ gestiftet, dessen Ziel es war, alle atheistisch und antiklerikal eingestellten Menschen im Kampf gegen Religion und Kirche zu vereinigen.

Es war die Absicht des Gründers, die Arbeit dieses Bundes ganz auf wissenschaftlicher Grundlage aufzubauen. In den Reihen des Monistenbundes waren Gelehrte, Schriftstel-

ler, bildende Künstler und weitere Vertreter des liberalen Bürgertums vereint.

Sie hatten es sich zur Aufgabe gemacht, die Kirche, die die kulturelle Entwicklung zu hemmen versuchte, zu bekämpfen. Die Führer des Bundes wollten eine Loslösung der Volksmassen von der Kirche auf der Grundlage einer einheitlichen (monistischen), wissenschaftlich begründeten Weltanschauung bewirken. Die theoretische Basis, die von der Mehrheit der Mitglieder des Monistenbundes verfochten wurde, ist in E. Haeckels Buch „Die Welträtsel“ (1899) [266] formuliert.¹¹⁸

Haeckels Monismus hatte unter seiner pantheistischen Hülle einen klar atheistischen und antiklerikalen Charakter. Eine tiefgreifende Analyse Haeckels philosophischer Positionen und der Rolle, die seine „Welträtsel“ gespielt haben, gibt Lenin in „Materialismus und Empiriokritizismus“:

Der Sturm, den E. Haeckels ‚Welträtsel‘ in allen zivilisierten Ländern hervorgerufen haben, zeigte einerseits besonders plastisch die Parteilichkeit der Philosophie in der Gesellschaft, andererseits die wirkliche gesellschaftliche Bedeutung, die der Kampf des Materialismus gegen Idealismus und Agnostizismus hat. Die Hunderttausende von Exemplaren des Buches, das sofort in alle Sprachen übersetzt wurde und in besonders billigen Ausgaben Verbreitung fand, lieferten den schlagenden Beweis, dass dieses Buch ‚ins Volk gedrungen ist‘, dass es Massen von Lesern gibt, die E. Haeckel mit einem Schlag auf seine Seite gebracht hat. Das populäre Buch wurde zu einer Waffe des Klassenkampfes. [241, S. 353]

Die atheistische Einstellung einer Reihe bedeutender Vertreter des Monistenbundes kam in Äußerungen wie „Der Gottesglaube ist das größte Unglück der Menschheit“ ziemlich klar zum Ausdruck. Ein aktiver Vertreter des „Monistenbundes“, Bruno Wille, hat geschrieben: „Wir lehnen beliebige Vorstellungen über Gott ab.“

1911 wurde auf Vorschlag Haeckels, dessen Gesundheitszustand es ihm nicht mehr erlaubte, den Monistenbund weiterhin zu leiten, Ostwald zum Vorsitzenden gewählt. Ostwalds atheistische Wirksamkeiten hatten aber bereits vor dem Bestehen des Monistenbundes begonnen. So war er 1905 auf einer USA-Reise mit Vorträgen aufgetreten, in denen eine Reihe von Dogmen der christlichen Religion bloßgestellt wurde, und hatte damit den Zorn des Klerus auf sich gezogen, in dessen Presse er als „Kind Satans“ betitelt wurde.

Auch der deutsche Klerus begann eine Hetzkampagne gegen Ostwald. Besondere Aktivitäten in dieser Richtung entwickelten Mitglieder des „Keplerbundes“, einer Organisation zur Propagierung der christlichen Religion.¹¹⁹

Auf der internationalen Monistentagung in Hamburg (1911) hielt Ostwald einen Vor-

¹¹⁸In diesem Buch sind die Entwicklung der Wissenschaft im 19. Jahrhundert und der Siegeszug des naturwissenschaftlichen Materialismus dargelegt.

¹¹⁹Der „Keplerbund“ wurde 1907 mit dem Ziel, besonders unter den Wissenschaftlern Atheismus und Materialismus zu bekämpfen, gegründet. Seine Losung war „Gebt der Naturwissenschaft, was der Naturwissenschaft, und der Religion, was der Religion gebührt“ [116, S. 23]. An der Spitze des Keplerbundes stand der Theologe und Kirchenhistoriker A. Harnack, der für diese Arbeit den Professorentitel erhielt und bei der Festlegung der Wissenschaftspolitik der kaiserlichen Regierung eine wesentliche Rolle spielte. Harnack startete scharfe Attacken gegen Haeckel und Ostwald und machte dabei auch nicht vor persönlichen Verunglimpfungen halt.

trag mit dem Titel „Die Wissenschaft“. Arrhenius wählte das Thema Weltall, und der amerikanische Biologe J. Loeb sprach über das Leben. Zum Abschluss dieses Kongresses sagte Ostwald:

Hiermit schließe ich den ersten internationalen Monistenkongress und eröffne das monistische Jahrhundert. [105, III, S. 239]

Überhaupt schildert Ostwald in seiner Selbstbiographie den Hamburger Monistenkongress sehr ausführlich. Er stellt fest, dass unter den Kongressteilnehmern eine große Begeisterung für die Sache geweckt werden konnte und dass seine Teilnehmer einmütig bereit waren, für eine Trennung der Volksmassen von der Kirche zu kämpfen. Der Kongress habe bewiesen, dass seine Teilnehmer, der Vortrupp des Monistenbundes, einmütig zusammenstünden; dies sei das wesentlichste und ermutigendste Ergebnis dieser Zusammenkunft gewesen.

Nach dem Hamburger Kongress fand 1912 in Magdeburg eine weitere Monistentagung statt, auf der der Beschluss gefasst wurde, eine neue Zeitschrift mit dem Titel "Das monistische Jahrhundert" herauszugeben.

Von 1942 an erschienen auch regelmäßig Ostwalds antireligiöse „Monistische Sonntagspredigten“ als Flugschriften. Diese Predigten, die eine sehr große Verbreitung fanden, waren den unterschiedlichsten Themen gewidmet. Eine Vorstellung von deren Vielfalt kann die folgende Aufzählung vermitteln: „Wie kam das Böse in die Welt?“; „Monismus und Schulphilosophie“; „Religion und Wissenschaft“; „Die Entwicklung Gottes“; „Soziales Christentum?“; „Zur Geschichte der Unsterblichkeit“; „Der Glaube“; „Was ist Wahrheit?“; „Das Urgrauen“; „Vom Tode“; „Warum sind wir Monisten?“ u. a. m.

Durch all diese Predigten zieht sich wie ein roter Faden der Gedanke, dass Religion und Wissenschaft unvereinbar miteinander sind, dass ein tiefer, organischer Antagonismus zwischen ihnen besteht. Alle Auftritte Ostwalds gegen Kirche und Religion waren an ein breites Publikum, auch an die arbeitenden Menschen, gerichtet und nicht nur an den kleinen Kreis der Intelligenz. Er hatte es sich zur Aufgabe gemacht, möglichst viele Menschen von der Religion loszureißen, aus den Fesseln der Kirche zu befreien.



Abb. 29. W. Ostwald vor dem Mikrofon

1912 unternahm Ostwald auch einen Versuch zur Gründung einer Monistensiedlung (einer Kolonie, wo sich Gesinnungsgenossen im Kampf gegen Klerus und Religion niederlassen und gemeinsam arbeiten sollten). Diese Kolonie sollte jedem ihrer Bewohner

ausreichende Versorgung mit allen lebensnotwendigen Dingen garantieren. Ihre Aufgaben legte Ostwald in einem Brief an Arrhenius so dar:

Jedes Mitglied dieser Siedlung soll nicht nur für sich, sondern auch für Frau und Kinder dauernd, ja für immer von der Frage nach der Erwerbung des täglichen Brots, der Wohnung und der Kleidung befreit sein. Die Ausführung beruht darauf, dass ich ein hinreichend großes Gelände in Thüringen gekauft habe, das einer intensiven Feld- und Gartenkultur zu unterwerfen sein wird und dadurch die Hauptgrundlage für die Lebenshaltung der Kolonisten gewähren soll. Außerdem wollen wir eine Druckerei und später noch einige andere Fabriken auf dem Grundstück anlegen, so dass insgesamt die Anstalt sich ökonomisch wird halten können.

Es ist mir wohlbekannt, dass bisher die meisten derartigen Unternehmungen gescheitert sind ...¹²⁰ Ich kann hier nicht im einzelnen auseinandersetzen, was ich alles noch durch diese Kolonien erreichen will, aber Du kannst Dir schon vorstellen, dass es hier vielerlei zu überlegen und zu organisieren gibt. [164, Brief vom 30. Dezember 1912]

Ostwalds atheistische Aktivitäten blieben nicht auf den Rahmen des „Monistenbundes“ beschränkt. Er beteiligte sich auch an der „Kirchenaustrittsbewegung“. Diese Bewegung hatte sich anfangs das Ziel gesetzt, die Kinder gläubiger Eltern von den Fesseln der Religion zu befreien. Später entwickelte sie sich zu einem allgemeinen Kampf antikirchlicher Kräfte gegen die Kräfte der Kirche und der Reaktion.¹²¹

Ostwald betrachtete den Kirchenaustritt als „ersten und notwendigsten Schritt in die Kultur des zwanzigsten Jahrhunderts“ - eine Forderung, die in solcher Schärfe unter den bürgerlichen Naturwissenschaftlern einmalig ist.

Die Mitglieder des „Monistenbundes“ kamen überwiegend aus der Intelligenz und der liberalen Bourgeoisie, während an der „Kirchenaustrittsbewegung“ viele Arbeiter, insbesondere Sozialdemokraten, beteiligt waren. Im Kampf für den Boykott der Kirche und die Loslösung breiter Massen von der Religion arbeitete Ostwald mit dem Führer des revolutionären Flügels der deutschen Sozialdemokratie, mit Karl Liebknecht, zusammen.

1913 fand in Berlin eine Massenkundgebung unter der Losung „Massenstreik gegen die Staatskirche“ statt. Unter den Referenten dieser Kundgebung waren Liebknecht und Ostwald. Dies war das erste Mal in der deutschen Geschichte, dass ein Geheimrat und Nobelpreisträger mit einem der bedeutendsten Führer der linken Sozialdemokratie von einer Tribüne aus sprach.

