

# Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft.

1932, Nr. 8/9.

— Abteilung A (Vereinsnachrichten) —

12. Oktober.

## WILHELM OSTWALD.

Die Leipziger Tageszeitungen brachten am 7. April d. J. die folgende kurze Nachricht:

„Wilhelm Ostwald

\* 2. 9. 1853 † 4. 4. 1932.

Trauerfeier und Einäscherung Donnerstag, den 7. April, 11 Uhr,  
Hauptkapelle Südfriedhof.“

Wie doch nur wenige Worte genügen, um auch das reichste Leben als erstarrt und in ein Häuflein Asche verwandelt zu kennzeichnen. —

Mit Ostwalds Tod ist dem geistigen Bild der Gegenwart eine Persönlichkeit von ganz spezifischer Prägung und von großen Ausmaßen entzogen worden. Denn seine Wirkung und Bedeutung darf nicht allein vom Standpunkt des chemischen Spezialisten beurteilt werden. Sein Leben kann man in mehrere Abschnitte aufteilen, von denen jeder nahezu 26 Jahre umfaßt: Die Jugend- und Lehrjahre von 1853—1881, dann den Zeitabschnitt von 1881—1906, und zwar zuerst die Jahre in Riga (1881—1887), welche durch seinen wissenschaftlichen Aufstieg gekennzeichnet sind, alsdann die Leipziger Periode (1887—1906), welche ihn auf dem Gipfel seiner Tätigkeit als Forscher zeigt, und schließlich die Jahre 1906—1932, wo er als der wissenschaftlich berühmte Forscher nun einsame Höhenwege bevorzugt, gleichsam mit Fernblicken die Wandlung und Gestaltung der menschlichen Kultur erfassen will. Das zwanzigste Jahrhundert mit seinen die Welt und die Wissenschaft erschütternden Ereignissen hat ein neues wissenschaftliches Geschlecht erstehen lassen, das zeitlich keine Verbundenheit mehr mit jener Periode der Begründung der physikalischen Chemie durch W. Ostwald besitzt, geistig aber auf den Errungenschaften jener Forschungsarbeiten als auf historisch gewordenen Tatsachen steht und weiterbaut. Scherhaft und doch zum Nachdenken anregend klingt es, wenn Ostwald in seiner Nobel-Preis-Rede (1909) sagt, daß — wenn erst einmal der von ihm herbeigeführte Fortschritt sich dem „Gesamtverbande des wissenschaftlichen Denkens einverleibt“ haben würde, „der Abstand gegen früher überhaupt nicht mehr sichtbar sein werde“, so daß er „um den verdienten Anteil persönlichen Ruhmes kommen werde.“ Neben den Leistungen und dem persönlichen Ruhm des Chemikers steht aber noch der Organisator Ostwald, dessen Wirken wesentlich den letzten der drei Lebensabschnitte ausfüllt. Hier geht es um Probleme, die den mannigfaltigen Seiten des Kulturlebens überhaupt angehören,

demnach das Interesse der Allgemeinheit, der breitesten Schichten der Gebildeten erregen mußten, — und auch in dieser großen Welt, wurden sein Name und sein Wirken ebenso bekannt und in Ehren genannt, wie in der Welt der Chemiker.

Wenn der Ruhm und die Verdienste eines Menschen nach der Tiefe und der Weite der Beeinflussung der Zeitgenossen bestimmt würden, müßten wir die letztgenannte öffentliche Tätigkeit Ostwalds als diejenige eines hervorragenden Kulturfaktors gerechterweise sehr hoch bewerten und seinen Ruhm auch in dieser Wirkungsebene als wohlverdient bezeichnen. Durch Wort und Schrift, durch Vorträge vor Tausenden, durch Bücher und Broschüren, durch die Tagespresse und Familienzeitschriften hat er unermüdlich für die Verbreitung naturwissenschaftlicher Aufklärung gewirkt. Unter den großen Chemikern der Vergangenheit wäre nur Justus Liebig zu nennen, der durch seine — zuerst in der Augsburger Allgemeinen Zeitung veröffentlichten — „Chemischen Briefe“ als systematischer Mitarbeiter der Tageszeitungen vorbildlich wirkte und die Popularisierung der Chemie erzielte. Doch Wilh. Ostwalds Wirkungsweite war breiter gezogen und auch zeitlich und inhaltlich mehr gegliedert. Es ist nun interessant, daß nach Ostwald „insgesamt das Feld des Organisators für wichtiger, weil schwieriger“ zu halten ist, „als das des Forschers<sup>1)</sup>. Es „ist die Entdeckung im Sinne des Kulturfortschrittes nur die halbe Arbeit“.

Es ist ein oft wiederkehrendes Phänomen, daß in der Peripherie großer Kulturgebiete besonders aktive Geistesmenschen geboren und herangebildet werden. Der Zusammenstoß der verschiedenen Kulturen, Rassen und geopolitischen Faktoren mag wohl die Charakterbildung, die geistigen Interessen und auch die körperliche Tüchtigkeit nicht unwesentlich beeinflussen. Stellt man solche Menschen den Mittelwerten gegenüber, so erscheinen sie gleichsam als anders organisiert, indem ihr Handeln mit einem Faktor des Irrationalen verknüpft zu sein scheint. Sagte doch schon der scharfsinnige G. Chr. Lichtenberg: „Auf der Grenze liegen immer die seltsamsten Geschöpfe“. Und so sind auch die einstigen baltischen Provinzen ein solches Grenzgebiet gewesen, das neben vielen anderen eigenartigen Menschen auch das Mutterland eines Wilhelm Ostwald gewesen ist.

Dem Böttchermeister Gottfr. Wilh. Ostwald in Riga und seiner Ehefrau, einer geborenen Leukel, wird als zweites Kind am 2. September 1853 ein Sohn geboren, der in der Taufe den Namen Friedrich Wilhelm erhält. Der lebhafte Knabe findet in der Umwelt des elterlichen Hauses vielerlei Anregungen zu praktisch-wirtschaftlichen Dingen, aber auch zu Naturbeobachtungen. Nach dem Elementarunterricht in einer Knabenschule besucht er von 1864—1872 das Rigasche Realgymnasium, um dasselbe im neunzehnten Lebensjahr zu beenden. Die verlängerte Schulzeit ist bedingt durch die Interessen des Knaben für Chemie, Musik, Photographie, Malerei usw., denn eifrig wird schon zuhause (nach Stöckhardts Schule der Chemie) experimentiert und „gebastelt“: man erinnere sich nur an einen Justus Liebig, einen Davy und William Ramsay! Die Schulweisheit tritt zurück vor dem eigenen „Erfinden“ und Schauen. Bei der Entscheidung über den künftigen Lebensberuf spielen die materiellen Bedenken des Elternhauses

<sup>1)</sup> Lebenslinien III, 435.

eine Rolle. Falls der Junge das Ingenieur-Studium an der technischen Hochschule (Polytechnikum) der Vaterstadt betreibt, gestalten sich ja die Kosten ganz anders, als wenn er in die Universität nach dem in 30-stündiger Postfahrt erreichbaren Dorpat übersiedelt, um dort etwa Chemie zu studieren. Doch welche Aussichten eröffnen sich nun nach beendetem Studium der Chemie? In der Heimat ist die chemische Industrie nur spärlich vertreten, vielleicht ist aber nachher ein Unterkommen im weiten Zarenreich? Kurz und gut, der Mutter Liebling bezieht im Januar 1872 die Universität Dorpat zum Studium der Chemie! Vorerst ging es auch in diesem Fall „anders als man denkt“. Das Studentenleben und Erwerben des bunten Deckels der Fraternitas Rigensis beanspruchten die volle Hälfte des vorgeschriebenen dreijährigen Studiums, ohne daß man überhaupt es ernstlich begonnen hätte. Des Vaters Vorwürfe setzen bei dem Studenten das „moralische Schwunggrad“ in Bewegung, das Bücherstudium tritt an die Stelle der unregelmäßig oder gar nicht besuchten Vorlesungen, und nach der bestandenen ersten Prüfung erfolgt der Eintritt in das Chemische Praktikum. So bescheiden auch das Chemische Laboratorium war, die Methode war gut, denn Ostwalds Lehrer waren Prof. Karl Schmidt — ein Schüler Liebigs, Wöhlers, H. Roses und des Physiologen R. Wagner — und der Silicat-Forscher Joh. Lemberg. Schnell wurden die 120 Nummern des qualitativen Kursus, dann die Arbeiten des quantitativen Kursus erledigt, und man schritt zur Präparaten-Darstellung. Der junge Chemiker fühlte sich bereits so sicher, daß er einen neuen Weg für die Indigo-Synthese gefunden zu haben glaubte und denselben Ad. Baeyer zur Begutachtung übermittelte. Dieser ersten mißglückten organischen Entdeckung Ostwalds sind auch nachher keinerlei weitere Versuche zur Entdeckung „neuer Körper“ gefolgt! Wohl aber schritt er mutig an die Aufstellung seines ersten Arbeitsplanes aus der Lehre von der chemischen Verwandtschaft (Hydrolyse des Wismutchlorids). Dank seinem vorzüglichen Gedächtnis konnte Ostwald sich die verschiedenen Examensfächer durch eifriges Bücher-Studium aneignen, und bereits im Januar 1875, nach 3-jährigem Studium, bestand er sein Kandidaten-Examen und stellte seine erste Experimentaluntersuchung „Über die chemische Massenwirkung des Wassers“ vor<sup>2)</sup>. Im Sturmschritt war nun der 21½-Jährige über alle Hindernisse des Burschenlebens und der Examina hinweg in die reine Wissenschaft geraten! Das Schicksal fügte es, daß Ostwald auch dauernd bei derselben bleiben und ein Forscher werden konnte. Der durch den schnellen Erfolg des Sohnes freudig gestimmte Vater ermöglichte nämlich noch ein weiteres Verbleiben in Dorpat zwecks Vertiefung der Kenntnisse in der Physik bei Professor Arthur von Oettingen. Kaum war Ostwald im physikalischen Institut heimisch geworden, als sich ihm die Assistenten-Stelle für Physik darbot — infolge der Berufung des bisherigen Inhabers Groenberg an das Rigasche Polytechnikum. Klein war das Gehalt, doch groß war das Glück, nunmehr wirtschaftlich selbstständig geworden zu sein und die Laufbahn als Forscher und Lehrer betreten zu können (1875). Rasch ging es aufwärts: die experimentelle Nachprüfung des neuen Gedankens, an Stelle der Wärmemessungen J. ul. Thomsens jede andere physikalische Eigenschaft zur Messung der durch die chemische Verwandtschaft bedingten Vorgänge in der Lösung zu benutzen, führte zu Untersuchungen

<sup>2)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 12, 264 [1875].

der Dichteänderungen und zu den „volumchemischen Studien“<sup>3)</sup>. Nach entsprechender Umarbeitung dieser Studien stellten sie die Magister-Dissertation Ostwalds dar, die, zusammen mit der mündlichen Prüfung, nun den Magistergrad ergab und zugleich die Rechte eines Privatdozenten verlieh (1877). „Ein halbes Dutzend Zuhörer, die bis zum Schlusse aushielten, stellten den äußeren Erfolg meiner Lehrtätigkeit dar“, so schildert Ostwald selbst seine Dozenten-Erfolge, der innere Erfolg bestand in der Vertiefung in die Wissenschaft durch eingehendstes Quellenstudium und Anfertigen von wissenschaftlichen Auszügen. Doch daneben erwarb er auch eine Geschicklichkeit in experimenteller Hinsicht; darüber berichtet einer seiner damaligen Hörer, der Ostwalds Praktikum über Gasanalysen mitmachte: „Aus Glaskröpfchen, Schläuchen, Pappe und Holz hatte er alle Eudiometer, Gasüberführungssapparate usw. selbst gefertigt und zeigte auch die Ausführung einfacher Aufgaben des Glasbläser. Die Aufgaben Bunsens wurden ausgeführt und berechnet, was er immer am schnellsten konnte“. (G. Tammann.)

Gleichzeitig wurden die „volumchemischen Studien“ fortgesetzt und durch die Verwendung der Lichtbrechungsverhältnisse erweitert, was das Material für Ostwalds Doktor-Dissertation ergab, welche über 600 genaue Messungen von Dichten und Brechungswerten brachte und als Hauptergebnis eine Tabelle über Verwandtschaftsgrößen aller Ostwald zugänglichen Säuren (es waren zwölf!) enthielt<sup>4)</sup>. Die Doktor-Promotion fand Ende 1878 statt. Die Lehrtätigkeit erfuhr bald eine Ergänzung, die auf der Seite von Ostwalds musikalischer Einstellung lag (während der 10 Jahre seines Dorpatner Aufenthalts war er in einem Streichquartett als „Beherrschter der Bratsche“ tätig). Sein Chef A. v. Oettingen hatte aus Zeitmangel einen Teil seines Unterrichts in der Harmonielehre seinem musikalischen Privatdozenten übergeben. Zu den meist aus Damen bestehenden Lernlustigen gehörte auch ein Fr. Helene v. Reyher. Und gar bald übertrug sich die Harmonie der Töne auf die Harmonie zwischen Ostwald und der letztgenannten Hörerin; — im April 1879 nahm sie die Gestalt einer Verlobung an, der im Frühling 1880 die Hochzeit folgte. Damit wurde ein Ehestand begründet, dessen Harmonie und Glück nur der Tod Ostwalds unterbrechen sollte.

In Ostwalds Leben haben oftmals unscheinbare Geschehnisse eine entscheidende Rolle gespielt. Schon die bisher geschilderten Zufälligkeiten veranschaulichen diesen Einfluß auf sein persönliches Schicksal. Wenn es sich dabei um eine Persönlichkeit handelt, die befähigt ist, die Entwicklung der Wissenschaft richtunggebend zu beeinflussen, und wir müssen zugeben, daß auch solch eine Persönlichkeit ein Spielball der Zufälligkeiten ist, so könnten wir beinahe Fatalisten in bezug auf die Richtung und das Tempo der Entwicklung der Einzeldisziplinen werden. In Dorpat gab es verschiedene Stiftungen zur Weiterbildung von jungen Wissenschaftlern im Auslande (d. h. in Deutschland). Auch Ostwald bewarb sich (1879) um ein solches Reise-stipendium, das aber dem andern Bewerber (dem nachmaligen berühmten Physiologen Gustav Bunge) zugesprochen wurde. In der Rückschau auf sein Leben bekennt nun Ostwald offen, daß er dieses Fehlschlagen seiner Bewerbung nachträglich als einen besonderen Glücksfall ansehen müsse, da

<sup>3)</sup> Pogg. Ann. Ergänzungsband 8, 154 [1876].