Die deutsche Presse berichtete sehr ausführlich über die Kundgebung. So berichtete die Berliner „Volkszeitung“ am 19. November 1913, dass allein an diesem Abend 1328 Kirchenaustrittserklärungen abgegeben wurden.

¹²⁰ Dieses ziemlich utopische Vorhaben Ostwalds endete mit einem Misserfolg - die Monistenkolonie löste sich schon bald nach ihrer Gründung wieder auf.

¹²¹ Die „Kirchenaustrittsbewegung“ fand auch jenseits der deutschen Grenzen Widerhall und Verbreitung, nämlich im damaligen Österreich-Ungarn, wo 1913 von tschechischen Sozialdemokraten der „Tschechische Sozialistische Monistenbund“ gegründet wurde, der für das Jahr 1915 - zum 500. Gedenktag des Flammentodes von Jan Hus - gleichfalls eine große Aktion zum Massenaustritt aus der Kirche vorzubereiten begann [116, S. 35].



Abb. 30. Plakatanschlag für ein antiklerikales Meeting in Berlin (1913)

Im Grunde genommen bildeten die gemeinsamen Aktionen des Monistenbundes und der linken Sozialdemokraten gegen die Kirche eine Einheitsfront der atheistischen Bewegung, deren Einzelgruppierungen von verschiedenen philosophischen und politischen Standpunkten ausgingen.

Ostwald vertrat im „Monistenbund“ die radikalsten Positionen.

In seiner Sonntagspredigt zum Thema „Kirchenaustritt“, die er 1914 veröffentlichte, gibt Ostwald ein gewisses Resümee der Wirksamkeit des „Monistenbundes“. Er verweist darauf, dass die 1912 von ihm organisierte Zeitschrift „Das monistische Jahrhundert“ vom ersten Moment an eine bedeutende Rolle bei der Überzeugung der Menschen von der Notwendigkeit des Kirchenaustritts gespielt habe.

Es gab im Monistenbund eine ziemlich starke Strömung, die es als zweckmäßig ansah, einen Bund mit liberalen Theologen einzugehen, um damit den Bund zu einer Massenorganisation zu machen und zu breiteren Bevölkerungskreisen Zugang zu finden; dadurch erhoffte man sich höhere Wirksamkeit im Kampf gegen die reaktionärsten Kirchenkreise. Ostwald hingegen orientierte auf die Bekämpfung aller kirchlichen Kräfte und rief zum Sturmangriff auf die Kirche auf.

Er erkannte sehr wohl, dass im „Monistenbund“ bei weitem nicht alle Mitbürger, die mit seinen Zielen solidarisch waren, vereint waren. Verfolgungen der atheistischen Tätigkeit seitens der Machthaber hinderten viele am Eintritt in den Bund. Die Mitgliederzahl des Monistenbundes war, gemessen an der Gesamtzahl atheistisch und antiklerikal eingestellter Menschen, nur gering. Deshalb hielt es Ostwald für sehr wesentlich, alles nur Mögliche zu tun, um die Mitgliederzahl dieser Organisation zu erhöhen und damit ihre Handlungsfähigkeit zu steigern.¹²²

Als außerordentlich einflussreich erwies sich die bereits erwähnte „Kirchenaustrittsbewegung“, mit der der „Monistenbund“ zusammenarbeitete. Mit seiner Hilfe hatte diese Organisation schon im Jahre 1912 etwa 10000 Kirchenaustritte erzielt; bis Ende 1913 waren es allein in Berlin 40000 Einwohner, die aus der Kirche austraten.

In den 5 Jahren, die der Monistenbund in München wirkte, wuchs in Bayern die Zahl der „Abtrünnigen“ auf das 12fache an.

¹²²Die Mitgliederzahl des „Monistenbundes“ betrug etwa 6000, aber hinter seiner Tätigkeit standen alle im sogenannten „Weimarer Kartell“ zusammengefassten bürgerlich-atheistischen und antiklerikalen Organisationen, Sie alle zusammen hatten mehr als 80000 Mitglieder.

Ostwald meinte, diese Zahl der Kircheng Austritte werde schon in wenigen Jahren eine Million erreichen. Ungeachtet dessen, dass seitens der Presse, die bei der Meinungsbildung eine bestimmende Rolle spielte, jegliche Unterstützung fehlte, hatte die Bewegung beträchtlichen Erfolg zu verzeichnen.

Es ist klar, dass sie von der rechten, reaktionären Presse heftig bekämpft wurde; die liberale Presse aber verhielt sich Ostwalds Worten nach „äußerst zurückhaltend...“, so dass es in einzelnen Fällen größerer Mühen und Anstrengungen bedurfte, um auch nur eine objektive Berichterstattung über die stattgehabten Vorgänge in diese Zeitungen zu bringen“ [116, S. 156]. Keinesfalls fand die Bewegung in dieser Presse Unterstützung.

Einzelne Führer der Sozialdemokratischen Partei - „Bonzen“, wie sie Ostwald nannte -, die „tief im Revisionismus steckten“, nahmen in der sozialdemokratischen Presse gegen die Kircheng Austrittsbewegung Stellung;¹²³ ungeachtet dessen schlossen sich aber viele sozialdemokratische Arbeiter der Bewegung an, was Ostwalds Worten nach für ihren Erfolg entscheidend war.

Anfang 1914 riefen die „Vereinigten Komitees für Kircheng Austritt“ erneut zum „Massenstreik gegen Staatskirche, Reaktion, Muckertum“ auf; im Zusammenhang damit wurden in Berlin 16 öffentliche Volksversammlungen unter der Devise „Das Volk steht auf!“ durchgeführt.

Ostwald war der tiefen Überzeugung, dass die weitere Entwicklung dieser Bewegung einen großen Einfluss auf die Zukunft des gesamten Volkes haben würde. Durch den Kriegsausbruch 1914 wurde aber die Arbeit der „Kircheng Austrittsbewegung“ und des „Monistenbundes“ unterbrochen.

Der „Monistenbund“ ist ein bedeutender Meilenstein in der Entwicklung der atheistischen Bewegung, sein Wirken bildet wohl den Höhepunkt des bürgerlichen Atheismus des 20. Jahrhunderts, der nach dem ersten Weltkrieg stark an Bedeutung verlor. Den konsequentesten Atheismus dürfte im Monistenbund sein Vorsitzender - Wilhelm Ostwald - vertreten haben.

Durch all seine antireligiösen Auftritte zieht sich wie ein roter Faden der Gedanke, dass die Wissenschaft - im Gegensatz zur Religion - den Menschen vom Widerspruch zwischen Denken und Handeln, zwischen Wollen und Müssen befreie, d. h., dass der Mensch durch sie zu einer harmonischen Persönlichkeit werde, die alle Widrigkeiten des Lebens siegreich überstehen könne.

Jede Religion verkünde die Denkweise ihres „Stifters“ und mache sie zur unveränderlichen Norm für alle ihre Anhänger. Diese Konservierung einer Denkweise, dieses Bestreben, sie über alle Epochen der Menschheitsentwicklung hinweg zu bewahren, führe zu einem wachsenden Widerspruch zwischen der Religion und dem Zeitgeist, wodurch die Religion zu einem schreienden Anachronismus werde und ihre Anhänger am Verständnis für die Gegenwart und ihre Anforderungen hindere, sie in Unwissenheit halte, ihnen statt eines wirklichen Glücks Illusionen gebe ähnlich denen, wie sie durch Hypnose oder Narkotika erzeugt würden.

¹²³ Dieses Verhalten einiger Führer der deutschen Sozialdemokratie zur Kircheng Austrittsbewegung entsprang der bekannten Programmthese, dass die Religion nicht nur dem Staat, sondern auch der Partei gegenüber „Privatsache“ jedes einzelnen sei.

Dem unvermeidlichen Verhalten aller Religionen stehe die ewig junge Wissenschaft, die sich in ständiger Entwicklung befinde, gegenüber.

In der Religion fehlt Ostwalds Worten nach das Prinzip der Selbstverbesserung und der inneren Entwicklung, das in der Wissenschaft in starkem Maße vorhanden sei. Die Wissenschaft der Gegenwart durchdringe das gesamte Denken und Fühlen der Menschheit immer mehr.

Die Wissenschaft sei die Grundlage unseres Optimismus, unseres wohlbegründeten Glaubens an den Fortschritt und eine bessere Zukunft der Menschheit, während die Religionen - entstanden in Zeiten, als die Menschen zu ihrer Umwelt ein ähnliches Verhältnis hatten wie ein Sklave zu seinem grausamen, furchterregenden Herrn - Misstrauen in die Kräfte der Menschheit säten und eine pessimistische Einstellung gegenüber allen Dingen des Lebens verbreiteten.

Ostwald betrachtete nur den als echten Monisten, der im Gebiet der Welt- und Lebensanschauung keine Kompromisse kannte und sich von allen Resten des Glaubens freigemacht hatte. Der Monismus bedeute eine Einheitlichkeit allen Denkens und Handelns des Menschen, während die Religion den Dualismus von Wort und Tat kultiviere. Monismus und wissenschaftliche Weltanschauung seien ein und dasselbe (verschiedene Worte für dasselbe Ding); eine wissenschaftliche Weltanschauung könne aber nicht ohne lebendige Betätigung sein [116, S. 90].

Für Ostwald war die Religion die älteste und primitivste Form kultureller Betätigung der Menschheit. Er stellt die dank der Wissenschaft erschlossenen Möglichkeiten jenen Qualitäten gegenüber, die in der Religion dem Gotte zugeschrieben werden, und kommt zu dem Schluss, dass gerade die Wissenschaft - und nicht etwa der „Allmächtige“ - schon viele Naturgesetze aufgedeckt und nicht wenige Naturkräfte dem Menschen dienstbar gemacht habe.



Abb. 31. W. Ostwald (1927)

Die Wissenschaft helfe, Raum und Zeit zu überwinden, und durch ihre Entwicklung komme sie dem Ideal der objektiven Allwissenheit, das Gott zugeschrieben werde, immer näher.

In seiner Sonntagspredigt "Wie kam das Böse in die Welt?" kritisiert Ostwald an allen Religionen, dass sie das „goldene Zeitalter“ in die Vergangenheit verlegen und mit

der „Vertreibung aus dem Paradies“ enden lassen. Er hebt hervor, dass, während allen Religionen nach das Leben um so besser gewesen sein sollte, je weniger man sich vom Ursprung der Menschheit entfernt hatte, die wirkliche Geschichte genau vom Gegenteil zeuge, nämlich der Herrschaft von Wildheit, Grausamkeit und Blutgier auf den frühen Stufen der Menschheitsentwicklung.

Ostwald meint, das goldene Zeitalter der Menschheit liege in der Zukunft, und leider noch in recht ferner. Dass es aber einmal komme, werde durch den Fortschritt der menschlichen Gesellschaft garantiert; darunter versteht Ostwald die Entwicklung der Wissenschaft und die Lösung lebenswichtiger Probleme der Menschheit durch die Wissenschaft.

Ostwald verweist auf Demokrit, der seiner Meinung nach der größte Philosoph der Antike war, weil „seine Gedanken sich als die dauerhaftesten und daher richtigsten bewährt“ hätten, und der ausdrücklich betont hatte, die Vorfahren der Menschen seien „wilde und böse Bestien“ gewesen.

Ostwalds Meinung nach standen seine Zeitgenossen vor einem fundamentalen Wendepunkt der ethischen Weltanschauung, der für die Beurteilung des menschlichen Lebens und die Bestimmung allen Handelns nicht weniger Bedeutung haben würde als seinerzeit etwa das kopernikanische Weltbild für das Verständnis des physischen Weltbildes.

Allerdings fehlt in Ostwalds atheistischen Schriften jede Analyse der sozialen Wurzeln der Religion. Seine Kritik an den Dogmen der Religion geht im allgemeinen nicht über die philosophischen Positionen der Aufklärung hinaus.

Ostwalds theoretische Arbeiten über Probleme der Religion kranken an dem gleichen Übel, über das Engels einmal geschrieben hat:

Mit einer Religion wie etwa dem Christentum kann man nicht so abrechnen, dass man sie einfach zu einem von Betrügern zusammengeschusterten Unsinn erklärt. Um mit ihr fertig zu werden, muss man vor allem, ausgehend von den historischen Bedingungen, unter denen sie entstanden und zur Herrschaft gelangt ist, ihren Ursprung und ihre Entwicklung erklären können. [In russ. Ausg. Werke Marx/Engels, Bd. 19,5. 307.]

Der theoretische Aspekt von Ostwalds atheistischen Aktivitäten stellt im Vergleich zu den französischen Materialisten und L. Feuerbach, mit denen er nur in der antireligiösen Kritik übereinstimmt, keinen wesentlichen Fortschritt dar.

Lenin hat darauf hingewiesen, dass die französischen Materialisten und Feuerbach nicht imstande wären, die Wurzeln der Religion aufzudecken, ihre Entstehungsgeschichte vom konsequent materialistischen Standpunkt zu analysieren. Er unterstreicht, der Kampf gegen die Religion dürfe sich nicht auf abstrakt-theoretische Bekenntnisse beschränken; dieser Kampf müsse mit der konkreten Praxis des Klassenkampfes verbunden werden, er müsse die Aufdeckung der sozialen Wurzeln der Religion einschließen.

Lenins Kritik an der Begrenztheit des bürgerlichen Atheismus lässt sich in bedeutendem Maße auch auf den Ostwaldschen Atheismus anwenden.

Das Leitmotiv aller atheistischen Arbeiten Ostwalds war die Unvereinbarkeit von Wissenschaft und Religion. Er sagte, die Religion sei aus der Unwissenheit entsprungen. So klein jedoch Ostwalds Beitrag zur Theorie des wissenschaftlichen Atheismus sein

mag, seine praktischen Aktivitäten in dieser Richtung stellen ein gewaltiges Verdienst dar. Sie hätten offensichtlich, wenn sie nicht durch den ersten Weltkrieg unterbrochen worden wären, eine noch größere politische Bedeutung erlangt, denn in der Perspektive der atheistischen Bewegung war vorgesehen, den Kampf noch zu erweitern und auf alle Institutionen, die mit der Kirche im Zusammenhang standen, auszuweiten.

Den Höhepunkt in Ostwalds politischer und gesellschaftlicher Arbeit bilden seine gemeinsamen Auftritte mit revolutionären Marxisten gegen Kirche und Religion.

Ostwald selbst meinte, dass seine Tätigkeit im „Monistenbund“ politisch ziemlich radikalen Charakter hatte, dass sie ihrem Inhalt nach dem äußersten linken Flügel in der Politik verhältnismäßig nahe kam. Er schreibt: „So ergaben sich naturgemäß nahe Berührungen mit der Sozialdemokratie“ [105, III, S. 250].

Zwar fand Ostwald weder in seiner Kritik an der Religion noch in seiner gesellschaftlichen und politischen Arbeit den Weg zum Marxismus, aber er hat in mehreren öffentlichen Auftritten darauf hingewiesen, dass er das „Erhabene“ des Marxismus gutheiße. Er wandte sich gegen die Diffamierung der Sozialisten als „vaterlandslose Gesellen“, die ihr Land und ihr Volk nicht liebten.

Ostwald äußerte sich anerkennend über die hohen moralischen Qualitäten der Führer des Proletariats; er verurteilte eine so „schändliche Erscheinung“ wie den Antisemitismus und nannte den Krieg ein „Überbleibsel einer barbarischen Vergangenheit“.

Leider hatte aber all das keinen entscheidenden Einfluss auf seinen Standpunkt während des Krieges, wo er zusammen mit vielen anderen deutschen Gelehrten die Politik der kaiserlichen Regierung zu rechtfertigen versuchte.

Vor den letzten Landtagswahlen vor dem Krieg machte Ostwald kein Hehl daraus, dass er für die Partei August Bebels stimmen werde, und sagte mehrfach, es sei die Schuldigkeit jedes Wissenschaftlers oder anderen hervorragenden Menschen in Deutschland, diese Partei zu unterstützen. Daher kam es nicht unerwartet, dass er von der reaktionären Presse als „roter Geheimrat“ und „Monistischer Landesverräter“ beschimpft wurde.

Wie schon früher erwähnt, schwenkte Ostwald mit Kriegsausbruch stark nach rechts. Die „Monistischen Sonntagspredigten“ verloren schon im August 1914 ihren ursprünglichen Charakter und stellten sich als „Kriegspredigten“ offen in den Dienst des deutschen Imperialismus.

Nach dem Krieg kehrte Ostwald nicht wieder zu aktiver atheistischer Betätigung zurück. In seinen zahlreichen Auftritten zu, kulturellen und politischen Problemen aus dieser Zeit berührte er aber oft das Problem der Religion. und ihres Verhältnisses zur Wissenschaft. Sein Standpunkt in dieser Frage war ganz der frühere geblieben.

So schreibt Ostwald 1925 in einer Besprechung des Buches „Natur und Gott“ von A. Titius, der wissenschaftliche Fortschritt sei die „Quelle des Kampfes zwischen Religion und Wissenschaft“, dessen Verlauf kurz dahingehend gekennzeichnet werden könne, „dass die Wissenschaft sich ein Gebiet nach dem anderen zu freier Verfügung erkämpft, das vorher von der Religion gehalten war“ [116, S. 38].

W. Ostwald war sein ganzes Leben hindurch ein unversöhnlicher Feind der Kirche und ein überzeugter Atheist. Die Zeit seines aktiven Kampfes gegen die Religion waren die Jahre von 1905 bis 1914, ganz besonders natürlich die Jahre 1911 bis 1914, in denen er Vorsitzender des „Monistenbundes“ war.

Nach dem Krieg hatte die „Freidenkerbewegung“ (eine antireligiöse Bewegung, die hauptsächlich Angehörige der Intelligenz und einige Vertreter der Bourgeoisie umfasste und deren größte Zeit die des „Monistenbundes“ gewesen war) noch wesentlich geringere Ausmaße als in der Vorkriegszeit und ging später praktisch ganz unter.

In der Nachkriegsperiode wurde der Kampf gegen die Religion und ihre sozialen Wurzeln von den kommunistischen Parteien fortgeführt, und er dauert bis in die heutige Zeit an. Ostwald, dessen gesellschaftliche Aktivität in diesen Jahren bedeutend nachließ, konnte nicht mehr zu denen finden, die jetzt der Vortrupp im Kampf gegen die Religion waren; er nahm faktisch nicht mehr an diesem Kampf teil.

8 Schluss

Wilhelm Ostwalds Leben war von unermüdlicher schöpferischer Tätigkeit erfüllt. Vieles hatte er sich vorgenommen, und nicht wenig davon konnte er vollenden. Sein Leben war reich an Erfolgen und an Misserfolgen.

Die letzteren ergaben sich sowohl aus falschen Überzeugungen (in der Periode der Energetik) als auch aus objektiven Gründen, die seinen Zielen entgegenstanden. Obwohl er all seine Vorhaben mit gewaltiger Energie in Angriff nahm, gelang es ihm nicht immer, diese Hindernisse zu überwinden.

Ostwalds Hinterlassenschaft umfasst mehrere hundert Veröffentlichungen, darunter über 70 Bücher. Hunderte Schüler aus verschiedenen Ländern lernten von ihm, und sie trugen zur Entwicklung der verschiedensten Richtungen der physikalischen Chemie Bedeutendes bei. Sein Lieblingsgebiet, die Katalyse, hat in Chemie und chemischer Technologie immer mehr an Bedeutung gewonnen; der Ausbildungsgang des Chemikers hat sich, nicht zuletzt dank seiner umfangreichen Bemühungen auf diesem Gebiet, wesentlich gewandelt.

Die neue Form der Organisation wissenschaftlicher Forschungsarbeit, an der er entscheidend mitgearbeitet hatte, fand im 20. Jahrhundert allgemeine Verbreitung. Zu Ostwalds großer Freude wurden in den 20er und 30er Jahren in vielen Ländern der Welt große spezialisierte wissenschaftliche Forschungseinrichtungen für physikalische Chemie geschaffen. Er selbst hatte ja eines der ersten dieser Institute in der ganzen Welt begründet.