<sup>4)</sup> s. a. Journ. prakt. Chem. [2] 16, 385 [1877], 18, 328 [1878].

bei der damaligen Vorherrschaft der organischen Chemie er „ganz und gar unter den Einfluß einer der damaligen chemischen Größen, z. B. Baeyers, geraten wäre.... so wäre ich selbst auch unfehlbar ein Organiker geworden“<sup>5)</sup>.

Das Jahr 1880 brachte Ostwald nicht nur einen eigenen Hausstand, sondern auch die Pflichten für die Beschaffung der pekuniären Mittel zur Erhaltung desselben. Wohl war das junge Heim bescheiden, — „eine Studentenbude, die notdürftig genug zur Familienwohnung eingerichtet war“<sup>6)</sup>, bescheiden waren auch die Ansprüche unseres jungen Gelehrten, der zeitlebens mäßig in seiner Lebenshaltung, enthaltsam im Trinken und voll „Abneigung gegen den übelriechenden Tabakteufel“ war<sup>7)</sup>. Um nun die kärglichen Einnahmen zu erhöhen, wurde Ostwald gleichzeitig Schullehrer an einer Dorpater Mittelschule, indem er in Chemie, Physik und darstellender Geometrie den Unterricht erteilte. Da erfolgte im Jahre 1881 die nächste große Wandlung in Ostwalds Leben: an dem Polytechnikum zu Riga war durch den Tod des Professors der Chemie der Lehrstuhl frei geworden, und nachdem zuerst Joh. Lemberg berufen worden war und verzichtet hatte, dann in gleicher Weise auch Gust. Bunge abgelehnt hatte, fiel die Wahl auf den kaum 28-jährigen Ostwald, der vom Privatdozenten unmittelbar in den Rigaschen Ordentlichen Professor überging! Damit waren nun die Jugend- und Lehrzeit 1853—1881 abgeschlossen, — im Labyrinth des Lebens gab es für Ostwald keine falsche Wegrichtung mehr: die Forscher-Laufbahn lag klar vor ihm!

Wenn wir im folgenden es unternehmen, die Gesamtleistungen Ostwalds während des Halbjahrhunderts 1882—1932 zu schildern, so sind wir uns der Schwierigkeiten voll bewußt. Zu allererst ist es die Vielheit und Vielgestaltigkeit dieser Leistungen, dann aber die weit zurückliegende Zeit der Entstehung derselben, eine Zeit, für deren Probleme die moderne Generation in der Rückschau nur ein verkleinertes Vorstellungsbild hat. Ein Goethe-Spruch besagt: „Der Alte verliert eines der größten Menschenrechte: er wird nicht mehr von seinesgleichen beurteilt“. Wir wollen uns bemühen, dieses Menschenrecht wenigstens insofern auch Ostwald gegenüber walten zu lassen, als wir seinen wissenschaftlichen Leistungen eine ausführlicher gehaltene Schilderung widmen.

#### In Riga 1882—1887.

Die Übernahme der Professur an der Rigaer Hochschule brachte Ostwald ein neuartiges umfangreiches Arbeitspensum, da er den Vortrag der ganzen Chemie und den praktischen Unterricht im Laboratorium in seiner Person vereinigte. Die jugendliche Begeisterung und Umstellungsfähigkeit ließ ihn bald alle anfänglichen Schwierigkeiten überwinden und machte ihn zu einem beliebten Lehrer für die Hunderte von Chemikern<sup>8)</sup>. Neben der akademischen Tätigkeit entfaltete er auch eine rege experimentelle und eine hervorragende literarische. Die Untersuchungen über die chemische Verwandtschaft hatten bereits in Dorpat durch die Verwendung chemischer Methoden eine Erweiterung erfahren, indem in Wasser unlösliche Salze (z. B. Zinksulfid, Erdalkalioxyde und -oxalate) in verschiedenen Säuren gelöst

<sup>5)</sup> Lebenslinien I, 148.      <sup>6)</sup> Lebenslinien I, 157.      <sup>7)</sup> Lebenslinien I, 212.

<sup>8)</sup> vergl. a. P. Walden, W. Ostwald, Leipzig 1904.

wurden<sup>9)</sup>. Hierbei wurde die sogenannte „Neutralsalz-Wirkung“ entdeckt (1879/80). Die Übersiedlung nach Riga brachte eine neue Umgestaltung dieser Affinitätsmessungen: Die bisherigen statischen oder Gleichgewichts-Methoden wurden durch dynamische oder Geschwindigkeits-Methoden ersetzt (1882). Diese Serie trägt den Titel „Studien zur chemischen Dynamik“. Gleich die I. Abhandlung<sup>10)</sup> bringt einen klassischen Apparat für konstante Temperaturen, den Ostwaldschen Windmühlen-Thermostaten, in welchem die Umwandlung des Acetamids durch Säuren als eine Zeitreaktion gemessen wird. Die II. Abhandlung<sup>11)</sup> behandelt die Hydrolyse des Methylacetats durch anorganische und organische Säuren bei 25°. Bewußt wird hervorgehoben, daß es sich um Vorgänge handelt, die in „Wasser allein außerordentlich langsam“ verlaufen, „sowie dagegen ein Stoff, welcher zu einem der entstehenden Produkte Verwandtschaft hat, also eine Säure oder Basis (z. B. im Falle der Umbildung des Acetamids) anwesend ist, vollzieht sich die Reaktion mit einer Geschwindigkeit, die von der Temperatur, der Verdünnung und von der Natur des „prädisponierenden“ Stoffes abhängig ist“. Noch eindeutiger werden die Verhältnisse bei der von Ostwald entdeckten katalytischen Verseifung des Methylacetats durch Säuren (II. Abhandl.), dieser Vorgang wird direkt als ein „katalytischer“ bezeichnet und dabei betont: „Die Menge der hinzugesetzten Säure erleidet dabei keine Veränderung; wir haben es somit mit einer wohl charakterisierten „Kontaktwirkung“ zu tun“. Die erhaltenen „spezifischen Affinitätskonstanten der Säuren“ gruppieren sich wieder größtenteils in die gleiche Reihenfolge, wie sie die früheren statischen Methoden ergeben hatten, und der Charakter der Affinitätszahlen stellt sich als derjenige von Naturkonstanten dar. Ostwald ist dadurch befähigt, schon im voraus zu behaupten, daß auch die Inversionsgeschwindigkeit des Rohrzuckers im gleichen Sinne von diesen Affinitätsgrößen der Säuren geregelt werden wird (erst 1884 und 1885 vermag er in der III. und IV. Abhandlung den tatsächlichen Beweis dafür zu erbringen<sup>12)</sup>).

Fragt man nun heute, welchen Widerhall diese Affinitätsforschungen des so arbeitseifigen jungen Chemikers bei den Wissenschaftlern fanden, so ist darauf zu antworten, daß nur die wenigen theoretischen Chemiker sie durchaus hoch bewerteten; so widmet ihnen Lothar Meyer in seinem klassischen Buch „Moderne Theorien der Chemie“ eine ausführliche Darstellung<sup>13)</sup>. Während unter den führenden „Organikern“ H. Kolbe den Arbeiten Ostwalds nicht nur in seinem „Journal“ eine willige Aufnahme gestattet hatte und Ostwald sogar bei der Herausgabe seines „Lehrbuches der allgemeinen Chemie“ behilflich gewesen war<sup>14)</sup>, erteilte dagegen A. v. Kekulé bei einem persönlichen Besuch Ostwalds (1883) den Rat: „... geben Sie die Sache auf. Ich habe vor Jahren dreimal vierundzwanzig Stunden ununterbrochen darüber nachgedacht und mich überzeugt, daß da nichts zu machen ist“<sup>15)</sup>.

<sup>9)</sup> „Chemische Affinitätsmessungen“, I. Abh. 1879, II. 1880, III., IV. und V. Abh. 1885. <sup>10)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 27, 1 [1883].

<sup>11)</sup> ebenda [2] 28, 449 [1883].

<sup>12)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 29, 385 [1884], 31, 307 [1885].

<sup>13)</sup> vergl. V. Aufl., S. 452 ff., 504—536 [1884]; s. a. Ostwalds Lebenslinien I, 199.

<sup>14)</sup> vergl. Lebenslinien I, 159, s. a. 191. <sup>15)</sup> Ostwalds Lebenslinien I, 197.

Die V. Abhandlung dieser Serie betraf die „Affinitätsgrößen der Basen“, mit Hilfe der Verseifung von Essigester<sup>16)</sup>, während die VI. Abhandlung „Über Oxydations- und Reduktionsvorgänge“ den Nachweis erbrachte, daß auch alle diese Vorgänge „durch die Gegenwart freier Säuren proportional deren Affinitätskoeffizienten beschleunigt“ werden<sup>17)</sup>. Wiederum regt ihn dies zum Nachsinnen an, und vorausahnend sagt er (l. c.): „Die Affinitätskoeffizienten erhalten (dadurch) eine Bedeutung, welche weit über das bisher für sie in Anspruch genommene, bereits recht ausgedehnte Gebiet hinausgreift. Ferner wirft die erwähnte allgemeine Tatsache ein neues Licht auf das Wesen der „katalytischen“ Vorgänge, ja der chemischen Vorgänge überhaupt“. Gleichzeitig wird (an Hand der Reduktion von Bromsäure durch Jodwasserstoff) sowohl die stark beschleunigende Wirkung (z. B. durch Ferrosalze, Kupferchlorid, Vanadinsäure usw.), als auch die stark verzögernde Wirkung (z. B. durch Cadmiumsalze) dargetan.

Inzwischen war ein von den wissenschaftlichen Zeitgenossen nicht beachtetes Werkchen erschienen, das bestimmt war, eine Revolution in der Chemie einzuleiten: es war Svante Arrhenius' Doktor-Dissertation „Recherches sur la conductibilité des électrolytes“ (Stockh., 1884). Hier fand sich die These: „Eine Säure ist um so stärker, je größer ihr Aktivitätskoeffizient (molekulares Leitvermögen) ist“. Griff nicht dieses hinein in Ostwalds Gedanken- und Arbeitswelt? Hatte er nicht (seit 1879) seine „Chemischen Affinitätsbestimmungen“ an zahlreichen Vorgängen und Säuren durchgeführt? Ostwald erfaßte sofort die Tragweite der neuen Methode, schritt sogleich an die Beschaffung der elektrischen Meßinstrumente und an die Ausführung der Leitfähigkeitsmessungen, für welche ihm die Säuren von den früheren Untersuchungen reichlich zur Verfügung standen<sup>18)</sup>. „Unter immer stärkerem Herzklopfen fand ich eine Zahl nach der anderen der Voraussage und Erwartung entsprechend.... Das Gesamtergebnis war, daß hier ein Weg eröffnet war, auf welchem die von mir bisher nach mühsamen Verfahren gesuchten Affinitätszahlen fast in ebensoviel Minuten gefunden werden konnten, als ich früher Tage auf ihre Messung verwenden mußte“, so bekennt es Ostwald in seinen „Lebenslinien“<sup>19)</sup>.

Damit vollzog sich ein tiefgehender Eingriff in Ostwalds Denk- und Arbeitsweise; wohl als Erster erkannte und bekannte er die wissenschaftliche Tragweite der Arrheniusschen Ideen<sup>20)</sup>, und indem er Arrhenius gleichsam entdeckte, wurde er (Sommer 1884) zu einer persönlichen Bekanntschaft mit Arrhenius in Upsala veranlaßt, aus welcher sich eine Schar von gemeinsamen Arbeitsproblemen, ein dauernder Freundschaftsbund und folgeweise eine neue Epoche der wissenschaftlichen Elektrochemie ableiteten.

Im schnellen Schritt ging es vorwärts. Es erschienen Ostwalds „Elektrochemische Studien“; die I. Abhandlung betraf „die elektrische Leitfähigkeit der Säuren<sup>21)</sup>, sie erbrachte für 33 Säuren den experimentellen Beweis, daß tatsächlich (die vorhin erwähnte) enge Beziehung (Proportionalität) zwischen den Affinitäts-Eigenschaften der Säuren und ihrer Leistungsfähigkeit besteht. Die II. Abhandlung war dem

<sup>16)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 35, 112 [1885].

<sup>17)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 2, 127 [1888].

<sup>18)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 30, 93 [1884].

<sup>19)</sup> I, S. 220 [1926].

<sup>20)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 30, 93 [1884].

<sup>21)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 30, 225 [Herbst 1884].

„Verdünnungsgesetz“ gewidmet<sup>21a)</sup>), die (in willkürlichen Einheiten ausgedrückten) Leitfähigkeiten veränderten sich mit zunehmender Verdünnung nahezu im Sinne von  $\log \cdot \tan m$ . Abhandlung III betrifft das wichtige Problem „Über den Einfluß der Zusammensetzung und Konstitution der Säuren auf ihre elektrische Leitfähigkeit<sup>22)</sup>: es werden etwa 120 Säuren bis zu Verdünnungen  $v = 8192$  1 hinauf konduktometrisch geprüft und im obigen Sinne ausgewertet. Die IV. Abhandlung über „Die elektrische Leitfähigkeit der Basen“<sup>23)</sup> gibt nunmehr in den (Kohlrauschschen) Quecksilber-Einheiten die Leitfähigkeiten von 24 Basen.

Als fünfte Abhandlung aus der Gruppe der „Elektrochemischen Studien“ erscheint die Untersuchung „Über das Gesetz von Kohlrausch<sup>24)</sup>. Es ergibt sich, daß die Neutralsalze der starken und der schwachen Säuren sich in völlig vergleichbaren Zuständen befinden, sowie daß aus der Leitfähigkeit der Neutralsalze sich das Maximum der Leitfähigkeit ihrer freien Säuren ermitteln läßt, ferner, daß im Verdünnungsintervall  $v = 32$  bis 10241 die molare Leitfähigkeit der Natriumsalze einbasischer Säuren um 10—13 Einheiten (bei 25°), der zweibasischen Säuren um etwa 19—23 Einheiten zunimmt. In der VI. Abhandlung wird weiteres experimentelles Material „Über die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Ionen und ihrer Wanderungsgeschwindigkeit“ beigebracht<sup>25)</sup>, während eine Sonderuntersuchung an den Natriumsalzen 1—5-basischer Säuren im Verdünnungsgebiet  $v = 32$ —1024 die Zunahme  $\Delta = (\lambda_{1024} - \lambda_{32}) = n \times 10$  ergibt, wenn n die Basizität der Säure bedeutet<sup>26)</sup>. Gleichzeitig teilt Ostwald<sup>27)</sup> diejenigen „Apparate zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Elektrolyten“ mit, welche er ausgearbeitet und ausprobiert hat, und welche die leichte Verwendbarkeit dieser Leitfähigkeitsmessungen in physikalisch-chemischen Laboratorien ermöglicht und Jahrzehnte hindurch bestimmt haben. Parallel werden Untersuchungen über das „Kompensations-Elektrometer“ (1887), sowie Studien zur Kontakt-elektrizität (1887) veröffentlicht.