Ostwald teilte nicht das Schicksal vieler großer Gelehrter, denen erst im hohen Alter oder nach dem Tode Anerkennung zuteil wurde. Man könnte eher sagen, dass Ostwald in gewissem Sinne „vom Schicksal verwöhnt“ worden ist - sein Name stand stets im Blickpunkt der Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt. Auf allen Gebieten, die in den verschiedenen Etappen seines Lebens in seinem Schaffen vorherrschten, war er entweder führend oder spielte zumindest eine wesentliche Rolle.

Auf dem Höhepunkt seiner wissenschaftlichen Laufbahn erfuhr Ostwald allgemeine Anerkennung. Auch dann, als er sich von den großen wissenschaftlichen Problemen abgekehrt hatte, konnte er sich nicht darüber beklagen, in Vergessenheit geraten zu sein. Ein eindrucksvolles Beispiel dafür ist sein Nobelpreis, den er für die Arbeiten zur Katalyse erhielt, als er sich bereits nicht mehr damit befasste.

Ostwald selbst hat in seiner wissenschaftlichen Forschungsarbeit 2 Perioden unterschieden: eine erste, in der er sich mit Problemen der chemischen Affinität und der elektrolytischen Dissoziation befasste, und eine zweite, als er mit seinen Mitarbeitern auf das Katalyseproblem überwechselte.

Ostwalds fundamentales „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ und die von ihm gemeinsam mit van't Hoff begründete „Zeitschrift für physikalische Chemie“, die außer Originalarbeiten verschiedenster Autoren auch in großem Umfang von Ostwald selbst verfasste Referate und Rezensionen wichtiger Arbeiten und Bücher enthielt, waren in vielem nicht nur für die Entwicklung der physikalischen Chemie, sondern auch für die Entwicklung der modernen Chemie insgesamt bestimmend. M.G Zentnerschwer schreibt dazu:

Wenn wir all das überschauen, kommen wir zu dem Schluss, dass Ostwald ... das gesamte vorhandene Material systematisiert und den Weg für weitere Forschungen gewiesen hat. Es liegt nicht in Ostwalds Charakter, sich mit Kleinigkeiten abzugeben. In dem Maße, wie die physikalische Chemie beginnt sich zu differenzieren, wie die Menge experimenteller Daten immer größer und die theoretischen Arbeiten immer spezieller werden, verliert er immer mehr das Interesse an seinem eigenen Kind. Er ist zu vielseitig, als dass ihn die Kleinigkeiten des wissenschaftlichen Alltags unterkriegen könnten. [186, S. 230]

Auch das, was Ostwald selbst in höherem Alter über die produktivste Periode seines Lebens, die Leipziger Periode, und darüber, warum er dann seine Tätigkeit auf andere Gebiete verlagerte, geschrieben hat, stimmt gut mit dieser Einschätzung von Zentnerschwer überein.

Man sollte meinen, die Leipziger Zeit, in der er seine Kräfte im selbst erwählten Gebiet erproben und in einem wunderbaren Kollektiv von Leuten verschiedenster Nationalität arbeiten konnte, müsste die glücklichste Zeit seines Lebens gewesen sein, und doch fühlte Ostwald selbst sich nicht glücklich. Das Wachstum nach verschiedenen Richtungen machte es erforderlich, den Rahmen, der für die Arbeit auf einem einzigen Gebiet ausreichend gewesen war, zu sprengen. Obgleich die neue Situation für Ostwald zunächst ungewohnt war, konnte er sich ihr ziemlich schnell anpassen und ging mit all seiner Energie daran, neue Probleme aus verschiedenen Gebieten der Wissenschaft zu bearbeiten.

Ostwalds Rolle in der Chemie des ausgehenden 19. Jahrhunderts lässt sich mit der von Berzelius und Liebig im ersten Drittel des gleichen Jahrhunderts vergleichen. Da sind die Systematisierung des vorhandenen Wissens, die aktive Propagierung neuer Ansichten, die Gründung neuer Zeitschriften und nationaler bzw. internationaler Chemikervereinigungen, die Initiative zum „Aufräumen“ im System der Atomgewichte (eine direkte Parallele zu Berzelius) und die Herausbildung einer äußerst erfolgreichen wissenschaftlichen Schule, die das Wirken dieser bedeutenden Chemiker vergleichbar machen.

Es ist klar, dass Ostwald mit all diesen Dingen niemals Erfolg gehabt hätte, wenn er sich nicht zuvor in Chemikerkreisen einen Namen als Forscher erworben hätte, wenn er nicht einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Chemie geleistet und seine zahlreichen Schüler und Mitarbeiter zur Lösung wissenschaftlicher und praktischer Aufgaben mit herangezogen hätte.

Ursache für Ostwalds vielseitige Erfolge in der Chemie ist außer seiner nie versiegenden Tatkraft und seinem gewaltigen Organisationstalent auch noch die Tatsache, dass seine Bemühungen stets dem „Zug der Zeit“ entsprachen, dass er die Probleme auswählte, die gerade für die Entwicklung der Chemie entscheidend waren.

Ostwald hat hervorgehoben, dass der Universitätsprofessor in drei Richtungen wirken müsse: als Lehrer, als Forscher und als Schriftsteller.¹²⁴

Wenn man das Wirken bedeutender Gelehrter unter diesem Blickwinkel analysiert, kommt man zu dem Schluss, dass viele von ihnen nur in einer dieser drei Richtungen,

¹²⁴Ostwald schreibt in seiner Selbstbiographie, dass von allen Abteilungen des Gehirns, die für die schöpferische Arbeit zuständig seien, sein ganzes Leben hindurch diejenige am besten, fruchtbringendsten und erfolgreichsten funktioniert habe, die für die literarische Arbeit zuständig sei.

wenige in zwei und nur ganz vereinzelte in allen drei erfolgreich waren. Aber auch bei den letzteren zeigten sich früher oder später Ermüdungserscheinungen, und sie mussten entweder die Wissenschaft oder die Pädagogik zur Hauptrichtung erwählen.

Vor dieser Wahl stand Ostwald in den Jahren 1904/1905, als sein Wirkungsbereich einfach zu groß geworden war; er fasste den sehr originellen Entschluss, ein „freier Forscher“ zu werden. Diese Periode seines Lebens, die von 1905 bis zu seinem Tode dauerte, hatte in den Jahren bis zum ersten Weltkrieg, als seine Aktivität ein Maximum erreichte, ihren Höhepunkt.

Man findet in der Geschichte der Wissenschaft nur sehr wenige Gelehrte, die in der Vielfalt ihrer Interessen, dem Umfang ihres Wirkens, ihrer Aktivität und ihrer literarischen Produktivität, die bei Ostwald beinahe legendäre Ausmaße erreichte, mit ihm vergleichbar wären.

Wenn man die Klassifikation der Wissenschaftler, wie sie von Ostwald selbst vorgeschlagen wurde, auf ihn anwendet, so muss man ihn unbedingt zu den Romantikern rechnen, deren Charakteristikum es ist, dass sie sich mit sehr verschiedenen Problemen befassen, eine wissenschaftliche Schule hervorbringen, in Wort und Tat aktiv für ihre Ansichten auftreten, leidenschaftlich polemisieren u. a, m.

Ostwalds außerordentliche Vielseitigkeit entsprang natürlich dem Umfang seiner Interessen und seiner gewaltigen Aktivität und Energie. Uns scheint aber, es gibt noch eine andere Ursache für diese Vielseitigkeit, nämlich die klare Einsicht in die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit in der wissenschaftlichen Forschungsarbeit.

Ostwald hat, auch als er auf dem Gipfel seines wissenschaftlichen Ruhmes stand, nie seine eigene Bedeutung für die Wissenschaft überschätzt. Interessant sind seine folgenden Äußerungen:

Es ist in der Wissenschaftsgeschichte jener Zeit üblich gewesen, mit den Namen van't Hoff und Arrhenius auch den Namen Wilhelm Ostwald zu verbinden, obwohl er nicht durch eine gleichwertige Entdeckung um diese Zeit hervorgehoben wurde. Das liegt nun daran, dass in meiner Persönlichkeit sich der organisatorische Faktor verkörperte, ohne welchen eine derart schnelle und weitreichende Gestaltung eines neuen Wissensgebiets nicht stattfinden kann.

Sein Verhältnis zu van't Hoff charakterisierte Ostwald mit den Worten:

Er wusste, dass ich ihn rückhaltlos als den größeren Denker in unserem gemeinsamen Gebiet anerkannte, während ich wusste, dass er mir in organisatorischer und praktischer Beziehung gern die Führung überließ. [144]¹²⁵

Hieraus ist zu ersehen, dass Ostwald seine eigenen Verdienste bei der Herausbildung der physikalischen Chemie bedeutend niedriger einschätzte als den Beitrag, den Arrhenius und van't Hoff für die Entwicklung der Chemie geleistet hatten. Er betrachtete diese beiden als die wahren Schöpfer der modernen physikalischen Chemie.

Ihm war klar, dass er seinen gewaltigen Energievorrat und seine umfassenden Fähigkeiten bei der wissenschaftlichen Forschungsarbeit allein nicht voll ausschöpfen konnte.

¹²⁵J. H. van't Hoff hat über Ostwald gesagt: „Ostwald gibt sich nicht mit der Entwicklung eigener Ansichten zufrieden, sein Hauptbedürfnis ist es wohl, seine Ansichten auf andere zu übertragen.“

Zusammen mit der Vielfalt seiner Interessen und seinem stürmischen Temperament bestimmte dieser Umstand die große Anzahl von Wirkungssphären, in denen er seine Spur hinterließ.