In die Rigaer Zeit Ostwalds fallen noch zwei literarische Schöpfungen, die bahnbrechend werden sollten, nämlich die Herausgabe des „Lehrbuches“ und die Begründung der „Zeitschrift“. Das „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ wurde in Riga verfaßt; der erste, mit der Jahreszahl 1885 bezeichnete Band erschien in den Jahren 1883 und 1884, während der II. Band (mit der Jahreszahl 1887 gedruckt) in den nächsten Jahren handschriftlich fertiggestellt wurde. Die beständige glückliche Erregung des Verfassers über das Fortschreiten seines Werkes übertrug sich auch auf die Darstellungsweise, und von dieser wiederum auf die Leser, so daß der Erfolg des „Lehrbuches“ ein eindeutiger und großer war. Die Fülle des bearbeiteten experimentellen und theoretischen Materials war bewundernswert, und die Bearbeitung ließ überall die großen und zusammenfassenden Gesichtspunkte erkennen. Die Darstellung war historisch-kritisch, bedingte daher vielfach Neuberechnungen der älteren Experimentalwerte, Umgestaltungen der theoretischen Grundlagen der früheren Forscher und erstmalige Zusammenfassungen getrennter

<sup>21a)</sup> Journ. prakt. Chem. [2] 81, 433 [1885].

<sup>22)</sup> ebend. 82, 300 [1885].

<sup>23)</sup> ebend. 38, 352 [1886].

<sup>24)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 1, 74, 97 [1887].

<sup>25)</sup> I. c. 2, 840 [1888].

<sup>26)</sup> I. c. 2, 901 [1887]; vergl. auch P. Walden, ib. 1, 529 [1887] und 2, 49 [1888], sowie G. Bredig, ib. 18, 191 [1894]; „Ostwald-Walden-Bredig-Regel“.

<sup>27)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 2, 561 [1888].

Forschungsgebiete. Dabei wurden gelegentlich schon Zusammenhänge erkannt, die erst später durch unabhängige Experimentalforschungen als Gesetzmäßigkeiten Allgemeingut wurden, so z. B. bei der Umrechnung der alten Daten Wüllners (1856) über den Dampfdruck der Salzlösungen<sup>28)</sup>. Der zweite Band führt den Untertitel „Verwandtschaftslehre“ und behandelt die Thermochemie, wobei die zerstreuten Zahlenangaben neuberechnet und die Verdienste von G. H. Hess ins rechte Licht gerückt werden, dann die Photochemie und die Elektrochemie, und abschließend die chemische Verwandtschaft. Dieser „mit ganz besonderer Liebe“ behandelte Teil sollte darin, „daß eine Theorie der chemischen Verwandtschaft sich gegenwärtig (d. h. 1886) schon in weitem Umfange durchführen läßt“, und als den wesentlichsten Punkt seiner Arbeit an dem Gebäude der „chemischen Mechanik“ hält Ostwald den folgenden Nachweis: „Das Gesetz der Massenwirkung, die mechanische Wärmetheorie und die kinetische Molekulartheorie führen alle zu den gleichen allgemeinen und besonderen Formeln der chemischen Mechanik und gewähren dem Gebäude derselben eine dreifache Sicherheit“.

Die zweite große organisatorische Tat von Riga aus war die Gründung einer eigenen „Zeitschrift für physikalische Chemie“; denn nach der glücklich vollzogenen Sammlung des bisherigen Bekannten und der bewußten Hinweise auf das Lückenlose und Entwicklungsfähige, wie es durch das „Lehrbuch“ geschehen war, ergab sich zwangsläufig die Frage nach einem geeigneten Sammelpunkt für die Weiterbildung dieser ausgestreuten Keime und für die neu entstehenden Arbeiten. Gewiß, es „wird das Selbständigenwerden eines neuen Wissenschaftsbereiches durch das zugehörige Buch zwar ermöglicht, gesichert aber erst durch die entsprechende Zeitschrift“<sup>29)</sup>. Es bedurfte des Optimismus eines Dreißigjährigen, um, entgegen den wohlgemeinten Bedenken eines H. Landolt und L. Meyer, die Unternehmung zu wagen<sup>30)</sup>. Und so erschien in dem Verlage von Engelmann in Leipzig am 15. Februar 1887 das erste Heft der neuen Zeitschrift, die Herausgeber sind Wilh. Ostwald und J. H. van't Hoff, als Mitwirkende werden auf dem Titelblatte namentlich aufgeführt: J. W. Brühl, H. Horstmann, H. Landolt, L. Meyer, O. Lehmann, V. Meyer, L. Pfaundler, sowie die französischen Forscher Berthelot, Le Chatelier, F. M. Raoult, die englischen Carnelley, W. Ramsay und F. E. Thorpe, dann die skandinavischen Guldberg und Waage, Nilson und Pettersson, J. Thomsen, sowie die russischen D. Mendelejeff und N. Menschutkin, aus Italien ist R. Schiff genannt. Es erscheint überflüssig, heute etwas über die Lebensnotwendigkeit und Wirkungsstärke dieser Zeitschrift zu sagen, nachdem sie inzwischen auf 160 Bände angewachsen ist, — hat sich doch, infolge der Entwicklung der physikalischen Chemie, neben dem alten und klassischen Stamm noch ein junges kräftiges Reis — als Abteilung B (seit 1928) unter dem Nebentitel „Chemie der Elementarprozesse: Aufbau der Materie“ — angegliedert!

Ostwald hat bis zum Jahre 1922 sich als Herausgeber seiner „Zeitschrift“ betätigt, um in deren 100. Bande mit einem Artikel „Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie“<sup>31)</sup> einen Abschied auch als Mit-

<sup>28)</sup> Lehrbuch I, 405.

<sup>29)</sup> Lebenslinien II, 313.

<sup>30)</sup> Lebenslinien I, 241.

<sup>31)</sup> Bd. 100, 1—8 [1922].

arbeiter zu nehmen. Schon früher hatte R. Luther als geschäftsführender Herausgeber gewirkt (1906–1908), dann war C. Drucker als solcher tätig (seit 1913), und von 1922 ab liegt die Herausgabe der Zeitschrift in den Händen von M. Bodenstein und C. Drucker. Es sei noch erwähnt, daß Ostwald seiner Zeitschrift eine besondere Note durch seine Referate und Bücher-Besprechungen verliehen hatte; wie einst in den Jahresberichten von Berzelius, dessen Urteil teils ersehnt, teils gefürchtet war, so haben auch Ostwalds Referate und Kritiken eine nachhaltige Wirkung ausgeübt. Im Jahre 1903 konnte ich den Umfang dieser Tätigkeit Ostwalds während der Jahre 1887–1903 zahlenmäßig veranschaulichen, indem ich rund 3880 Referate und etwa 890 Bücher-Besprechungen zählte! Aus dieser Tätigkeit flossen Ostwald neue Anregungen zu, und manche neuen Begriffsbildungen, neuere Arbeitspläne usw. fanden in den Referaten ihren erstmaligen Ausdruck, doch auch nach außen wirkten diese ideenreichen Referate klarend und anregend.

Die Rigaer Zeit brachte neben den geschilderten literarischen Schöpfungen (Lehrbuch und Zeitschrift), sowie neben den eigenen Forschungs-Ergebnissen noch einen dritten Gewinn: Dieser ergab sich aus der Notwendigkeit, den chemischen Unterricht an der Hochschule neu zu gestalten, sowie ein entsprechendes chemisches Unterrichts-Laboratorium zu bauen und einzurichten (1885). Insgesamt kann man den mit der Rigaer Hochschule verknüpften Lebensabschnitt Ostwalds als einen außerordentlich fruchtbaren und für seine Entwicklung bedeutsamen bezeichnen, da er hier zuerst seine organisatorischen Fähigkeiten als Wissenschaftler und Lehrer gebrauchen lernte, in der erfolgreichen Durchführung dieser Doppelaufgaben sich einen Prüfstein für sein verfügbares geistiges und physisches Kräftequantum schuf und nunmehr mit gestärktem eigenen Bewußtsein neuen höheren Zielen und einem erweiterten Wirkungskreis entgegensehen durfte. Das neue Arbeitsfeld eröffnete sich ihm durch die Berufung auf den Lehrstuhl der physikalischen Chemie an der Universität Leipzig im Jahre 1887.

#### Die Leipziger Periode (1887–1906).

Wie seinerzeit bei der Berufung des 28-jährigen Privatdozenten auf den Rigaer Lehrstuhl eine Reihe von Zufällen Ostwalds Schicksal günstig beeinflußte (die zuerst berufenen Konkurrenten J. Lemberg und G. Bunge lehnten ab), so erfolgt auch die Berufung der 34-jährigen Rigaers Professors nach Leipzig als eine Folge der Absage von H. Landolt, Cl. Winkler und J. H. van't Hoff<sup>32)</sup>.

Die Aufgaben des neuen Amtes trugen im allgemeinen das Merkmal der Rigaer Pflichten, nur bedingten die gleichartigen Anforderungen und Leistungen einen anderen Umfang und eine andre Niveauhöhe. Wiederum galt es, einen neuen Laboratoriums-Unterricht zu organisieren, für diesen aber auch ein entsprechendes Institut herzurichten und die geeigneten Unterrichtsmittel zu konstruieren. Dazu gehörten die erforderlichen physikalisch-chemischen Meßinstrumente, Apparate usw., dazu gehörten aber auch entsprechend ausgewählte Übungsaufgaben und Themen für Doktor-Dissertationen, sowie für wissenschaftliche Forschungsarbeiten überhaupt. Ein

<sup>32)</sup> Die dramatische Schilderung der Berufungs-Angelegenheit findet sich in Ostwalds Lebenslinien, I. Bd., 251, II. Bd., 1 ff.

glücklicher Stern waltete über der neuen Arbeitsstätte auch hinsichtlich des geistigen Formats der ersten Mitarbeiter bzw. Assistenten Ostwalds. Aus der stolzen Schar derselben, die nachher Meister der physikalischen Chemie wurden, nennen wir nur die Namen: W. Nernst, als ersten Assistenten (1887; Priv.-Doz. 1889), dem sich (1888) Sv. Arrhenius beigesellte, gleichzeitig weilte G. Tammann dort; es folgten M. Le Blanc (1891 Priv.-Doz., 1895 a. o. Prof.), Rob. Luther (1898 Priv.-Doz., 1904 etatsmäßiger a. o. Professor, 1901—1906 Subdirektor des Ostwaldschen Instituts), M. Bodenstein (1900 in Leipzig umhabilitiert, 1904 daselbst a. o. Pof.), G. Bredig (1901 Priv.-Doz.), C. Drucker (1905 Priv.-Doz.), H. Freundlich (1906 Priv.-Doz.). Für die analytische Chemie stand ihm Jul. Wagner (seit 1901 a. o. Prof.) zur Seite, nachher war es W. Böttger (1903 Priv.-Doz.), während die pharmazeutische Chemie, die ebenfalls dem Ostwaldschen Institut angegliedert war, in Ernst Beckmann (1887), nachher in Th. Paul (1891) fachmännische Assistenten besaß. Zeitweilig (1902—1903) war hier auch Alwin Mittasch — nach Beendigung seiner Doktor-Arbeit über das Nickelcarbonyl (1902) — als Assistent tätig.

Und so begann in den bescheidenen Räumen des Leipziger Instituts an der Brüderstraße 34 eine Lehr- und Forschungstätigkeit, die an Erfolgen und Reichweite, an grundsätzlicher Bedeutung und praktischer Auswirkung, zumal im Hinblick auf die verhältnismäßig kurze Zeitspanne 1887—1906, nur wenige Vergleichsmaße hat. Wenn wir zu Liebigs historischen Verdiensten die Schaffung des wissenschaftlichen chemischen Unterrichts überhaupt zählen, so ist unzweifelhaft Ostwalds bleibendes Verdienst in der Chemie-Geschichte die Schaffung der physikalisch-chemischen Unterrichtsmethode. Und wenn der Beginn und Aufschwung der deutschen chemischen Industrie ursächlich mit dem Gießener Liebig-Laboratorium verknüpft wird, so darf die Neuorientierung derselben Industrie, namentlich nach der anorganisch-synthetischen Richtung hin, zweifelsohne mit der von Ostwalds Leipziger Institut ausgehenden Befruchtung durch die physikalisch-chemischen Denk- und Arbeitsmethoden verknüpft werden, insbesondere mit Rücksicht auf die chemische Gleichgewichtslehre und die katalytischen Erscheinungen, sowie auf die große Zahl der aus dem Leipziger Institut hervorgegangenen und wissenschaftlich durchgegeistigten Schüler, die nachher technische Führer wurden.

Von der Mannigfaltigkeit und der Intensität des Schaffens dieses Leipziger Instituts (in der Brüderstraße) aus der Anfangszeit gibt uns eine anschauung das Werk: „Arbeiten des Physikalisch-chemischen Instituts der Universität Leipzig aus den Jahren 1887—1896; 4 Bände.“ Daß diese Arbeiten an Quantität und Qualität so hoch standen, hatte seinen tieferen Grund einmal in der Natur der Aufgaben, die sich in überreicher Fülle aus den beiden Lösungstheorien — der osmotischen und der elektrolytischen — ergaben, dann aber in der Natur Ostwalds selbst, der als ein wissenschaftlicher Romantiker für die Dinge, die er seinen Schülern aus seinem Denkgebiet zur Bearbeitung überwies, „mit Begeisterung erfüllt“ war. Dabei hatte er „von vornherein den Grundsatz durchgeführt, daß die Forschungsarbeit der Fortgeschrittenen eine gemeinsame Angelegenheit sei“<sup>33)</sup>,

<sup>33)</sup> Lebenslinien II, 276.

und so stellte sich das ideale und glückliche Verhältnis ein, „bei welchem ein jeder Teil gibt und nimmt, zu gegenseitiger Förderung und Freude“<sup>34).</sup>

Wenn demnach die Ideen und wissenschaftlichen Anregungen in lebendigem Strom von Ostwald ausgingen, er auch den Fortgang des experimentellen Teils dauernd verfolgte und geistig beeinflußte, so überließ er doch den Erfolg der Untersuchung und die Ehre des Gefundenen dem jungen Mitarbeiter allein. Diese hochherzige Wesensart Ostwalds verdient wohl besonders betont zu werden, namentlich wenn es sich darum handelt, seinen persönlichen geistigen Anteil an den wissenschaftlichen Funden seiner Leipziger Mitarbeiter und Schüler gerecht abzuschätzen. Und so gingen hervor, neben Ostwalds eigener Ableitung und vorbildlicher Prüfung des „Verdünnungsgesetzes“ (1888): W. Nernsts Osmotische Theorie der galvanischen Elemente, E. Beckmanns Kryoskopische und ebulioskopische Methoden der Molekulargewichts-Bestimmungen, M. Le Blancs Untersuchungen über Zersetzungsspannungen usw. Im neuerrichteten Physikalisch-chemischen Institut entstanden unter dem Zeichen der Katalyse z. B. G. Bredigs Untersuchungen über anorganische Fermente (1899/1901), M. Bodensteins Untersuchungen über Wasserstoff-Sauerstoff-Katalyse am Platin (1903 ff.), über Kontakt-Schwefelsäure usw.; auch dessen vorbildliche „Gasreaktionen in der chemischen Kinetik“ (1900) sind durch Ostwalds Referate beeinflußt worden.