In Ostwalds Briefen und auch in seiner Selbstbiographie finden sich zahlreiche Betrachtungen über seinen Beitrag zur Wissenschaft und Vergleiche zu dem, was die anderen Schöpfer der physikalischen Chemie - van't Hoff und Arrhenius - zu dieser Wissenschaft beigetragen haben. Ostwald analysiert ausführlich die Wendepunkte seines Lebens und deckt die Motive vieler seiner Handlungen sowohl in der wissenschaftlichen Arbeit als auch auf den anderen Gebieten seines vielseitigen Schaffens auf. Er untersucht die Ereignisse in seinem Leben, die mit großen Umwälzungen in der Wissenschaft oder im gesellschaftlichen Leben im Zusammenhang stehen.

Dabei geht er von zwei Seiten an die Dinge heran: einmal betrachtet er sie vom jeweiligen Standpunkt der Zeit, zu der sie sich abspielten, und zum anderen in der Retrospektive, über zwei bis vier Jahrzehnte zurückschauend.

Vieles, was zu seiner Zeit wegen seiner Neuheit und des „Schlachtgetümmels“, von dem es umgeben war, unzulänglich erschien, war aus dieser Perspektive klarer und verständlicher geworden.

Ostwald selbst war zutiefst davon überzeugt, dass sein Name als der eines Gelehrten, der einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der physikalischen Chemie geleistet hat, die Jahrhunderte nicht überdauern werde, dass er aber als Schöpfer der Energetik, seines neuen naturphilosophischen Systems, auf lange Zeit in die Geschichte wissenschaftlicher Erkenntnis eingehen werde. Die Geschichte hat jedoch bekanntlich anders entschieden - ergilt als „sehr großer Chemiker und sehr verworrener Philosoph“ [241, S. 164].

Die Stürme der Leidenschaft, die es um Ostwalds Energetik damals gab, haben sich längst gelegt, aber uns ist die Seite aus dem Buch der Wissenschaftsgeschichte geblieben, auf der die entscheidenden Wendungen dieses Kampfes verzeichnet sind: die Aussagen großer Zeitgenossen Ostwalds (van't Hoff, Boltzmann, Mendelejew, Planck), die auch bedeutende Kritiker der Energetik waren, und die tiefgehende und genaue Analyse dieser philosophischen Richtung durch W. I. Lenin.

W. Ostwald stellt in der Wissenschaftsgeschichte eine komplizierte und widersprüchliche Persönlichkeit dar.

Er ist einer der Väter der physikalischen Chemie und ein unermüdlicher Verkünder neuer, fortschrittlicher Richtungen gewesen, aber andererseits auch ein eifernder Antiatomist, der sich zu der Äußerung verstieg, die Atom- und Molekularlehre gehöre auf den Abfall der Geschichte, in die Archive. Er bekämpfte einerseits sehr aktiv verschiedene Formen der Reaktion, insbesondere Kirche und Klerus, andererseits wurde er von der chauvinistischen Glut des ersten Weltkrieges ergriffen (wenn auch nicht in dem Maße wie andere Gelehrte, wie z. B. Haber und Nernst) und fühlte sich als „Patriot“.

Ostwald war ein Verkünder des Fortschritts und ein unversöhnlicher Kämpfer gegen den Stillstand auf allen Gebieten des menschlichen Daseins, und doch zeigte er kein Verständnis für die Revolution und sah in ihr eine „sinnlose Energievergeudung“.

Aber selbst unter Berücksichtigung all dieser Umstände war Ostwalds politisches Denken um einiges besser entwickelt als das der meisten deutschen Wissenschaftler seiner Zeit, die entweder treue Untertanen des Kaisers oder höchstens gemäßigte Liberale waren. Obwohl die sozialdemokratische Bewegung in Deutschland vor dem ersten Weltkrieg gewaltige Ausmaße angenommen hatte und Millionen von Menschen unter ihrem Einfluss standen, hatte doch die Mehrzahl der Wissenschaftler keinen Kontakt zu dieser Bewegung. Ostwald war einer der ganz wenigen Vertreter der deutschen Intelligenz, die im Kampf gegen die Religion mit der Sozialdemokratie zusammenarbeiteten.

Ostwald zeigte auch mehr Verständnis als die meisten seiner Zeitgenossen für die immer stärker werdende Internationalisierung der wichtigsten menschlichen Wirkungssphären. Er begrüßte diese Entwicklung und tat nicht wenig dafür, eine Reihe sich daraus ergebender konkreter Probleme zu lösen.

Ebenfalls hervorzuheben ist der optimistische Aspekt in seinen Anschauungen über die sozialen Verhältnisse; er wies wiederholt darauf hin, dass das „goldene Zeitalter“ noch vor der Menschheit liege und dass eine erfolgreiche Entwicklung der Wissenschaft dazu beitragen könne, seinen Antritt zu beschleunigen. Er sagte, dass man nur durch die von dieser hohen moralischen Idee beseelte Arbeit zur Lösung der Grundprobleme der menschlichen Gesellschaft gelangen werde. Den Weg zu diesem Ziel sah er in der Entwicklung einer wissenschaftlich-technischen Zivilisation.

Eines der letzten, nicht mehr veröffentlichten Manuskripte Ostwalds hat den Titel „Chemische Kulturgeschichte“. Sein ganzes Leben lang betrachtete es Ostwald als sein höchstes Ideal, die Menschen im naturwissenschaftlichen und technischen Sinne zu erziehen.

Für ihn waren Naturwissenschaft und Technik die „Schmiede der Zukunft“. Er sagte unter Bezugnahme auf alle Versprechungen von Wohlstand, Sicherheit und Harmonie: „Das Paradies liegt nicht in der Vergangenheit, sondern vor uns.“ Das folgende Zitat ist eine gute Illustration für seinen Optimismus:

Die ... angegebenen Möglichkeiten des Fortschritts können noch einer so starken Entwicklung des Menschengeschlechtes den nötigen Nährboden liefern, dass der Übergang zu diesem letzten Mittel (der künstlichen Herstellung von Nahrungsmitteln - d. Üb.) noch in weite Zeitenfernen hinausgeschoben werden darf. Die Betrachtungen haben vielmehr nur den Zweck, zu zeigen, wie die Mittel der Wissenschaft uns Möglichkeiten erkennen lassen, an welche kulturell niedriger stehende Zeiten und Völker auch nicht entfernt haben denken können.

Nach dieser Seite sind demnach so bald keine Grenzen für die physische Entwicklung und Verbreitung der Menschheit zu erwarten. [69]

Aus diesen Worten ist zu ersehen, dass Ostwald in den Fragen der Bevölkerungsentwicklung einen sehr progressiven Standpunkt einnahm; er betrachtete sie als durch die Wissenschaft lösbar.

Insbesondere war auch seine Meinung über den Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsniveau der menschlichen Gesellschaft und dem Wachstumstempo der Bevölkerungszahlen den Ansichten heutiger Wissenschaftler sehr ähnlich.

Die Schwäche in Ostwalds Auffassungen zu diesem Problem ist, dass er wieder den so-

zialen Aspekt nicht berücksichtigte. Tatsächlich könnte man mit den heutigen wissenschaftlichen Methoden die Erträge der lebensnotwendigen Kulturen bedeutend steigern und damit den Hunger in allen Teilen der Welt, wo er noch herrscht, liquidieren. Aber diese von der Wissenschaft geschaffene Möglichkeit kann nur dann zur Realität werden, wenn die sozial-ökonomischen Probleme auf radikale Weise gelöst werden, wenn überall der Widerspruch zwischen dem gesellschaftlichen Charakter der Produktion und der privaten Form ihrer Aneignung beseitigt wird.

Ostwald hob viele Pläne aus der Taufe, die erst heute in vollem Umfang verwirklicht werden können, da die Wissenschaft in allen Lebensbereichen zu einem bestimmenden Faktor wurde. Sein Aufruf, die „Wissenschaft selbst zum Gegenstand einer wissenschaftlichen Analyse zu machen“, fand damals wenig Widerhall; heute aber ist er zum Grundsatz einer neuen Wissenschaftsdisziplin geworden (der Wissenschaft von der Wissenschaft). Auf diesem Gebiet haben Ostwalds Gedanken und Ideen bis heute ihre Frische und Aktualität behalten.

Er verfügte wie kein anderer über den Weitblick, um die mögliche Entwicklung von Erscheinungen, die sich zu seiner Zeit noch im Embryonalzustand befanden, vorauszu-
sehen.

9 Literatur

Ostwalds Werke

- [1] Über die chemische Massenwirkung des Wassers. J. prakt. Chem. 2 (1875) S. 264-270
- [2] Volumchemische Studien, J. prakt. Chem. 16 (1876) S. 385-423; 2 (1880) S. 305-322
- [3] Volumchemische Studien über Affinität. Dorpat 1877; s. a. Ostwalds Klassiker Nr. 250. Leipzig 1966
- [4] Volumchemische und optisch-chemische Studien. Dorpat 1878; s. a. Ostwalds Klassiker Nr. 250. Leipzig 1966
- [5] Die Einwirkung der Säuren auf Methylacetat. J. prakt. Chem. 28 (1883) S. 449-495
- [6] O postojannyh chimiceskich srodstvach. ZRFChO 16 (1884)
- [7] Notiz über das elektrische Leitvermögen der Säuren. J. prakt. Chem. 30 (1884) S. 93; 31 (1885) S. 307; 31(1885) S. 433; 32 (1885) S. 300; 33 (1886) S. 352
- [8] Elektrochemische Studien, J. prakt. Chem, 30 (1885) S. 225-237; 31 (1885) S. 433-462
- [9] Das Verdünnungsgesetz. J. prakt. Chem. 31(1885) S. 442
- [10] Lehrbuch der allgemeinen Chemie, Band I-II. Leipzig 1885 bis 1887; 2. Aufl. Leipzig 1891-1893
- [11] Studien zur chemischen Dynamik, J. prakt. Chem. 35 (1887) S. 112-121
- [12] Die Energie und ihre Wandlungen. Leipzig 1888; russische Übersetzung „Russkoe bogatstvo" 1888, Nr. 7
- [13] Zur Theorie der Lösungen. Z. phys. Chem, 2 (1888) S. 36
- [14] Über die Dissoziationstheorie der Elektrolyte. Z. phys. Chem. 2 (1888) 5. 177
- [15] Grundriß der allgemeinen Chemie. Leipzig 1889; 4. Aufl. Leipzig 1909, S. 613; russische Übersetzung Moskau 1891
- [16] Zur Dissoziationstheorie der Elektrolyte. Z. phys. Chem. 3 (1889) S. 598
- [17] W. Ostwald u. W. Nernst: Freie Ionen. Z. phys. Chem. 3 (1889) S. 120
- [18] Über die Affinitätsgrößen organischer Säuren und ihre Beziehungen zur Zusammensetzung und Konstitution derselben. Z. phys. Chem. 3 (1889) S. 170-197, 241-288, 369-422
- [19] Z. phys. Chem. 8 (1891) S. 237, 427, 699
- [20] Verhandlungen über die Theorie der Lösungen. Z. phys. Chem. 7 (1891) S. 378-426
- [21] Über Autokatalyse. Ber. 42 (1891) S. 190-192
- [22] Über die Farbe der Ionen. Z. phys. Chem. 9 (1892) S. 579-602
- [23] Z. phys. Chem. 9 (1892) S. 526, 771
- [24] Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen. Leipzig 1893
- [25] Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig 1893