Goethe hat gelegentlich gesagt: „Die höchste Wirkung des Geistes ist, den Geist hervorzurufen.“ Dieses Wort möchten wir auch auf Ostwald und seine Mitarbeiter bzw. Schüler anwenden, denn nur so würde sich ungezwungen die außerordentliche Tatsache erklären, daß aus Ostwalds Leipziger Schule, innerhalb der Jahre 1887—1906, allein 60—70 Männer als Hochschul-Professoren in alle Teile der Welt hinausgegangen sind<sup>35).</sup> Welch eine gewaltige Kulturleistung überhaupt und welch eine Rückwirkung auf die internationale Wertgeltung der deutschen Wissenschaft eine solche Ostwald-Schule darstellt, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden.

Die Bedürfnisse des Unterrichts und die Lehrerfahrungen Ostwalds führten ihn zwangsläufig auch zu einer erhöhten literarischen Tätigkeit, nämlich zur Herausgabe von Büchern, welche seinem Unterricht auf dem Katheder und im Laboratorium angepaßt sein mußten. So erschien zuerst sein „Grundriß der allgemeinen Chemie“ (I. Aufl. 1889, VII. Aufl. 1923). Es folgte das „Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikalisch-chemischer Messungen“ (I. Aufl. 1893; nachher mit R. Luther und Drucker herausgegeben, V. Aufl. 1930). Im Jahre 1894 folgte das bahnbrechende Buch „Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie“ (VII. Aufl. 1920; das Werk erlebte Übersetzungen in 7 fremde Sprachen). Die Beschäftigung mit der anorganischen Chemie führte zur Herausgabe der „Grundlinien der anorganischen Chemie“ (I. Aufl. 1900, V. Aufl. 1922). Inzwischen ergab sich die Notwendigkeit einer Neuauflage und Umarbeitung des „Lehrbuches der allgemeinen Chemie“ (2. Aufl., I. Bd. 1891, II. Bd. (unvollendet), 1893, 1906—1911). Gleichzeitig werden „Willard Gibbs' Thermodynamische Studien“ übersetzt (1892). Wiederum andersgeartete geistige Interessen führen Ostwald zu dem umfassenden

<sup>34)</sup> I. c., S. 416.

<sup>35)</sup> vergl. a. Lebenslinien II, 434.

historisch-kritischen Werk „Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre“ (1894/96); doch schon vorher hat er als Ergänzung zur wissenschaftlichen Ausbildung der jüngeren Chemiker, im Hinblick auf das Fehlen des historischen Sinnes und den Mangel an Kenntnissen der großen Quellenschriften, die Herausgabe der „Klassiker der exakten Naturwissenschaften“ (seit 1889) begründet, indem er als erstes Heftchen Helmholtz „Über die Erhaltung der Kraft“ mit Anmerkungen herausgab und für die inzwischen erschienenen 232 Nummern dieser Klassiker die Richtlinien schuf. Er selbst hat manchen vergessenen Großen wieder in das Bewußtsein der Gegenwart gerückt, indem er ihn in diese Klassiker einreihte, z. B. Hittorf, Hess, Wilhelmy, Scheele, Gay-Lussac usw.

Dann schreibt er noch das eigenartige Buch „Prinzipien der Chemie: Eine Einleitung in alle chemischen Lehrbücher“ (1907), eine Chemie ohne Stoffe, in Gestalt eines rationellen wissenschaftlichen Systems. Wieder anders gestaltet ist die „Einführung in die Chemie“ (1910, III. Aufl. 1922). Als „Erste Einführung in die Chemie für jedermann“ wird die „Schule der Chemie“ geschrieben (I. Aufl. in 2 Teilen, 1903/04, IV. Aufl. 1919). Endlich das Werk „Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft“ (1919), mit den wichtigen Abschnitten über Mitteilung neuer Forschungsergebnisse, Ordnung der wissenschaftlichen Einzelheiten, Lehrbücher, chemische Systematik, Organisationstechnik, gleichsam eine Quersumme seiner langjährigen Erfahrungen als Autor, Lehrer und Forscher. Neben den vielfachen deutschen Neuauflagen der meisten unter den genannten Werken erschienen noch zahlreiche fremdsprachige Ausgaben derselben und machten sie zu Standard-Werken der chemischen Weltliteratur, an denen ganze Generationen sich unterrichtet haben.

In allen seinen Schriften tritt uns Ostwald als ein Meister des Stils und der Begriffsbildung entgegen; als im Jahre 1904 seine Ehrenpromotion in Cambridge stattfand, wurde ihm nachgerühmt, daß er in seinen Reden und Schriften, „deutschen Tiefsinn mit französischer Klarheit verbinde“. Daß bei seinem internationalen Ruhm auch die Ehren ihm reichlich zuflossen, sei nebenher erwähnt: Ostwald war Ehrendoktor deutscher, schweizer, englischer und amerikanischer Universitäten, sowie Mitglied der meisten wissenschaftlichen Akademien und gelehrten Gesellschaften der Welt. Mit Liebig konnte er von sich sagen: Würde man von Ehren fett werden, so müßte ich einen Bauch haben, wie ein Lord-Mayor!

Das Jahr 1887 kann als das eigentliche Geburtsjahr der klassischen physikalischen Chemie bezeichnet werden. Den Ausgangspunkt bildet die Idee, daß verdünnte Lösungen eine vollständige Analogie mit den Gasen bilden. Es ist J. H. van't Hoff's Untersuchung über „die Rolle des osmotischen Druckes in der Analogie zwischen Lösungen und Gasen“<sup>36)</sup>, welche wie ein geistiger Krystallisationskeim wirkt, indem sie neben der osmotischen Lösungstheorie mit dem Gesamtausdruck der Boyle-, Gay-Lussac- und Avogadroschen Gesetze  $A.P.V = 2T$  noch Abweichungen von Avogadro's Gesetz und den Ausdruck  $A.P.V = 2iT$  bringt ( $i > 1$ ). Unabhängig entwickelt M. Planck<sup>37)</sup> unter Anwendung der Thermodynamik die gleiche Analogie; auch er führt die Konstante  $i$  („Zersetzungskoeffizient der gelösten

<sup>36)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 1, 481 [1887].

<sup>37)</sup> ib. 1, 577 [1887]; s. a. Wied. Ann. 32, 499 [1887].

Moleküle“) ein. Unmittelbar an J. H. van't Hoff's Untersuchung schließt sich Svante Arrhenius<sup>38)</sup> an, indem er in seiner klassischen Arbeit „Über die Dissoziation der in Wasser gelösten Stoffe“ jene Abweichungen (mit  $i > 1$ ) auf die bei Elektrolyten eingetretene Spaltung in freie Ionen zurückführt und die zahlenmäßige Übereinstimmung der aus den Gefrierpunktmessungen erhaltenen Werte  $i$  (= beob. Gefrierpunktserniedrigung/theoret. Gefrierpunktserniedrigung) mit den aus den Leitfähigkeitswerten  $\lambda_v$ , mit Hilfe der „Aktivitätskoeffizienten“  $\alpha$  (= Dissoziationsgrad =  $\lambda_v/\lambda_\infty$ ) berechneten Werten  $i_F = 1 + (n-1)\alpha$  nachweist ( $n$  ist die Anzahl Ionen, in welche jeder Elektrolyt sich spaltet).

Hier ist nun die breite Angriffsfläche, wo Ostwald mit seiner Leipziger Schule, als großer Organisator und unermüdlicher Vorkämpfer, durch Experimentalforschungen, Begriffsbildungen und Verallgemeinerungen in Erscheinung tritt und die neuen Theorien in einem Jahrzehnt zum Dauergut der Wissenschaft macht. Als erstes Problem behandelt Ostwald das Verhalten und die Einordnung der von ihm schon vorher (seit 1884) eingehend untersuchten Säuren und Basen, die vorwiegend sich als schwache Elektrolyte erwiesen hatten — hatte doch auch Arrhenius z. B. für die organischen Carbonsäuren den  $i$ -Wert nur wenig von 1 abweichend angegeben. Da die empfindliche Leitfähigkeitsmethode auch für schwache Elektrolyte bei der molaren Verdünnung  $v$  messbare Werte  $\lambda_v$  des Molekularleitvermögens liefert, andererseits der Grenzwert  $\lambda_\infty$  unschwer (s. o.) ermittelt werden kann, so ist der dissozierte Bruchteil  $\lambda_v/\lambda_\infty = \alpha$  experimentell bestimmbar, und  $\alpha/v$  stellt den in der Raumeinheit enthaltenen Anteil dieser Ionen dar, während  $(1-\alpha)/v$  die aktive Masse des nicht-dissozierten Anteiles ausdrückt. Wenn diese Forderung der Arrheniusschen Theorie richtig ist, dann müssen auch auf dieses System die für Gase ermittelten Dissoziationsgesetze Geltung haben. Und so leitet denn Ostwald<sup>39)</sup> sein Gesetz („Ostwalds Verdünnungsgesetz“) ab:

$$(\lambda_\infty - \lambda_v) \lambda_\infty / \lambda_v^2 \cdot v = \text{Konst.} = c.$$

„Diese Gleichung muß, wenn die Dissoziationstheorie der Elektrolyte richtig ist, das gesamte Verhalten der elektrischen Leitfähigkeit binärer Elektrolyte ausdrücken“<sup>40)</sup>. Die Prüfung dieser Gleichung wird vorerst an fünf Carbonsäuren im Verdünnungsintervall  $v = (2) 4$  bis 1024 l vollzogen; gleichzeitig wird auf die in größeren Konzentrationen notwendigen Korrekturen für das Molekularvolum  $v'$  des gelösten Stoffes ( $v' = v - b$ ) und die Viscosität  $\eta$  der Lösung ( $\lambda' = \lambda \cdot \eta$ ) hingewiesen. Unabhängig hat auch Planck<sup>41)</sup> aus Arrhenius' Theorie die gleiche Schlußfolgerung wie Ostwald gezogen, und J. H. van't Hoff und L. Th. Reicher<sup>42)</sup> liefern eine glänzende Bestätigung, indem sie an 6 Säuren im Verdünnungsintervall von  $v = 1$  bis 15000 bis 20000 l das Gesetz prüfen. Beide Forscher kommen zu dem folgenden Schluß: „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“.

<sup>38)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 1, 631 [1887].

<sup>39)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 2, 36, 270 [1888].

<sup>40)</sup> 1. c., S. 277.

<sup>41)</sup> Wied. Ann. 34, 147 [1888].

<sup>42)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 2, 777 [1888].

Ostwald selbst vollzieht die Prüfung seines Verdünnungsgesetzes in einer vorbildlich gewordenen Experimentalarbeit, die den Titel führt: „Über die Affinitätsgrößen organischer Säuren und ihre Beziehungen zur Zusammensetzung und Konstitution derselben“<sup>43)</sup>. Das Versuchsmaterial umfaßt 243 Säure-Individuen, welche sowohl ein-, als auch mehrbasische, sowohl schwache, als auch starke organische Säuren aufweisen, sowohl einfach zusammengesetzte, als auch hochkomplexe aliphatische und aromatische Säuren berücksichtigen. Der Einfluß der chemischen Natur, der Zahl und der Lage oder Stellung der Substituenten, die Rolle der räumlichen Entfernung, kurz, alle die chemische Konstitution betreffenden Faktoren werden ausgewertet. Es ergibt sich „die eminent konstitutive Eigenschaft der Affinitätsgrößen“<sup>44)</sup>, und zwar „stellt sich die Affinitätskonstante  $k$  der Säuren im allgemeinen als ein Produkt dar ( $c = c_1 \times c_2 \times c_3 \dots$ ), dessen Faktoren durch die Natur und Stellung der die Säure zusammensetzenden Elementaratome bestimmt sind.“ Andrerseits läßt sich dieser konstitutive Einfluß auf die additive Form zurückführen, und zwar dadurch, „daß der Einfluß der Konstitution oder der räumlichen Lage in die Summanden selbst aufgenommen wurde. Eine derartige Entwicklung steht der Theorie sämtlicher konstitutiver Eigenschaften bevor; wie denn dem menschlichen Geiste keine andere Form, unter welcher die gemeinschaftliche Wirkung verschiedener Elemente stattfinden kann, vorstellbar ist, als die Summe“.

Damit hat Ostwald für die (schwachen und mittelstarken) Säuren dasjenige Problem gelöst, das ihn wohl ein Jahrzehnt hindurch beschäftigt hatte, nämlich 1. eine neue Konstante  $k$  für die Kennzeichnung jeder Säure, durch alle verdünnten wäßrigen Lösungen hindurch, aufzufinden, 2. durch diese Konstante  $k$  zugleich die Affinitäts-Eigenschaften der Säure zu erfassen (daher nannte er auch den Ausdruck  $\lambda_\infty (\lambda_\infty - \lambda_0)/\lambda_\infty^2 \times v = c$ , bzw. den reziproken Wert  $1/c = k$  die „Affinitätskonstante“), und 3. mit Hilfe dieser Konstante bzw. der Leitfähigkeitsmessungen einen neuen Weg zur Konstitutionsforschung der Säuren anzubahnen. Alsdann 4. hat Ostwald an dem Beispiel der organischen Säuren den Wert der Klassifikation der wichtigen Eigenschaften, namentlich organischer Verbindungen, in „additive“ und „konstitutive“ veranschaulicht.

Diese Untersuchung Ostwalds hat eine sehr große Schar gleichgerichteter Untersuchungen ausgelöst; Hunderte von verschieden gebauten Säuren sind durch das „Verdünnungsgesetz“ der Bestimmung ihrer „Affinitäts“- oder Dissoziationskonstante zugeführt worden, und keine andere Klasse, namentlich der organischen Verbindungen, hat eine so eingehende physikalisch-chemische Durchforschung erfahren, wie gerade die Säuren (und nachher die Basen). Um nur die Hauptförderer in dieser Richtung zu nennen, erwähnen wir: Bethmann (1890), Bader (1890), Walden (1891ff.), Hantzsch (1892ff.), Lovén (1894), Auwers (1896), Franke (1895), B. v. Ssyzskowski (1897), Smith (1898), Swarts (1898f.), Billitzer (1899), Lichty (1908), Fichter (1904f.), W. A. Roth (1900), Zelinsky und Isgarischew (1908), insbesondere auch R. Wegscheider (1902—1906), der bestimmte Zahlenfaktoren für den Einfluß der Substitution auf die  $k$ -Werte ermittelte. Noch jüngst hat A. Eucken auf Grund der Kenntnisse der Dipolmomente substituierter Atome oder Radikale scharfsinnige Betrachtungen über die

<sup>43)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 3, 170, 241, 369 [1889].