- [26] Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Leipzig 1894; 2. Aufl. Leipzig 1897; russische Übersetzung Riga 1896
- [27] Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft. Z. phys. Chem. 15 (1894) S. 409-421, 706
- [28] Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig 1895; russische Übersetzung Riga 1895
- [29] Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre. Leipzig 1895
- [30] Z. phys. Chem, 16 (1895) S. 755
- [31] Zur Energetik. Wied. Ann. 58 (1896) S. 161
- [32] Studien zur Bildung und Umwandlung fester Körper. Z. phys. Chem. 22 (1897) 5. 289-330
- [33] Arbeiten des Physikalisch-chemischen Instituts der Universität Leipzig aus den Jahren 1887 bis 1896 (gesammelt und herausgegeben von W. Ostwald), Bd. I-IV. Leipzig 1897
- [34] Ältere Geschichte der Lehre von den Berührungspunkten. Leipzig 1897/98
- [35] Das physikalisch-chemische Institut der Universität Leipzig und die Feier seiner Eröffnung am 3. Januar 1898. Leipzig 1898, S. 30
- [36] O nauchnom i techniteskom obrazovanii. ZRFChO 30 (1898) v. 1, otd. 2
- [37] Z. phys. Chem. 29 (1899) S. 190
- [38] Grundlinien der anorganischen Chemie. Leipzig 1900; 3. Aufl. Leipzig 1912; 5. Aufl. Leipzig 1922; russische Übersetzung Moskau 1902 und 1914
- [39] Über Oxydationen mittels freien Sauerstoffs. Z. phys. Chem. 34 (1900) 5. 248-252
- [40] Über die vermeintliche Isomerie des roten und gelben Quecksilberoxids und die Oberflächenspannung fester Körper. Z. phys. Chem. 34 (1900) S. 495-503
- [41] Z. phys. Chem. 34 (1900) S. 510
- [42] Über Katalyse. Leipzig 1902; s. a. Ostwalds Klassiker Nr. 200. Leipzig 1923; russische Übersetzung Moskau 1903
- [43] Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig 1902, S. 36-37; russische Übersetzung St. Petersburg 1903, Moskau 1903
- [44] Physik. Z. 3 (1902) S. 313
- [45] Die Schule der Chemie, Band I-II. Braunschweig 1903; 2. Teil, Braunschweig 1904, S. V; IV. Aufl. Braunschweig 1919, S. V; russische Übersetzung Odessa 1907-1909
- [46] Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts (1887-1903). Leipzig 1904, S. 326-336; s. a. [200, 201]
- [47] Elemente und Verbindungen. Leipzig 1904; russische Übersetzung St. Petersburg 1909
- [48] Malerbriefe. Beiträge zur Theorie und Praxis der Malerei. Leipzig
- [49] Z. phys. Chem. 47 (1904) S. 127
- [50] R. W. Bunsen. Leipzig 1905
- [51] Kunst und Wissenschaft. Leipzig 1905

- [52] Die internationale Hilfssprache und das Esperanto. Berlin 1906
- [53] Leitlinien der Chemie. Leipzig 1906, S. 153; russische Übersetzung Moskau 1908 und 1909
- [54] Die chemische Reichsanstalt. Leipzig 1906
- [55] Prinzipien der Chemie. Leipzig 1907, S. IV/V, VII; russische Übersetzung Moskau 1910
- [56] Die Energie. Leipzig 1908
- [57] Erfinder und Entdecker. Frankfurt/M. 1908; russische Übersetzung St. Petersburg 1909
- [58] Grundriß der Naturphilosophie. Leipzig 1908
- [59] Große Männer. Leipzig 1909; 4. Aufl. Leipzig 1927; russische Übersetzung St. Petersburg 1910
- [60] Die Einheit der physiko-chemischen Wissenschaften. Berlin und Leipzig 1909
- [61] Energetische Grundlagen der Kulturwissenschaft. Leipzig 1909
- [62] Wider das Schulelend. Leipzig 1909
- [63] Svante August Arrhenius. Z. phys. Chem. 69. (1909) S. V-XX
- [64] Die stöchiometrischen Grundgesetze und die Atomtheorie. Z. phys. Chem. 69 (1909) S. 506-511
- [65] Einführung in die Chemie. Stuttgart 1910; russische Übersetzung Moskau 1910
- [66] Die Entwicklung der Elektrochemie in gemeinverständlicher Darstellung. Leipzig 1910, S. 7, 207; russische Übersetzung Moskau 1911
- [67] Die Forderung des Tages. Leipzig 1910; russische Übersetzung St. Petersburg 1912
- [68] Chemische Weltliteratur. Z. phys. Chem. 76 (1914) S. 1-20
- [69] Die Mühle des Lebens. Leipzig 1911, S. 75; russische Übersetzung Moskau 1912
- [70] Monistische Sonntagspredigten. 1. Leipzig 1911; s. a. Wissenschaft contra Gottesglauben. Leipzig 1960
- [71] Sprache und Verkehr. Leipzig 1911
- [72] Das wissenschaftliche Weltformat. Ansbach 1911
- [73] Denkschrift über die Gründung eines internationalen Instituts für Chemie. Leipzig 1912
- [74] Das Gehirn der Welt. München 1912
- [75] Der energetische Imperativ. Leipzig 1912; russische Übersetzung St. Petersburg 1913
- [76] Die Organisierung der Organisatoren. München 1912; russische Übersetzung Moskau 1912
- [77] Monumentales und dekoratives Pastell. Leipzig 1912
- [78] Secundäre Weltformate. München 1912
- [79] Gegen den Monismus. Leipzig 1913
- [80] Die Philosophie der Werte. Leipzig 1913

- [81] Weltformate für Drucksachen, Ansbach 1913
- [82] Auguste Comte. Der Mann und sein Werk. Leipzig 1914
- [83] Ernst Haeckel. Leipzig 1914
- [84] Moderne Naturphilosophie. Leipzig 1914
- [85] Die Farbenfibel. Leipzig 1917
- [86] Der Farbenatlas, Leipzig 1918
- [87] Die Farbenlehre. Leipzig 1918 ff.; russische Übersetzung Moskau 1926
- [88] Goethe, Schopenhauer und die Farbenlehre. Leipzig 1918
- [89] Die Harmonie der Farben. Leipzig 1918
- [90] Einführung in die Farbenlehre. Leipzig 1919
- [91] Der Farbkörper und seine Anwendung zur Herstellung farbiger Harmonien. Leipzig 1919
- [92] Die Farbschule. Leipzig 1919
- [93] Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft. Leipzig 1919
- [94] Farbnormen. Leipzig 1920
- [95] Zur Geschichte der Farbzeichen. Leipzig 1920
- [96] Die wertgleichen Kreise. Leipzig 1920
- [97] Die Harmonie der Formen. Leipzig 1922
- [98] Die Welt der Formen. Leipzig 1922/23
- [99] Die Farbkreise. Leipzig 1923
- [100] Farbkunde. Leipzig 1923
- [101] Farbnormen-Atlas. Leipzig 1923/24
- [102] Michael Faraday. Zürich 1924
- [103] Die Farbtonleitern. Leipzig 1924
- [104] Die Harmothek. Leipzig 1926
- [105] Lebenslinien. Eine Selbstbiographie, Band I-II. Berlin 1926 bis 1927
- [106] Zur biologischen Grundlegung der inneren Medizin, Dresden 1928
- [107] Alte und neue Bücher. Leipzig 1929
- [108] Die Pyramide der Wissenschaften. Leipzig 1929
- [109] Forschungsinstitute, ihre Geschichte, Organisation und Ziele. Hamburg 1929
- [110] Künstliche Farbstoffe und die Kunst der Farbe. Leipzig 1930
- [111] Die Maltechnik jetzt und künftig. Leipzig 1930
- [112] Goethe, der Prophet. Leipzig 1932 .
- [113] How one becomes a chemist. J. Chem. Educ. 30 (1953) S. 12, 606
- [114] J. R. Mayer über Auslösung. Nach einem bisher unveröffentlichten Manuskript herausgegeben von A. Mittasch. Weinheim 1953
- [115] Berzelius' „Jahresberichte“ and the international organization of chemists. J. Chem. Educ. 32 (1955S). 373