<sup>44)</sup> I. c., S. 417.

Veränderlichkeit der Affinitätskonstanten substituierter organischer Säuren durchgeführt<sup>45)</sup>). Die Kenntnis der k-Werte von organischen Basen ist vornehmlich durch G. Bredig (1894) geschaffen worden.

Überblickt man heute dieses große Arbeitsgebiet, so wird man ohne Voreingenommenheit ganz allgemein zugeben können, daß gerade das „Verdünnungsgesetz“, bzw. die Affinitäts- und Leitfähigkeitsmessungen die für die Wissenschaftsgeschichte wichtige Mission erfüllt haben, die beiden großen Arbeitsrichtungen der organischen Chemie und der physikalischen Chemie einander zu nähern, — bot doch gerade die organische Chemie ein schier endloses Versuchs- und Problemmaterial für die physikalische Chemie dar, und lieferte rückläufig die physikalisch-chemische Forschung wertvolle Daten über die Konstitution und die Vorgangs-Eigenschaften der synthetisierten Produkte der Erzeugerin derselben, der organischen Chemie. Der Entwicklungsgang der organischen Chemie gerade in den letzten Jahrzehnten zeigt uns anschaulich die befruchtende Auswirkung dieser wissenschaftlichen Symbiose von organischer und physikalischer Chemie.

Bedeutsam wegen der neuen Begriffsbildungen und anschaulichen Deutungen von chemischen Vorgängen und Anomalien ist die Abhandlung Ostwalds „Zur Dissoziationstheorie der Elektrolyte“<sup>46)</sup>. In derselben wird der Salzbildungs-Vorgang aus Base und Säure auf die Bildung von Wasser aus den H<sup>+</sup>- und HO<sup>-</sup>-Ionen zurückgeführt und die Neutralisationswärme ( $Q = 135 \text{ k}$ ) starker Säuren und Basen als die konstante Wärmetönung bei der Bildung des Wassers aus seinen Ionen gedeutet. Das Hesssche Gesetz der Thermoneutralität ergibt sich zwangsläufig für neutrale (und total in ihre Ionen dissozierte) Salze, die Abweichungen von diesem Gesetz gehen parallel mit den Anomalien in der elektrolytischen Beziehung und betreffen die Salze von schwachen Säuren bzw. Basen (z. B. Acetaten, Ammoniumsalzen). Dann werden die anomalen analytischen Reaktionen erklärt, z. B. das Ausbleiben der Reaktion mit Silberlösungen auf „Chlor“, „Cyan“ — als eine Folge des Nicht-vorhandenseins der letzteren als abgespaltene Ionen. Daran schließt sich die für die chemische Systematik und Valenzlehre wichtige begriffliche Erfassung der komplexen Salze und komplexen Säuren, die von den gewöhnlichen „Doppelsalzen“ durch ihre individuellen Ionen-Reaktionen sich unterscheiden: „Wo irgend ein Stoff „abnorme Reaktionen“ zeigt, ist er nicht mehr als Ion vorhanden.“

Von einer großen Entwicklungsfähigkeit und praktischen Anwendbarkeit in der analytischen Chemie erwies sich der Gedanke der elektrometrischen Titration, der zuerst durch R. Behrend<sup>47)</sup> geprüft wurde; dieses Prinzip ist insbesondere durch E. Müller<sup>48)</sup> zu einer praktischen Methode ausgestaltet worden.

In einer Abhandlung unter dem Titel „Chemische Fernwirkung“<sup>49)</sup> werden z. B. zahlreiche Fälle von Lösungs-Beschleunigung von edlen und weniger edlen Metallen in Berührung mit Platin auf Grund der Theorie der freien Ionen erklärt; dabei wird für die Halogene der Ausdruck geprägt „Verwandtschaft zur negativen Elektrizität“. Schon in jener historisch

<sup>45)</sup> Ztschr. angew. Chem. 45, 203 [1932].

<sup>46)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 8, 588 [1889].

<sup>47)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 11, 466, 485 [1893].

<sup>48)</sup> vergl. E. Müller, Die elektrometrische Maßanalyse, IV. Aufl., Dresden u. Leipzig 1926. <sup>49)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 9, 540 [1892].

denkwürdigen Versammlung in Leeds, wo es um das Sein oder Nichtsein der jungen elektrolytischen Dissoziationstheorie ging, hatte Ostwald „die sehr verschiedene Tendenz der Elemente, den Ionen-Zustand anzunehmen passend ihre verschiedene Verwandtschaft zur Elektrizität genannt“<sup>50)</sup>. Bekanntlich haben nachher Rich. Abegg und Bodländer (1899) die Lehre von der Elektro- (bzw. Elektronen-)affinität entwickelt<sup>51)</sup>. Gleichzeitig veröffentlicht Ostwald seine umfangreiche und grundlegende Untersuchung „Über die Farbe der Ionen“<sup>52)</sup>. Mit Hilfe von photographischen Aufnahmen der Spektren wird in 300 Fällen der eindeutige Nachweis erbracht, daß diese Spektren der verschiedenen Salze mit dem gleichen farbigen Ion in verdünnten Lösungen identisch sind, d. h. die Salze sind praktisch in die freien Ionen dissoziiert, und die Zustands-Eigenschaften dieser Lösungen sind vollkommen additiv.

Bei den Leitfähigkeitsmessungen schwächerer mehrbasischer Säuren hatte Ostwald eine stufenweise Ionen-Dissoziation gefunden; so z. B. spaltet sich eine zweibasische  $\text{RH}_2$  zuerst nach dem Schema:  $\text{RH}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{RH}^-$ . Dabei zeigte sich aus dem Verhalten der Zahlenwerte für die Dissoziationskonstante  $k$ , daß bei einzelnen zweibasischen Säuren der Eintritt der zweiten Dissoziationsstufe  $\text{RH}^- \rightleftharpoons \text{R}^- - + \text{H}^+$  bei einem Dissoziationsgrad von etwa 50% begann, während bei anderen Säuren die erste Stufe der Dissoziation noch bis zu 70 und 80% hinaufging, bevor der einwertig gewordene Rest sein zweites H-Atom abzuspalten begann. Die weitere Be- trachtung dieses auffälligen unterschiedlichen Verhaltens führte Ostwald<sup>53)</sup> zu der Schlußfolgerung: „Je näher sich am zweiwertigen (d. h. negativen) Ion beide Ladungen liegen, um so schwerer wird sich dieses bilden, um so geringere Tendenz wird somit das zweite Wasser- stoffatom haben, sich abzuspalten, und umgekehrt.“ Auch die Frage nach dem elektrolytischen Dissoziationsgrade eines der schwächsten Elektrolyte, und zwar des reinen Wassers, hat Ostwald als einer der ersten aufgeworfen; auf zwei Wegen hat er die annähernde Bestimmung der Ionen- Konzentration des Wassers erreicht<sup>54)</sup>.

Die Lösungstheorien von J. H. van't Hoff und Sv. Arrhenius stellten zu ihrer Zeit gleichsam „Abenteuer der Vernunft“ dar, und um so bemerkenswerter ist es, daß sie in weniger als einem Jahrzehnt nahezu vollständig sich einbürgerten und nicht nur die physikalisch-chemischen Wissenschaften, sondern auch die Technik, die Medizin, Physiologie, Biologie, Agrikultur- chemie usw. befriedeten. Es ist eine historische Tatsache, daß dieser Siegeszug von deutschen Wissenschaftlern angeführt wurde, und daß unter diesen Ostwald (und seine Leipziger Schule) die entscheidende Rolle übernommen hatte. Die besondere Vorkämpferstellung Ostwalds tritt uns deutlich ent- gegen, wenn wir uns an die Versammlung der British Association in Leeds im Jahre 1890 erinnern, die der Verteidigung der Dissoziationstheorie gegen die Hydrat- und Knicktheorie galt, außerdem aber den Eintritt Ostwalds in die internationale Welt der Wissenschaft bedeutete<sup>55)</sup>. Sucht man in der

<sup>50)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 7, 409, 421 [1891].

<sup>51)</sup> Ztschr. anorgan. Chem. 20, 453 [1899].

<sup>52)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 9, 579 [1891].

<sup>53)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 9, 553 [1891/1892].

<sup>54)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 11, 521 [1893].

<sup>55)</sup> Lebenslinien II, 125.

Wissenschafts-Geschichte nach einem Analogon, so wird man an die denkwürdige internationale Tagung in Karlsruhe, im Jahre 1860, denken, wo ebenfalls eine erkenntnis-theoretische Grundfrage — ob Atom-, Äquivalent- oder Molekulargewicht — unter Kekulés Vorkampfstellung diskutiert wurde<sup>56)</sup>.

Eine gewisse Tragik in der Dissoziationstheorie bedingen die „starken“ Elektrolyte. Es waren ja gerade die Salze, sowie die starken Säuren und Basen, welche durch ihre osmotischen Anomalien die Schaffung des i-Koeffizienten in der van't Hoff'schen Gleichung  $A.P.V = z i T$  hervorriefen; anderseits dienten diese i-Werte als Beweismaterial und zahlenmäßige Stütze für die Arrheniussche Dissoziationstheorie. Und wiederum sind es dieselben „starken“ Elektrolyte, welche durch die Nicht-befolgung des Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes sich als „Ausnahmen“ verhalten und damit sich gleichsam außerhalb des Rahmens der Dissoziationstheorie stellen! Als 1891 D. Berthelot zur Prüfung des Verdünnungsgesetzes das Chlorkalium heranzog und an der Hand der Kohlrausch'schen Leitfähigkeitswerte zwischen  $v = 1$  bis  $1000$  l einen „Gang“ der Dissoziationskonstante  $k = 2.3$  bis  $0.05$  berechnete, da gab Ostwald ohne weiteres zu, „daß die fragliche Formel die Leitfähigkeit der stark dissoziierten Stoffe nicht darstellt, .... daß es sich um Abweichungen von sekundärer Natur handelt, und nur Differenzen von wenigen Prozenten künftig zu erklären verbleiben“<sup>57)</sup>. Mit dem Jahre 1895 (Rudolphi, J. H. van't Hoff, L. Storch) beginnt nun für diese „Anomalien“ der starken Elektrolyte ein Suchen nach empirischen Verdünnungsgesetzen an Stelle des Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes. Dieser unerfreuliche Zustand fand 1918 durch N. Bjerrum eine Entspannung, die „Abweichungen von sekundärer Natur“ wurden der Ausgangspunkt für eine Umbildung der Grundvorstellungen über die Dissoziation in Ionen überhaupt. Die weitere Entwicklung ist dann an die Namen Debye und Hückel geknüpft. Entwicklungs-geschichtlich ist der bisherige Weg streng folgerichtig gewesen: von der ersten Ansicht der festen Bindung im Elektrolyten kam man zu einer geringen Lockerung und Rückbildung einzelner Moleküle (Clausius), dann zu einer freiwilligen Lösung vieler Moleküle (Arrhenius), schließlich zu einem totalen Zerfall aller Moleküle des „Salzes“. Daß damit der Grenzfall unter idealen Bedingungen dargestellt wird, diesem aber alle denkmöglichen Zwischenfälle gegenüberstehen müssen, ist nicht zu bestreiten.

#### Katalyse und Katalysator<sup>58)</sup>.

Schon 1891 prägt Ostwald<sup>59)</sup> für die Umwandlung der Maleinsäure (in Wasser bei  $100^{\circ}$ ) in Fumarsäure den Begriff „Autokatalyse“ und formuliert die Berzelius'sche Definition katalytischer Vorgänge als solche, „welche durch die Gegenwart bestimmter Stoffe ohne nachweisbare Beteiligung derselben an Verbindungen hervorgerufen oder beschleunigt werden“. Es ist psychologisch beachtenswert, daß es wesentlich die Vorgänge im lebendem Organismus sind, die Ostwald immer wieder auf die endgültige Formulierung des Katalysen-Begriffs hindrängen, und zwar bei den Besprechungen

<sup>56)</sup> vergl. Anschiütz: Kekulé, I, 183 [1929].

<sup>57)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 8, 427 [1891].

<sup>58)</sup> vergl. a. A. Mittasch u. Theis, Von Davy über Döbereiner bis Deacon, Berlin 1932. <sup>59)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 8, 567 [1891].

hierhergehöriger Werke und Abhandlungen. So entsteht 1894 bei der Besprechung des Wärmewerts der Nahrungsmittel erstmalig die Fassung: „Katalyse ist die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorganges durch die Gegenwart eines fremden Stoffes“ (Sperrdruck im Original<sup>60</sup>). So ist es wiederum die Besprechung einer Untersuchung über Oxydationswirkungen tierischer Gewebe, die Ostwald zu der Schlußfolgerung führt: „Es handelt sich um katalytische Erscheinungen in typischer Ausbildung, nämlich um die Beschleunigung langsam verlaufender Reaktionen, .... immer aber handelt es sich nur um eine Änderung des Zeitmaßes der Vorgänge, nicht um die Ermöglichung von Reaktionen, die sonst unmöglich wären“<sup>61</sup> (gesperrt von mir).

Im Jahre 1898 hatte Ostwald als Thema seiner Dekanatsschrift die „Ältere Geschichte der Lehre von den Berührungswirkungen“<sup>62</sup>) gewählt; am Schluß derselben heißt es: „Durch die fundamentale Wendung, nach der die katalytischen Erscheinungen nicht mehr als Vorgänge besonderer Art, sondern als Beschleunigungen bzw. Verzögerungen vorhandener Vorgänge (gesperrt im Original) aufgefaßt werden, sind die hier zu stellenden Fragen auf eine bestimmtere Form gebracht worden, und es steht zu hoffen, daß die bestimmtere Fragestellung auch bestimmtere Antworten ermöglichen wird“<sup>63</sup>.

Als um die Weihnachtszeit 1897 die Eröffnung des neuen Physikalisch-chemischen Instituts (Linnéstr. 2) feierlich vollzogen wird, wählt Ostwald für die Experimentalvorlesung das Thema „flüssige Luft“, als theoretischen Vortrag aber eine erkenntnis-theoretische Untersuchung über die Zeit. Als er dem neuen schönen Heim der physikalischen Chemie nun neue Arbeitsgebiete für die Forschung zuweisen sollte, da sagte er sich: „Ein Stückchen Urwald wenigstens müssen wir haben, und die Lust ins möglichst Unbekannte wollen wir um keinen Preis missen. Und von allen Richtungen, die wir zu diesem Zwecke einschlagen könnten, schien mir keine dankbarer und hoffnungsreicher als die Katalyse“<sup>64</sup>).

So waren denn alle Vorbedingungen gegeben, um das neue Institut mit einem neuen Geist zu beleben. Der Begriff des „Katalysators“ war festgestellt bzw. durch eine stufenweise sich entwickelnde Gedanken-Reaktion auf eine Form gebracht worden, die rein sachlich, ohne Hypothesen-Ballast, sich der experimentellen Prüfung darbot. Von solchen katalytischen Experimentalforschungen des Leipziger Instituts aus dieser Periode hebt sich besonders hervor die klassische Untersuchung von G. Bredig<sup>65</sup>: „Über anorganische Fermente.“ Bredig hatte (1898) durch seine elektrische Zerstäubungsmethode der Metalle kolloidale (wässrige) Platin-Lösungen hergestellt. Auf Ostwalds Anregung wird konstatiert, „daß Knallgas in Berührung mit der Platinflüssigkeit schon bei gewöhnlicher Temperatur verschwindet, d. h. sich zu Wasser vereinigt“<sup>66</sup>). Mit Hilfe seiner Platinlösung unternimmt nun Bredig das Studium der chemischen Dynamik des Wasserstoffsuperoxyds, er weist die Analogie der kolloiden Platin-Flüssigkeit (als

<sup>60</sup>) Ztschr. physikal. Chem. 15, 706 [1894].

<sup>61</sup>) Ztschr. physikal. Chem. 19, 161 [1896]. <sup>62</sup>) Leipzig 1898.

<sup>63</sup>) vergl. a. Lehrb. d. allgem. Chem., 2. Aufl., II, 515 [1893].

<sup>64</sup>) Physikal. Ztschr. 8, 313 [1902].

<sup>65</sup>) gemeinsam mit R. Müller von Berneck, Ztschr. physikal. Chem. 31, 258 bis 353 [1899]. <sup>66</sup>) I. c., S. 266.

Katalysator) einerseits zu dem Platinmohr, andererseits zu den Fermenten und dem Blute nach, insbesondere auch bezüglich der gleichsinnigen „Ver-giftungs-“ und „Erholungs-Erscheinungen“.

Als Ostwald 1899 das Werk von Duclaux „Microbiologie“ bespricht, kennzeichnet er als Gegenstand desselben „die Wirkung der organischen Katalysatoren, die der lebende Organismus so mannigfaltig entwickelt, der „Diastasen“, und sagt: „Wir wissen jetzt, daß eine energetische Vorausbestimmung des Geschwindigkeitskoeffizienten einer Reaktion nicht möglich ist, und daher in dieser Beziehung eine Freiheit besteht, über die durch Katalysatoren verfügt werden kann“<sup>67)</sup>.

Anläßlich der Besprechung eines Buches über „Die Fermente und ihre Wirkungen“<sup>68)</sup> sagt Ostwald: „Von den anorganischen Katalysatoren sind die Fermente nicht wesentlich verschieden. Insbesondere ist man nicht berechtigt, ohne weiteres anzunehmen, daß sie alle zu einer und derselben Klasse von Stoffen analoger Konstitution gehören. Die von den Organismen gebildeten und benutzten Katalysatoren haben allerdings, soweit man sie bisher kennt, die Eigenschaft, ihre Wirksamkeit bei höherer Temperatur zu verlieren; doch erscheint es als durchaus nicht ausgeschlossen, daß man später Fermente oder organische Katalysatoren auffinden wird, welche auch höhere Temperaturen vertragen.“

Einen Appell an die große Gemeinde der Naturforscher und Ärzte stellt der Vortrag Ostwalds „Über Katalyse“ auf der Hamburger Naturforscher-Tagung 1901 dar; dieser Vortrag ist durch die vorbildliche Darstellung der katalytischen Begriffe und Erscheinungen, und durch die reizvollen Ausblicke in die Biologie und Technik ein Markstein in der Entwicklungsgeschichte der Katalyse<sup>69)</sup>. Ostwald gibt die folgende Übersicht der „Kontaktwirkungen“ oder Katalysen: 1. Auslösungen in übersättigten Gebilden (z. B. bei der Krystallisation übersättigter Lösungen, vergl. nachher Ostwalds eigene Untersuchungen), 2. Katalysen in homogenen Gemischen (z. B. „Die Rolle der Lösungsmittel bei der Geschwindigkeit von Reaktionen“), 3. heterogene Katalysen (z. B. Wirkung des Platins auf Gasgemenge, Bredigs kolloidale Platin-Lösungen), 4. Enzyme; hierzu bemerkt Ostwald: „Auch haben die neueren Untersuchungen über die Gesetze der Enzym-Wirkung m. E. nichts ergeben, was irgend einen grundsätzlichen Unterschied zwischen beiden Arten der Wirkung aufzustellen Veranlassung gäbe. Im Gegenteil, die bereits erwähnten Arbeiten Bredigs haben weit eingehendere Übereinstimmungen erkennen lassen, als sich vermuten ließ.“ Dann spricht er die Überzeugung aus, daß bei eingehenderer Forschung es gelingen werde, neben den (eiweiß-haltigen) Enzymen auch gleichsinnig katalytisch wirkende, einfacher zusammengesetzte Stoffe der organischen Chemie zu finden, d. h. künstliche Enzyme in Gestalt einfacher chemischer Individuen zu entdecken.

Es sei hervorgehoben, daß insbesondere W. Langenbeck<sup>70)</sup> in den letzten Jahren tatsächlich solche einfachen organischen Stoffe entdeckt hat, die in ihrer katalytischen Wirkung, und zwar bei 100°, sich überaus ähnlich den bestimmten Vorgänge beschleunigenden Fermenten verhalten.

<sup>67)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 29, 190 [1899].

<sup>68)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 34, 510 [1900].

<sup>69)</sup> Als Nr. 200 ist er in den Bestand von Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften, zum 70. Geburtstage Ostwalds, eingereiht worden, wobei G. Bredig sach-kundig als Herausgeber sich betätigt hat. <sup>70)</sup> Ztschr. angew. Chem. 45, 97 [1932].

Wir haben in diesem chronologischen Bericht nicht nur den Entwicklungsgang, die Biologie des Begriffs „Katalyse“ in Ostwalds Geist und im Zusammenhang mit seiner Umwelt schildern, sondern auch auf seine zielgerichteten Übertragungen der katalytischen Vorgänge auf die fundamentale Lebenstätigkeit der Organismen hinweisen wollen. Die moderne „Enzym-Forschung“ in ihren schönen Ergebnissen ist ursächlich verbunden mit der Gedankenwelt Ostwalds und mit der grundlegenden Experimentalarbeit Bredigs über die Katalysatoren (= Fermente).

Von Ostwalds eigenen katalytischen Experimentalforschungen seien erwähnt: die mit O. Gros erfundene „Kataty pie“ (1902), insbesondere aber zwei Großprobleme der gegenwärtigen chemischen Industrie: 1. die im Jahre 1900 von ihm in Angriff genommene Synthese des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff, die er sich mittels eines Katalysators bei höherer Temperatur unter Druckanwendung gedacht hatte<sup>71)</sup>. Als Katalysator dienten erhitzte Eisendrahtbündel, und der Versuch (von Dr. Bodenstein ange stellt) ergab bereits ohne Druckanwendung aus drei Raumteilen Wasserstoff und einem Raumteil Stickstoff tatsächlich Ammoniak. Welche pekuniären Erwartungen sich daran knüpften, und welche „Tücken des Objekts“ alles zerstörten, — darüber lese man die Schilderung Ostwalds in seinen Lebenslinien nach; 2. war es die in geduldiger Dauerarbeit mit Dr. E. Brauer erfolgreich durchgeführte Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure (1901 ff.). Über die Entstehung und Entwicklung beider Probleme, die ein ernstes Kapitel der Geschichte von Erfindern und Erfindungen darstellen, gibt Ostwald selbst eine offenherzige Schilderung<sup>72)</sup>.

Wenn inzwischen die Katalyse in der chemischen Industrie — man denke nur an die Ammoniak-Synthese von Haber-Bosch-Mittasch — zu einer Großmacht-Stellung aufgerückt ist, ohne daß Ostwald irgendeinen wirtschaftlichen Vorteil erfahren hätte, so war es ihm im Jahre 1909 beschieden, als Äquivalent der wissenschaftlichen Anerkennung den Nobel-Preis für seine Forschungen über Katalyse zu empfangen. Bei diesem Anlaß<sup>73)</sup> hebt Ostwald hervor, daß er die begriffliche Erfassung der Katalyse als seine selbständige und folgenreichste chemische Leistung betrachte. Nachdenklich stimmt uns hierbei die verschiedene Reaktionsgeschwindigkeit in der Anerkennung, einerseits von konkreten Einzelleistungen, die zuweilen nur einen begrenzten Wirkungsraum in einem Spezialgebiet haben, andererseits von begrifflichen Entdeckungen, die von weitest gehender Bedeutung sind!

Im Gedankenkreise der katalytischen Vorgänge bewegen sich noch weitere Arbeiten des Leipziger Instituts. In seinen „Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper, I. Abhandlung: Übersättigung und Überkaltung“<sup>74)</sup> untersucht Ostwald die Krystall-Bildung aus übersättigten Lösungen und aus überkalteten Schmelzen durch eine Spur des fraglichen Stoffes. Er unternimmt erstmalig die quantitative Bestimmung der Menge dieser „Spur“, wendet — umgekehrt — das Ergebnis zum analytischen Nachweis bestimmter Stoffe an und zeigt, daß man sicher Mengen bis zu einem Hunderttausendstel Milligramm erkennen kann. Er findet Stoffe (z. B. überkaltetes Salol), die beständig sind gegen beliebige Eingriffe

<sup>71)</sup> vergl. Lebenslinien II, 282, 285. <sup>72)</sup> Lebenslinien II, 279—299; III, 92, 342.

<sup>73)</sup> Lebenslinien III, 193 ff. <sup>74)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 22, 289 [1897].

aller Art, ausschließlich der Berührung mit einem festen Krystall desselben Stoffes: für diese Art von Zuständen gebraucht er den (bereits 1893 von ihm vorgeschlagenen) Namen metastabil, während die eigentlich sogenannten labilen Zustände eine Generatio spontanea, eine freiwillige Krystallbildung aufweisen. Weiterhin findet er, daß beim Krystallisieren bzw. „beim Schmelzen, beim Verdichten von Dämpfen, ja sogar bei homogenen chemischen Reaktionen“ das allgemeine Gesetz gilt, „daß beim Verlassen irgend eines Zustandes und dem Übergang in einen stabileren nicht der unter den vorhandenen Verhältnissen stabilste aufgesucht wird, sondern der nächstliegende“<sup>75)</sup>. Dieses Gesetz gilt auch bei wirklicher Isomerie, indem z. B. die Dämpfe der stabilen Cyanursäure beim Verdichten zuerst die weniger beständige Cyansäure geben, oder indem — bei rein chemischen Reaktionen — das Chlor beim Einleiten in Kalilauge nicht das beständigste System, Chlorkalium und Sauerstoff, sondern das unbeständigste, Chlorkalium und Hypochlorit, liefert, welches langsam in das beständigere, Chlorkalium und Kaliumchlorat, sich umwandelt. Hier greift das Gesetz hinüber in die Frage nach dem „Reaktions-Mechanismus“ bzw. der Bildung von „Zwischenprodukten“, und diese „Regel der Stufen-Reaktionen“ ist in der Folgezeit ein wichtiges Hilfsmittel der Forschung geworden. Die Bildung solcher „Zwischenprodukte“ ist auch gemäß dem durch energetische Betrachtungen sehr wahrscheinlich gemachten Satze Ostwalds nahegelegt, „daß alle Stoffe, welche unter gegebenen Verhältnissen in einem homogenen Gebilde möglich sind, auch wirklich sich bilden, wenn auch oft nur in verschwindend geringer Menge“<sup>76)</sup>.

Wertvolle Ergebnisse über „den Einfluß der Oberflächen-Energie auf das chemische Gleichgewicht“ liefert die Untersuchung des gelben und roten Quecksilberoxyds, die nicht isomer, sondern von verschiedener Korngröße sind, infolge dessen die Regel sich ergibt, daß kleine Krystalle eine größere Löslichkeit haben als große<sup>77)</sup>). In diese Zeit fällt auch die Untersuchung-Serie über die „periodischen Erscheinungen bei der Auflösung des Chroms in Säuren“<sup>78)</sup>), die wegen des Phänomens und der experimentellen Methode bedeutsam ist.

Gelegentlich hatte Ostwald die Ansicht ausgesprochen (1889), die den ursächlichen Gegensatz zwischen den schnell verlaufenden Elektrolyt- und den langsam verlaufenden organischen Reaktionen betrifft: „Es ist höchst wahrscheinlich, daß die Wirkung der Beschleuniger, des Chlorwasserstoffs bei der Ester-Bildung, des Eisenchlorids beim Chlorieren, des Essigesters bei der Wirkung des Natriums usw., in nichts anderem besteht, als in der Bildung zusammengesetzter Elektrolyte“<sup>79)</sup>). Daß solche „abnorme“, unbeständige Elektrolyte sich tatsächlich in homogenen Lösungen bilden, ist nachher wiederholt belegt worden (vergl. z. B. Walden in flüssigem Schwefeldioxyd, 1902/03; W. Plotnikow in flüssigem Brom, 1924 ff.; Steele, Mc Intosh und Archibald in flüssigen Halogenwasserstoffen, 1904 ff.; Finkelstein in flüssigem Brom, 1923 ff.; Fredenhagen in flüssigem Fluorwasserstoff, 1927 ff.).

<sup>75)</sup> I. c., S. 306.

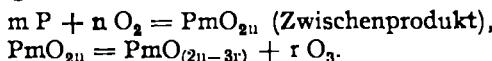
<sup>76)</sup> I. c., S. 328.

<sup>77)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 34, 495 [1900]; s. a. 18, 159 [1895].

<sup>78)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 35, 33, 204 [1899].

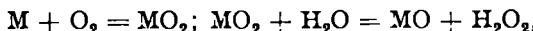
<sup>79)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 3, 598 [1889].

Nach dem Dargelegten ist aber die Bildung solcher „Zwischenprodukte“ nicht nur denkmöglich, sondern auch energetisch begründet, so z. B., wenn es sich um Oxydationen mit Hilfe des freien Sauerstoffs unter Bildung von Ozon handelt. Da Ozon ein bedeutend höheres Oxydationspotential hat als Sauerstoffgas, so muß die zu seiner Bildung erforderliche freie Energie durch Oxydation des Phosphors beschafft werden. Hierbei tritt nun nach Ostwald eine „gekoppelte Reaktion“ auf, bei welcher eine unmittelbare gegenseitige Umwandlung chemischer Energien bzw. eine gegenseitige Beziehung der letzteren möglich ist<sup>80)</sup>, z. B. gemäß den stöchiometrischen Gleichungen:



Hierin bedeutet  $PmO_{(2n-3r)}$  das niedere,  $O_3$  das höhere Oxyd.