- [116] Wissenschaft contra Gottesglauben (Hrsg. F. Herneck). Leipzig/ Jena 1960
Literatur über Ostwald
- [117] van't Hoff, J. H.: Friedrich Wilhelm Ostwald. Z. phys. Chem. 46 (1903) S. 1I–XV
(enthält eine Bibliographie der Arbeiten Ostwalds bis 1903)
- [118] Walden, P. : Wilhelm Ostwald. Leipzig 1904
- [119] Adler, F.: Bemerkungen über die Metaphysik in der Ostwaldschen Energetik. Leipzig 1905
- [120] Freundlich, H.: Wilhelm Ostwald zum 70. Geburtstag. Naturwissenschaften 141 (1923) S. 731
- [121] Findlay, A.: W. Ostwald, Nature 129 (1932) S. 750-751
- [122] Günther, P.: Wilhelm Ostwald. Angew. Chem. 45 (1932) S. 489 bis 496
- [123] Nernst, W.: W. Ostwald. Z. Elektrochem. 38 (1932) S. 337-341
- [124] Walden, P.: W. Ostwald. Ber. Dtsch. chem. Ges. (1932) 8/9, S. 101-141
- [125] Bancroft, W. D.: W. Ostwald. J. Chem, Educ. 10 (1933) 5. 539 bis 542, 609-6413
- [126] Donnan, F, G.: Ostwald memorial lecture. J. Chem. Soc. London (1933) S. 316-322, 326
- [127] Zeishold, H.: W, Ostwald's Colour Theory. N. Y. 1938
- [128] Kistjakowski, W, A.: W. Ostwald. Izv. AN SSR, otd. mat. i estestv. nauk (1939) Nr. 4, S. A31-444
- [129] Hillpern, E. P.: Some Personal Qualities of Wilhelm Ostwald, Recalled by a Former Assistant. Sammelband „Chymia“, Philadelphia 2 (1949) S. 57-64
- [130] Mittasch, A.: Wilhelm Ostwalds Auslösungslehre. Heidelberg 1951
- [131] Franck, U. F.: W. Ostwalds Anregungen für die physikalische Chemie elektrobiologischer Vorgänge. Z. Elektrochem. 57 (1953) S. 883-889
- [132] Günther, P.: W. Ostwalds Wirken in seiner Zeit. Angew. Chem, 65 (1953, 20, S. 497-502; Z. Elektrochem. 57 (1953) 10, S. 868 bis 874
- [133] Kortüm, G.: Das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz und der Begriff der elektrolytischen Dissoziation. Z. Elektrochem. 57 (1953) S. 874-878
- [134] Mittasch, A.: Erinnerungen an Wilhelm Ostwald. Angew. Chem, 65 (1953) 20, S. 508-510
- [135] Ostwald, G.: W. Ostwald - mein Vater. Stuttgart- Berlin 1953, S. 164
- [136] Partington, J. R.: W. Ostwald (1853-1932). Nature (1953) 4374, S. 380-381
- [137] Schwab, G. M.: Die wissenschaftliche und technische Nachwirkung von Ostwalds Katalysearbeiten. Z. Elektrochem. Ber. Bunsenges. phys. Chem. 57 (1953) S. 878-883
- [138] Trautz, M.: Erinnerungen an Wilhelm Ostwald 1900-1903. Angew. Chem. 65 (1953) 20, S. 514-5415
- [139] Walden, P.: Erinnerungen an W, Ostwald's Rigaer Professorentätigkeit 1881-1887. Angew. Chem. 65 (1953) 20, S. 511-513
- [140] Buchwald, E.: Über Farbenlehre. Die Farbenlehre W. Ostwalds. Wiss. Z. Jg. 3 (1953-1954) 3/4, S. 309-319

- [141] Ostwald, G.: Wilhelm Ostwald. Z. wiss. Photographie 49 (1954) S. 127-130
- [142] Fischer, E.: Justus von Liebig und Wilhelm Ostwald, Naturwiss. Rundschau (1955) 2, S. 49-53
- [143] Ostwald, Walter: Recollections of W. Ostwald, my Father. J. Chem. Educ. 34 (1957) 7, S. 328
- [144] Staude, H.: Wilhelm Ostwald und die physikalische Chemie. In: Karl-Marx-Universität Leipzig 1409-1959, Beiträge zur Universitätsgeschichte, Bd. 1. Leipzig 1959, S. 488
- [145] Herneck, F.: W. Ostwald - ein großer Naturforscher und streitbarer Atheist. In: W. Ostwald: Wissenschaft contra Gottesglauben. Leipzig/Jena 1960
- Körper, H. G. (Herausg.): Vorwort und Einführung zu dem Buch „Aus dem wissenschaftlichen Briefwechsel Wilhelm Ostwalds“, Bd. 1. Berlin 1961; Bd. 2. Berlin 1969
- [147] Herneck, F.: Wilhelm Ostwald. In: Von Liebig zu Laue. Berlin 1963, S. 260-290
- [148] Solowjew, Ju. I.: Novye materialy o bor'be vedustich chimikov i fizikov s energitiskim učeniem Ostval'da. Voprosy filosofii 1963, Heft 6, S. 87-96
- [149] Stradins, J.: Cilveki, eksperimenti, idejas. Riga 1965, S. 165-215
- [150] Wall, F. E.: Wilhelm Ostwald. Sammelband „Selected Readings in the History of Chemistry“'. 1965, S. 110
- [151] Harig, G; Strube, I.: Zur Stellung W. Ostwalds in der Geschichte der Chemie. Sammelband „Ostwalds Klassiker“ Nr. 250. Leipzig 1966
- [152] Solowjew, Ju. I.; Rodnyj, N.I.: Russische Wissenschaftler im Leipziger Laboratorium von Wilhelm Ostwald. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwiss., Techn. und Med. (1967) 9, 5.50 bis 59
- [153] W. Ostwald kak vospitatel' mezhdunarodnoj Skoly fiziko-chimikov. Handbuch „Iz istorii estestvoznaniya i tehniki Pribaltiki“, Bd. I (VII). Riga 1968, S. 147-156
- Sonstige Literatur
- [154] Martinson, E. E.: Istorija osnovanija Tartuskogo (byvsego Derptschikogo - Jurevskogo) universiteta. Leningrad 1954; s. a.
- Martinson, E. E.: Istoriceskie svjazi Tartuskogo (byvsego Jurevskogo) universiteta s russkoj naukoj. Tallinn 1951
- [155] Weresajew, W.: Vospominanija. Moskau 1946, S. 311- 312
- [156] Biografitskij slovar' professorov i prepodavatelej Jur'evskogo (byvsego Derptschikogo) universiteta za sto let ego sustestvovaniya (1802-1902) t. 1. Jurjew 1902, S. 247; s. a. Rjago, N. J.: Iz istorli chimiceskogo otdelenija Tartuskogo gosudarstvennogo universiteta. Tr. inst. istorii estest. i techn. 12 (1956) S. 112-117
- [157] Tschirwinski, N. P.: Iskusstvennoe polucenie mineralov v XIX stoletii. Kiew 1903; Toropow, N. A.: Raboty otetestvennych ugenych po sintezu silikatov, sb. „Materialy po istorii otecestvennoj chimii“. Moskau 1953, S. 258-263
- [158] Guldberg, K.; Waage, P.: Untersuchungen über die chemischen Affinitäten. In: Ostwalds Klassiker Nr. 104. Leipzig 1899
- [159] Staatl. Archiv der Estnischen SSR, f. 402, op. 3, ed. chr. 1254, 1.36
- [160] Walden, P. I.: Oterk razvitija chimiceskoj laboratorii Rizskogo politechnitseskogo

instituta. In: „Lomonosovskij sbornik“. Moskau 1901

[161] Stradins, J. P.: Chimija v Rizskom politehniteskom institute (1862-1918). Uc. zap. Latvijsk. un-ta (chim. fak.) VI (1958) S. 307-325

[162] Solowjew, Ju. I.; Figurovski, N. A.: Svante Arrhenius. Moskau 1958

[163] Arrhenius, S.: Aus meiner Jugendzeit. Leipzig 1943

[164] Wilhelm-Ostwald-Archiv, Berlin

[165] Arrhenius-Archiv, Stockholm

[166] Solowjew, Ju. I.: Pis'ma Svante Arrhenius P. I. Waldenu. Vopr. ist. estestvoznaja 1 tehniki 1956, 2, S. 262

[167] Ber. Verhandl. Sächs. Akad. Wiss., Math-phys. Kl. 73 (1921) S. 283-291

[168] Archiv der AdW der UdSSR, f. 474, op. 3, Nr. 898; s. a. Solowjew, Ju. I.; Kablukowa, M. I.; Kolesnikow, J. N. : Iwan Alexjewitsch Kablukow. Moskau 1957, S. 178-180

[169] Archiv der AdW der UdSSR, f. 474, op. 3, Nr. 32

[170] Polak, L. S.; Solowjew, Ju. I.: Max Planck kak fiziko-chimik, Tr. inst. istorli estest. 1 techn. 22 (1959) S. 30-31

[171] Archiv der AdW der UdSSR, f. 610, op. 4

[172] Solowjew, Ju. I. : Oterki po istoru fiziteskoj chimii. Moskau 1964

[173] Guldberg, K.; Waage, P.: Etudes sur le affinités chimiques. Christiania 1867. Deutsche Übersetzung „Untersuchungen über die chemischen Affinitäten“. In: Ostwalds Klassiker Nr. 104. Leipzig 1899

[174] Pattison Muir M. M.: Chemical Affinity. Phil. Mag. 8 (1879) S. 184; s. a. sein Buch „A History of Chemical Theories and Laws“, New York 1909, 407-409

[175] Mendelejew-Archiv der Universität Leningrad

[176] Menschutkin, B. N.: Zizn' i dejatel'nost' Nikolaja Alexandrowitscha Menschutkina. St. Petersburg 1908, S. 111

[177] Solowjew, Ju. I.: Istorija ucenija o rastvorach. Moskau 1959

[178] van't Hoff, J. H.; Reicher, L. Th.: Über die Dissoziationstheorie der Elektrolyte. Z. phys. Chem. 2 (1888) S. 781

[179] Nernst, W. : Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 4. Aufl. Stuttgart 1903

[180] Lajtinen, G. A.: Chimiteskij analiz. Moskau 1966

[181] Freundlich, H.: Kapillarchemie. Leipzig 1909

[182] Kablukow, I. A.: Über die elektrische Leitfähigkeit von Chlorwasserstoff in verschiedenen Lösungsmitteln, Z. phys. Chem. 4 (1889) S. 429

[183] - : Sovremennye teorli rastvorov (van't Hoffa i Arrheniusa) v svjazi s uceniem o chimiceskom ravnovesii, Moskau 1891

[184] Solowjew, Ju. I.; Kablukowa, M.T.; Kolesnikow, J. W.: 1. A. Kablukow. Moskau 1957, S. 50-75