Daß gleichsinnige Anschauungen sich auch auf die „Superoxyd-Theorie“ bei nassen Oxydationen übertragen lassen, zeigten F. Haber und F. Bran<sup>81)</sup>, z. B.



auch bei dieser Reaktionsfolge ist der Energiehub, welchen die Wasserstoff-peroxyd-Bildung darstellt, untrennbar an den Energiefall geknüpft, welcher den Übergang der  $MO_2$  in  $MO$  verwirklicht.

Als weitere Beiträge seien hervorgehoben die Leipziger Untersuchungen von R. Luther und W. Federlin, welche ein „Modell für Übertragungs-Katalyse“, d. h. eine Reaktions-Beschleunigung durch Zwischenreaktionen beisteuerten<sup>82)</sup>, und von R. Luther und N. Schilow<sup>83)</sup>, welche einen Beitrag „Zur Systematik und Theorie gekoppelter Oxydations-Reduktions-Vorgänge“ lieferten.

Daß die analogen energetischen Anschauungen von den gekoppelten Reaktionen sich auch zu einem Verständnis der Bildung von Stoffen mit hoher freier Energie im Organismus verwerten lassen, führte Ostwald aus: „Freiwillig verlaufende Prozesse können, wie bekannt, nur zu Produkten mit niedriger freier Energie führen. Während aber das Gesamtergebnis der Reaktion eine Verminderung der freien Energie sein muß, können einzelne Reaktionsprodukte doch eine verhältnismäßig höhere freie Energie annehmen, als ihr unmittelbarer Ausgangsstoff besaß, wenn der Unterschied durch einen entsprechend größeren Verlust seitens der anderen Reaktionsprodukte gedeckt wird. Damit aber ein solcher Vorgang möglich ist, muß er mit anderen, energie-liefernden Vorgängen gekoppelt sein, d. h. er muß mit ihnen in einer unlösbar, durch eine einzige chemische Gleichung darstellbaren Beziehung stehen. Durch diese Betrachtung dürfte manches anscheinende Rätsel des Organismus lösbar ... werden“<sup>84)</sup>.

### Energie und Energetik.

Der Energie-Begriff hat Ostwalds Leben und Wirken in weitestem Maße beeinflußt, — es war der Begriff, welcher nahezu ein Halbjahrhundert hindurch im Mittelpunkt seines Denkens und Schaffens, sowie seiner eigenen

<sup>80)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 34, 248 [1900].

<sup>81)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 35, 81 [1900].

<sup>82)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 41, 565 [1902].

<sup>83)</sup> ebenda, 46, 117 [1903]. <sup>84)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 47, 127 [1904].

Lebensgestaltung stand; an der gedanklichen Formulierung und praktischen Anwendung der beiden Hauptsätze, insbesondere des zweiten, hat er sich bleibende Verdienste geschaffen.

Bereits in seiner Leipziger Antritts-Vorlesung, betitelt: „Die Energie und ihre Wandlungen“ (1887), hatte Ostwald beansprucht, in der Energie ein reales Wesen, nicht nur eine mathematische Abstraktion, zu sehen. Im Jahre 1891 beginnt er nun seine ausführlichen „Studien zur Energetik“<sup>85</sup>), die ihn immer weiter führen, um schließlich sein ganzes Denken und Tun auszufüllen. Das Energie-Prinzip weitet sich zu einer „Energetik“, einer Lehre von der Energie als solcher, die alles Geschehen der unbelebten und belebten Welt, die Bedingungen der physischen und geistigen Arbeit beherrscht. „Denn“, so folgert er, „außer den allgemeinen Anschauungsformen des Raumes und der Zeit ist die Energie die einzige Größe, welche allen Gebieten gemeinsam ist“ (gesperrt im Original). Weiterhin schließt er, „daß die Materie nichts ist, als ein Komplex der Energie-Faktoren, welche die Eigenschaft besitzen, untereinander proportional zu sein. In der Tat erweisen sich die traditionellen Grundeigenschaften der Materie als Faktoren oder wenn man will, Ausdrucksformen der Energie. So ist Masse die Kapazität für kinetische (Bewegungs-)Energie, die Schwere die Kapazität für Raum-Energie, die Undurchdringlichkeit, d. h. das Volum, die Kapazität für Volum-Energie und so fort“<sup>86</sup>). In der Fortsetzung dieser Studien<sup>87</sup>) gibt Ostwald die Formulierungen der beiden Hauptsätze der Thermodynamik (nach Ostwald: Energetik). Der erste Hauptsatz regelt die wechselseitige Umwandlung der verschiedenen Energie-Arten: Die Gesamtmenge der Energie ist konstant, und: „zwei Energie-Mengen, welche einzeln einer dritten äquivalent sind, sind auch einander äquivalent“. Eine Vorrichtung, in welcher durch irgendwelche Vorgänge beständig Arbeit oder allgemeine Energie ohne entsprechenden Verbrauch anderer Energie erzeugt werden könnte, d. h. ein *perpetuum mobile* erster Art, ist unmöglich.

Der zweite Hauptsatz beantwortet die Frage nach den Ursachen, welche das Eintreten der Umwandlungen der Energie veranlassen oder verhindern. Als allgemeinsten Erfahrungssatz bezüglich der Übergänge der Energie zwischen zwei Gebieten A und B spricht Ostwald den folgenden aus: „Zwei Gebilde, die einzeln mit einem dritten in Energie-Gleichgewicht sind, sind auch untereinander im Gleichgewicht.“ Oder unter Benutzung des Begriffs Intensität: „Zwei Intensitäten, die einzeln einer dritten gleich sind, sind untereinander gleich.“ (Oder: „Was auf eine Weise im Gleichgewicht ist, ist auf alle Weise im Gleichgewicht.“) Nennt man nun etwa eine Anordnung, bei welcher sich Energie ohne äußeren Anlaß in Bewegung setzt und darin erhält (während ihre Menge konstant bleibt), ein *perpetuum mobile* zweiter Art, so folgt als Ausdruck des zweiten Hauptsatzes: Ein *perpetuum mobile* zweiter Art ist unmöglich<sup>88</sup>). „Ruhende Energie setzt sich nicht aus eigenem Antrieb in Bewegung“, dies ist eine andere Gestalt des zweiten Hauptsatzes, dessen Eigenart darin liegt, daß er nicht nur bezüglich der Richtung des zeitlichen Geschehens eine Einseitigkeit (Annäherung an den Ruhe-

<sup>85</sup>) Ber. math.-phys. Klasse K. Sächs. Ges. Wiss., 1891.      <sup>86</sup>) I. c., S. 275.

<sup>87</sup>) I. Teil auch Ztschr. physikal. Chem. 9, 563 [1892]; II. Teil daselbst 10, 363 [1893].

<sup>88</sup>) I. c., S. 367.

zustand) bedingt, sondern auch bezüglich des Maßes der nötigen Zeit. — Weiterhin entwickelt Ostwald für die Energie die beiden Begriffe „Intensität“ und „Kapazität“ und eine Zusammenstellung der Energie-Arten mit den zugehörigen Energie-Faktoren, lehrt die Ermittlung der letzteren, weist die gegenseitige Beziehung dieser Faktoren auf usw. Um nun zu erfahren, ob zwischen zwei Stoffen oder Stoffkomplexen chemisches Gleichgewicht besteht, oder ob eine Reaktion eintreten wird, wenn man sie in Berührung bringt, verknüpft Ostwald die chemische Energie mit der elektrischen; es muß dann chemisches Gleichgewicht dem elektrischen Gleichgewicht gleichzeitig entsprechen, bzw. der chemische Vorgang proportional dem elektrischen erfolgen.

Das chemische Potential ist also proportional der elektromotorischen Kraft, und das Elektrometer kann als ein „Chemometer“ oder Intensitätsmesser für die chemische Energie dienen<sup>89)</sup>. In der Abhandlung „Über physiko-chemische Meßmethoden“<sup>90)</sup> zeigt Ostwald die Reichweite und Mannigfaltigkeit der genannten Methoden für das Problem des Nachweises bestimmter Stoffe und Vorgänge in einem vorhandenen Gebilde.

Eine öffentliche Absage an die Materie und das atomistisch-mechanistische Weltbild, und gleichzeitig ein eindeutiges Bekenntnis zur Energetik, erfolgt dann auf der Lübecker Naturforscher-Versammlung (Herbst 1895) durch den Vortrag „Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus“<sup>91)</sup>. Wenn man die geistige Wirkung dieser Rede nach der Stärke des Entrüstungs-Sturmes beurteilen dürfte, den sie auslöste, dann könnte man von einem großen Effekt sprechen. Daß aber dieser Vortrag durch die geeinte Gegnerschaft der Chemiker und Physiker von schwerwiegenden Folgen für Ostwald selbst war, erfahren wir aus seinen eigenen Bekenntissen<sup>92)</sup>. Diese Folgen waren seelischer und physischer Natur; sie waren um so tiefer, je höher die Gefühle der Erhebung gewesen waren, mit denen er die energetischen Gedanken in seinem Vortrag durchgearbeitet und allgemeinverständlich gemacht hatte<sup>93)</sup>.

In diesem Zusammenhang soll an ein Wort J. H. van't Hoff's, des Schöpfers der Stereochemie, erinnert werden; im Januar 1893 schrieb er in einem Brief an Arrhenius: „Die Vorstellungen selbst, Atom, Molekül und deren Dimensionen, vielleicht Form, haben doch im Grunde etwas Mißliches, sowie Tetraeder mitsamt; aber solange etwas Gutes daraus zu haben ist, tröstet man sich und glaubt, es wird auch wohl etwas Gutes darin sein...“<sup>94)</sup>. Als der Verfasser gelegentlich der von ihm entdeckten „optischen Umkehr-Erscheinungen“ mit J. H. van't Hoff darüber sprach, gab der letztere ohne weiteres das Unzulängliche des herrschenden Tetraeder-Bildes zu und erteilte mir den Rat: „Schlagen Sie was Neues vor!“ Ostwald seinerseits ging nun ganz konsequent gegen die realen und starren Atome und Moleküle vor, — ein Jahrzehnt neuer Forschungen (The Svedberg, Perrin u. a.) folgte, und am 28. November 1908 vermerkte van't Hoff in seinem Tagebuch: „.... Ostwald besuchte mich. Er ist zur Molekel bekehrt“<sup>95)</sup>. Und

<sup>89)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 15, 399 [1894].

<sup>90)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 17, 427 [1895].

<sup>91)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 18, 305 [1895].

<sup>92)</sup> vergl. Lebenslinien II, 179, 214. <sup>93)</sup> Lebenslinien II, 161.

<sup>94)</sup> vergl. E. Cohen, Jac. Henr. van't Hoff, S. 306, Leipzig 1912.

<sup>95)</sup> Cohen, I. c., S. 572.

heute im Zeitalter des Weltbildes der Quanten-Physik? Der „bisherige Urbestandteil des Weltbildes: der materielle Punkt“, ist seines elementaren Charakters entkleidet, „er ist aufgelöst worden in ein System von Materiewellen. Diese Materiewellen bilden die Elemente der neuen Welt“ (J. Planck, 1932).

Die Anwendung des Energie-Begriffs in der unbelebten Welt und die vielseitigen Aufklärungen, die derselbe vermittelte hatte, führten Ostwald dazu, auch die Lebensvorgänge energetisch zu behandeln, bzw. die Lebenswissenschaften Physiologie, Psychologie und Soziologie mit Hilfe des Energie-Begriffes zu beschreiben. Der letztere erwies sich hierbei wohl als notwendig, jedoch nicht als zureichend, da noch neue, für diese andersgeartete Welt erwachsene Begriffe als Ergänzung hinzukommen müssen. Indem er von der Analyse der eigenen physischen und psychischen Zustände ausging, schuf er sich zuerst eine Theorie des Glückes (1905) und eine Glücksformel, die das Glücksgefühl von der willensmäßig betätigten Energie und den zu überwindenden Widerständen abhängig macht<sup>96)</sup>. An dieser Formel mag jeder nach seiner Individualität Korrektionsglieder usw. anbringen, sie ist ja nur ein erster Versuch zur einfachen energetischen Formulierung des komplexen Phänomens „Glück“: wichtiger als all dies ist aber die Tatsache, die aus Ostwalds eigenen Worten zu uns spricht: „Die dort (d. h. in der Abhandlung von der Theorie des Glückes) gefundenen Gesichtspunkte haben mir seitdem dauernd zum Zwecke der Lebensführung gedient.“ Und Ostwald leistete (von 1905—1932) viele Arbeit und mit Freuden!

Von den Erfahrungen an sich selbst gelangte nun Ostwald zum Nachdenken über den Lebensverlauf einer Forscher-Existenz überhaupt; er begann seine „psychographischen Studien“ (1907) mit der Erkenntnis, daß bestimmte Gesetzmäßigkeiten im Werdegang, Schaffens-Tempo und im Schaffens-Maximum ausgezeichneter Forscher unzweifelhaft vorhanden sind. So entstand sein kleines Buch „Erfinder und Entdecker“ (1908), demselben folgte das große Werk „Große Männer<sup>97)</sup>: Studien zur Biologie des Genies“ (I. Aufl. 1909, VI. Aufl. 1927), das in packender Darstellung die Naturgesetze der Genies, die Frage nach der Züchtung derselben, nach deren Klassifizierung (Klassiker und Romantiker) und Bewirtschaftung hervorragender Forscher aufzuweisen versucht<sup>98)</sup>. Zwangsläufig führt ihn diese grundlegende, klassisch zu nennende Untersuchung zu der Frage nach dem Schul-Unterricht und dem Schul-Typus („Wider das Schul-Elend“, 1909), wobei er gegen die Überschätzung des Sprach-Unterrichts, sowie gegen die Dauer des Schul-Unterrichts und die Abiturienten-Prüfung zu Felde zieht.

Indem er seine energetischen Anschauungen immer mehr verbreiterte, war er inzwischen zu einer für weitere Leserkreise bestimmten Darstellung der Energetik gelangt: „Die Energie“ (in der Sammlung Wissen und Können, 1908), in welcher die Kapitel „Das Leben“, „Die geistigen Erscheinungen“ und „Soziologische Energetik“ vorkommen. Die letztgenannte Frage findet dann eine eingehende Behandlung in dem Werk „Energetische Grundlagen der Kultur-Wissenschaft“ (1910), wobei Kultur-Wissenschaft als

<sup>96)</sup> Lebenslinien III, 314.