[185] Wakeman, A.: Z. phys. Chem. 11 (1893) S. 69

[186] Zentnerschwer, M. G.: Oterki po istorli chim, Leningrad 1927

- [187] Pickering, S.: Sovremennoe polozenie gidratnoj teorli rastvorov. ZRFChO 22 (1890) 9, otd. IT
- [188] -: Ber. 24 (1892) S. 3326
- [189] Nernst, W.: Theoretical Chemistry from the Standpoint of Avogadro's Rule and Thermodynamics. London 1895
- [190] Armstrong, G.: Priroda chimiteskogo vsaimodejstvija i uslovija, ego vyzyvajustie. ZRFChO 29 (1897) 3, otd. II
- [191] Scott, A.: An Introduction to Chemical Theory. London and Edinburgh 1891
- [192] Archiv der AdW der UdSSR, f. 474, op. 3, Nr. 755
- [193] Kablukow, I. A.: S. Arrhenius i ego teorija elektrolititeskoj dissociacii. Usp. fiz. nauk 8 (1928) S. 438
- [194] Kirchhoff, K. S.: O prigotovlenii sachara iz krachmala. Technologiteskij Zurnal 9 (1812) Teil I, S. 27
- [195] Mittasch, A.; Theis, E. : Von Davy und Döbereiner bis Deacon, ein halbes Jahrhundert Grenzflächenkatalyse. Berlin 1932
- [196] Kusnezow, W.I.: Razvitie utenija o katalize. Moskau 1964, S. 28-55
- [197] Williamson, A.: Theory of Etherification. J. chem. Soc. 4 (1852) S. 350-355
- [198] Tschugajew, L. A.: Naucnoe slovo 1903, Buch V, S. 166
- [199] Walker, J.: Z. phys. Chem. 4 (1889) S. 319
- [200] Mittasch, A.: Lebensproblem und Katalyse. Mit klassischen Dokumenten aus der Geschichte der katalytischen Forschung, Bd. 1. New York/Ulm 1947
- [201] Malina, I. K.: Razvitie issledovanij v oblasti katalititeskogo sinteza ammiaka. Kandidatendissertation., Inst. ist. estest. techn. AN SSR. Moskau 1969
- [202] Haber, F.: 5 Vorträge aus den Jahren 1920-1923. Berlin 1924, S. 18
- [203] Mittasch, A. : Salpetersäure und Ammoniak - geschichtliche Entwicklung der Ammoniakoxydation bis 1920. Weinheim 1953
- [204] -: Ber. 59 (1926) 30/31
- [205] Staroselski, P. I.; Solowjew, Ju, I.: N. A. Menschutkin. Moskau 1969
- [206] Nobel Lectures in Chemistry 1901 - 1921. Amsterdam 1966
- [207] Meisel, S. O.: Cveta, kraski. Petrograd 1923
- [208] Walden, P.: Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge. In: Sammlung chemischer Vorträge, Bd. 15 (1910)
- [209] Stiradins, J.P.: K biografii Paulja Wal'dena. In: Iz istorii estestvoznanija i tehniki Pribaltiki. Riga 1968, Bd. 1 (VII) S. 157-158
- [210] Walden, P.TI.: Dvacatipjatiletie teorju Elektrolititeskoj dissoclacli i nevodnye rastvory. In: Nauka i Zizn, Teil 3 Petrograd 1924, S. 166
- [211] Solowjew, Ju. I.: O neopublikovannoj rabote W. A. Kistjakowskogo ,Gipoteza Plancka-Arrheniusa', Z. fiz. chim. 30 (1956) S. 1910
- [212]. Kistjakowski, W. A.: Die wässerigen Lösungen von Doppelsalzen. Z. phys. Chem, 6 (1890) S. 97-121

- [213] Kablukow, I. A.: Opisanie nekotorych muzeev i laboratorij v Germanii i Francii. Z. minist. narod. prosv., Oktober 1890, S. 83-106
- [214] -: Istoriteskij obzor razvitija ucenija o nevodnyh rastvorach. In: Sbornik trudov Pervoj vsesojuznoj konferencl po nevodnym rastvoram. Kiew 1935, S. 16-77
- [215] Archiv der AdW der UdSSR, f. 474, op. 3, Nr. 755
- [216] Uschakowa, N. N.: Nikolai Alexandrowitsch Schilow. Moskau 1966, S. 14
- [217] Solowjew, Ju. I.; Kapustinskaja, K. A.: Iz istorii razvitija sol'vatnoj teorli rastvorov. Tr. inst. istorli estest. i techn, 30 (1960) S. 48-70
- [218] Travers, M.: William Ramsay. London 1956
- [219] Alexejew, N. N.: ZRFChO 17 (1885) S. 216
- [220] Gibbs, J. W.: Thermodynamische Studien. Leipzig 1892
- [221] Helm, G.: Die Lehre von der Energie. Leipzig 1887
- [222] Mach, E.: Populärwissenschaftliche Vorlesungen. 2. Aufl. Leipzig 1897, S. 258
- [223] Menshutkin, N. A.: Oterki razvitija chimiceskich vozzrenij. St. Petersburg 1888, S. 82-83
- [224] Hegel, G.: Wissenschaft der Logik. Nürnberg 1812-1816
- [225] Mendelejew, D. I.: Sotinenija, Bd. XIH, S. 336
- [226] -: Izbrannye soginenija, Bd. II, 5. 367-368
- [227] Frankfurt, U. O.; Frenk, A. M.: Josiah Willard Gibbs (russ.). Moskau 1964
- [228] Gibbs, J. W.: Elementare Grundlagen der statistischen Mechanik. Leipzig 1905
- [229] Bancroft, W.: J. phys. Chem. 1 (1896/975). 137
- [230] Boltzmann, L.: Populäre Schriften. Leipzig 1919
- [231] Planck, M.: Physikalische Rundblicke. Leipzig 1922
- [232] Arrhenius, S.: Theorien der Chemie. Leipzig 1906, S. 39
- [233] Goldammer, D. A. : Nauka iistina, Naueno slovo 9-10 (1904) S. 7
- [234] van't Hoff, J. H.: Die Thermochemie. Österreichische Chemikerzeitung Ser. 2, Bd. 9. Wien 1906, S. 53
- [235] -: Zavisimost' mezdu fiziceskimi i chimiceskimi svojstvami i sostavom. St. Petersburg 1903
- [236] Nernst, W.: Theoretische Chemie vom Standpunkt der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. Stuttgart 1893
- [237] ZRFChO 27/9 (1896) S. 70-71
- [238] Archiv der AdW der UdSSR (Leningrad), f. 320, op. 2, Nr. 155, S.7
- [239] Boltzmann, L.: Vorlesungen über Gastheorie, Teil 2. Leipzig 1898 (Vorwort)
- [240] Einstein, A.: Fizika i real'nost'. Moskau 1965
- [241] Lenin, W. I.: Materialismus und Empiriokritizismus. In: Werke Bd. 14. Berlin 1962
- [242] Butlerow, A. M.: Sotinenija, Bd. I. Moskau 1957, S. 70
- [243] Mendelejew, D. I.: Perioditeskij zakon. Osnovnye stat'i. In: „Klassiki nauki". Moskau 1958, S. 577

- [244] -: Osnovy chimii, Bd. 1, 12. Aufl. Moskau 1934, S. 476
- [245] Stoletow, A. G.: Sobrannye socinenija, Bd. 2, 1941, S. 320
- [246] Haeckel, E.: Mirovye zagadki. Moskau 1937, S. 462-463
- [247] Timirjasew, K. A.: Nauka i demokratija. Moskau 1963, S. 255 bis 256
- [248] Staroselskaja- Nikitina, O. A.: Paul Langevin (russ.). Moskau 1962, 5. 68
- [249] Perrin, J.: Die Brownsche Bewegung und die wahre Existenz der Moleküle. In: Kolloidchemische Beihefte, Bd. 1 (1910)
- [250] Poincare, H.: Letzte Gedanken. Leipzig 1913, S. 196/199
- [251] van der Waals, J.: Uravnenie sostojanija. ZRFChO 43 (1911), chim., vyp. 8, otd. II, S. 184
- [252] Bloch, M. A.: Zizn' i tvortestvo van't Hoffa. Petrograd 1912, S. 56
- [253] de Broglie, L.: Po tropam nauki. Moskau 1962
- [254] -: Revoljucija v fizike. Moskau 1963, 5. 46
- [255] Heisenberg, W.: Physik und Philosophie. Stuttgart 1959
- [256] Feynman, R. P.; Leighton, R. B.; Sands, M.: Feynman-lectures in Physics. Bd. 1, Teil1. Reading (Mass.)/ London 1965
- [257] Butlerow, A. M.: O chimiceskom stroenii vestestva. In: Stoletie teorii chimitesko-go stroenija. Moskau 1961, 5. 46
- [258] Kedrow, B. M.: Klassifikacija nauk, Bd. 2. Moskau 1965, 5. 69
- [259] Bernal, J. D.; Mackay, L. L.: Na puti k nauke o nauke. Vopr. filosofu 7 (1966) S. 159
- [260] Grau, G.: Die Wandlung des deutschen Lomonossow-Bildes am Anfang des 20. Jahrhunderts. Z. Slawistik 6 (1961) 5. 529
- [261] Archiv der AdW der UdSSR, f. 327, op. 2, Nr. 198, 1. 1
- [262] Menschutkin, B. N.: M. W. Lomonossow - der erste russische Chemiker und Physiker, Ann. Naturphilos. 4 (1905) S. 204-225
- [263] Lomonossow, M.W.: Physikalisch-chemische Abhandlungen, herausgegeben von B. N. Menschutkin und M. Speter. Ostwalds Klassiker Nr. 178. Leipzig 1910
- [264] Iz neopublikovannoj perepis'ki D. I. Mendeleeva. Vopr. ist. estestvoznaniija i tehniki 1957, 3, S. 180
- [265] Swadost, E.: Kak voznikaet vseobatij jazyk. Moskau 1968, S. 245/46
- [266] Haeckel, E.: Die Welträtsel. Bonn 1899