<sup>97)</sup> Diesem ersten Bande folgten unter dem gleichen allgemeinen Titel weitere Bände mit Biographien hervorragender Männer, z. B. J. H. van't Hoff, von E. Cohen (III. Band), Sir Henry Roscoe, Selbstbiographie (VII. Band).

<sup>98)</sup> s. a. Lebenslinien III, 114 ff.

gleichbedeutend mit Soziologie aufgefaßt wird. Einzelfragen werden in dem Werk „Die Forderung des Tages“ (1910; 2. Aufl. 1911) behandelt, und als eine Sammlung verschiedener Aufsätze erscheint das Werk „Der energetische Imperativ“ (1912): Vergeude keine Energie, verwerte sie!<sup>99)</sup>. Das Werkchen „Die Mühle des Lebens: Physikalisch-chemische Grundlage der Lebensvorgänge“ (1911) dringt unmittelbar in den Ablauf des Einzelbens ein.

### Natur-Philosophie.

Mit Ostwalds Energie-Lehre ist auch seine Natur-Philosophie verknüpft; die letztere stellt gewissermaßen eine praktische oder angewandte Energie-Lehre dar. Als Aufgabe seiner Natur-Philosophie stellte Ostwald auf: „Die Pflege der Beziehungen zwischen den einzelnen Wissenschaften und der Philosophie als der Wissenschaft von den gemeinsamen Bestandteilen aller Einzelwissenschaften“<sup>100)</sup>; dabei gilt die Forderung: „Die Philosophie aber muß ihr Arbeitsgut aus den Fachwissenschaften übernehmen.“ Daß eine geistige Überbrückung zwischen der Philosophie und den Einzelwissenschaften, die immer mehr sich in Sondergruppen mit eigenen Denkmitteln gliedern, eine erkenntnis-theoretische und praktische Notwendigkeit darstellt, wird ohne weiteres zugegeben werden müssen. Durch seine Natur-Philosophie wollte Ostwald eine der denkbaren Arten von Universalwissenschaft schaffen, und zwar auf naturwissenschaftlicher Grundlage, mit Hilfe des Energie-Begriffs — ein energetisches Weltbild darbieten. Vergleicht man nun einerseits das mechanistisch-atomistische Weltbild vor Ostwald mit dem modernen physikalischen Weltbild, so wird man zugeben, daß das Ostwaldsche Weltbild eine Vorstufe zu der modernen Entwicklung der Natur-Forschung und Natur-Deutung darstellt.

Der Durchbildung und Verbreitung seiner Natur-Philosophie hat Ostwald hauptsächlich die Jahre 1902—1912 gewidmet, insbesondere durch folgende Schriften: Vorlesungen über Natur-Philosophie (1902; III. Aufl. 1905), Annalen der Natur-Philosophie, 14 Jahrgänge (1901—1914), daraus: Ein Jahrzehnt Natur-Philosophie (1911). Grundriß der Natur-Philosophie (1908); Moderne Natur-Philosophie, I (1914) bzw. Neudruck unter dem Titel „Die Ordnungswissenschaften“ (1923); Die Forderung des Tages (II. Aufl. 1916); Energetische Grundlagen der Kultur-Wissenschaft (1909); Der energetische Imperativ (1912); I. Abteil., Philosophie, II. Abteil., Organisation und Internationalismus, III. Pazifismus, IV. Unterrichtswesen, V. Biographie. Ferner: Philosophie der Werte (1912); Das große Elixier (1920); Die Pyramide der Wissenschaften (1929).

Ostwald kennzeichnet seine Beziehungen und Nutzanwendungen hinsichtlich der Energie, wenn er sagt, daß er für sich beanspruchen könne, „vermittels der Energetik ... die Organisation und Kodifikation der Elektrochemie in der Gestalt durchgeführt zu haben, die sich seitdem bis heute als dauerhaft erwiesen hat“<sup>101)</sup>. Ferner mit Bezugnahme auf den zweiten Hauptsatz: „Wie ich seiner anschaulichen Erfassung weitgehende Förderung bei physikalisch-chemischer Forschungsarbeit verdankt hatte, bestätigte er nun eine gleiche Wirkung in den neuen Anwendungsbereichen der Psycho-

<sup>99)</sup> s. a. Lebenslinien III, 320.

<sup>100)</sup> Lebenslinien II, 313.

<sup>101)</sup> Lebenslinien II, 167 [1927].

logie und Soziologie. Ich darf es als eine meiner persönlichsten Leistungen bezeichnen, die Bedeutung des zweiten Hauptsatzes für die Philosophie erkannt und an zahlreichen Beispielen aufgewiesen zu haben.“

### Zur Wissenschafts-Geschichte.

Gegenwärtig spricht man viel von einer „Historisierung“ der Wissenschaften und fordert für den Unterricht in den Hochschulen und höheren Schulen ernste Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung der wissenschaftlichen Disziplinen. Die Wichtigkeit geschichtlicher Studien hat Ostwald früh erkannt, schon in seinem großen „Lehrbuch“ (1884–1887) hatte er die geschichtliche Entwicklung der Probleme zur Grundlage der Darstellung gemacht. Solche geschichtlichen Studien hat er nachher mehrfach, und zwar mit innerer Befriedigung und mit äußerem Erfolg, betrieben. In einem gewissen Widerspruch hierzu steht seine Ablehnung einer Geschichtswissenschaft im Gesamtbau der Wissenschaften. Er erblickt in den landesüblichen Darstellungen der Geschichte nur die Technik, „wie man irgendwelche vergangene Verhältnisse, die man wissen möchte, aus den Überresten erschließt. Um den Inhalt dieser Verhältnisse zu erschließen, sind aber Sonderkenntnisse des betreffenden Faches erforderlich, die der Historiker nicht hat, und nicht haben kann.“ Zur Veranschaulichung seiner Auffassung macht er Lamprecht (dem Verfasser der 19 Bände Deutscher Geschichte) den Vorschlag, er möge doch versuchen, etwa eine Geschichte der Physik im neueren Deutschland zu schreiben<sup>102)</sup>! Wenn Ostwald trotzdem geschichtliche Studien treibt, so nicht um der „Geschichte“, sondern um der Entwicklungsgesetze in der Geschichte einzelner Disziplinen, einzelner Begriffe und Ideen willen. Diese Studien sind für ihn der Fundort ungelöster Probleme und die Quelle neuer gedanklicher und experimenteller Arbeit; er sucht bei seinen geschichtlichen Studien nach dem Maß innerer Entwicklungs-Logik der Wissenschaft überhaupt, um daraus die Richtlinien für eine bewußte Weiterführung der Forschung abzuleiten. Die Wissenschaft soll ja vorher sagen können.

Die Herausarbeitung allgemeiner Fragen und entscheidender Gedanken-gänge leitete ihn bei der Abfassung der erwähnten Dekanatsschrift „Ältere Geschichte der Lehre von den Kontaktwirkungen“ (1898), und von demselben Gesichtspunkt aus wurde das klassische umfangreiche Werk „Elektrochemie: Ihre Geschichte und Lehre“ (1896) erfaßt und bearbeitet. Während hier eine Lebens- und Geistesgeschichte eines Einzelgebietes entworfen ist, behandelt das Buch „Leitlinien der Chemie. Sieben Vorträge aus der Geschichte der Chemie“ (1906; in zweiter Auflage unter dem Titel: Der Werdegang einer Wissenschaft. Sieben gemeinverständl. Vorträge aus der Geschichte der Chemie, 1908), die allgemeine Problemstellung in der Chemie und die Entwicklung der chemischen Begriffe und Theorien. Entwicklungs-geschichtlich sind ferner die beiden Monographien „Elektrochemie“ (1910) und „Energie“ (1908, II. Aufl. 1910). Im Jahre 1909 übersetzt er W. Ramsays Werk „Vergangenes und Künftiges aus der Chemie“ (II. Aufl., 1913); autobiographisches und chemie-geschichtliches Material wird hier von dem großen Experimentator Ramsay in reizvoller Weise mitgeteilt. Biographie und Erkenntnis-Theorie bilden den Hauptinhalt auch

<sup>102)</sup> Lebenslinien II, 105.

des Buches „Aug. Comte und sein Werk“ (1913). Es folgt die deutsche Ausgabe von Sir Henry Roscoes „Ein Leben der Arbeit: Erinnerungen“ (Große Männer, VII, 1919); der hervorragende Mitarbeiter Bunsens schildert hier einen großen Abschnitt der Wissenschafts- und Zeit-Geschichte. Eine weitausholende Natur- und Entwicklungs-Geschichte des menschlichen Geistes stellt nun das von Ostwald übersetzte Werk dar: Alphons de Candolle „Zur Geschichte der Wissenschaften und der Gelehrten seit zwei Jahrhunderten, nebst anderen Studien über wissenschaftliche Gegenstände, insbesondere über Vererbung und Selektion beim Menschen“<sup>103)</sup>.

Dann sei noch auf die zahlreichen Biographien und Nachrufe hingewiesen, die Ostwald seinen berühmten Zeitgenossen oder Vorgängern in seiner charakteristischen, kritisch-warmherzigen Weise gewidmet hat, z. B. Eilh. Mitscherlich (1894), Rob. Bunsen (1902), Joh. Wislicenus (1903), Jac. Henr. van't Hoff (Dr.-Jubil. 1899; Gedächtnisrede 1911), Svante Arrhenius (Dr.-Jubil. 1909); ferner die biographisch-wissenschaftlichen Schilderungen von Dalton, Davy und Faraday (in Bugges Buch der großen Chemiker, I. Band, 1929). Als letztes hierhergehöriges Werk seien noch Ostwalds „Lebenslinien: Eine Selbstbiographie“ (3 Bände, 1926/27) besonders hervorgehoben. Hier finden sich alle hervorragenden Eigenschaften der Ostwaldschen Schreib- und Darstellungsweise vereinigt, um die Biologie eines großen Mannes — des Arbeits-Phänomens Ostwald — zu liefern. Diese Biographie ist zugleich eine Kulturgeschichte, denn sie umfaßt die Schilderung des geistigen Lebens von fast einem Jahrhundert und von den meisten Kulturländern. Mit der scharfen Lupe seines Geistes und mit heiterem Erzählerton läßt uns Ostwald Einblicke tun in die Verhältnisse nicht nur seiner baltischen Heimat, sondern auch Schwedens, Englands, Österreichs, Deutschlands, Nordamerikas (das er als Professor dreimal lehrend und redend durchkreuzt hat), und ebenso lernen wir durch ihn fast alle führenden Naturforscher, Denker und Wirtschaftler der Zeit von 1874—1914 kennen.

Das Bild wird mit einer auffallenden Offenherzigkeit sowohl in der Eigenbeurteilung, als auch in der Charakterisierung der Zeit-Ereignisse und der Zeit-Berühmtheiten diesseits und jenseits der großen Meere entworfen. In lückenloser Aufeinanderfolge geleiten wir den kleinen Bürgersohn durch alle Stadien seines geistigen Aufstiegs, nehmen an seinen wissenschaftlichen Forschungen und erkenntnis-theoretischen Leistungen teil und bewundern in ihm den großen Menschen, der seiner energetischen Lebensauffassung und seinem Drang zur ungebundenen Forschung zuliebe seine hochangesehene akademische Stellung freiwillig aufgibt, um ein Vierteljahrhundert hindurch als ein wissenschaftlicher Outsider und Einsiedler zu leben: er gönnt sich kein otium cum dignitate, er gibt die gewohnte Arbeit auf, um noch mehr und fremdartige Arbeit zu leisten! Er, der Einsiedler, geht mit jugendlichem Idealismus und erprobter geistiger Expansivität an Organisations-Probleme, welche das ganze Kulturleben der weiten Welt betreffen. Er beugt sich nie vor dem sogenannten „Selbstverständlichen“, sondern wählt seine eigenen Wege. Man nennt ihn ein „Original“, man ironisiert über seine Ansichten und Urteile (z. B. in den „Lebenslinien“), die der heilsamen kritischen Einwirkung von Kollegen usw. entrückt gewesen seien. Hat aber Ostwald nicht schon vor seinem akademischen Rücktritt (1906)

<sup>103)</sup> Große Männer, Band II, 1921.

sich mit seinen Ansichten über Dinge und Menschen Gegner geschaffen? Haben nicht seine herben Urteile über manche seiner nächsten Kollegen schon während seiner Amtstätigkeit ihre deutlichen Wirkungen gezeigt? Ostwald gesteht selbst ein, daß er die Kunst der Menschen-Behandlung nicht besessen habe. Er sah scharf und beurteilte rücksichtslos die Eigenheiten der Nebenmenschen, übersah aber dabei, daß auch diese Nebenmenschen ein Recht auf die Beurteilung seiner menschlichen Art hatten und ausübten, also manche seiner Urteile als kurzsichtig kennzeichnen werden. Wir nehmen diese Tatsachen als gegeben hin, wollen aber nicht unterlassen darauf hinzuweisen, daß diese Einstellung Ostwalds zu seiner Umwelt in bewußter Hintersetzung persönlicher Vorteile geschah, zwangsläufig seinem Drang zur Selbständigkeit entsprach und demnach als ein unverfälschtes Dokument seiner durchaus originellen Persönlichkeit zu bewerten ist. Sagte doch schon Goethe: „Was nicht originell ist, daran ist nichts gelegen. Und was originell ist, trägt immer die Gebrechen des Individuums.“

#### Organisations-Arbeiten (1894; 1906—1914).

Das zweite große Arbeitsfeld Ostwalds war das Feld des Organisators. Als Beweggrund für diese umfangreiche organisatorische Tätigkeit des Wissenschaftlers Ostwald gibt er selbst den inneren Drang an, andere Menschen zu beeinflussen, damit „sie des gleichen Glückes wenigstens einigermaßen teilhaftig“ werden, das ihm „so reich aus der Wissenschaft zuströmte“<sup>104)</sup>. Das Organisations-Talent war ja eigentlich eine Wesenskomponente seiner Geistigkeit überhaupt, denn es hatte schon früh ein organisatorisches Werk in seinem „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ vollbracht, und es war eine nicht geringere organisatorische Leistung, das Leipziger Institut und die Leipziger physikalisch-chemische Schule zu schaffen. Nach dem Ausscheiden aus dem Universitätsamt (1906) machte sich nur zu leicht das Fehlen einer Betätigung dieses angeborenen Organisations-Triebes geltend, und so suchte sich dann Ostwald außerhalb des akademischen Lehramts, an der großen Straße der Kultur-Entwicklung neue organisatorische Aufgaben, indem er von nationalen zu internationalen Problemen fortschritt. Als Romantiker bedurfte er einer Umwelt, die eine unmittelbare und starke Resonanz für seine Lehr- und Denktätigkeit bot. War es vordem seine eigene Schule, der Kreis seiner Mitarbeiter und der Kreis der Fachkollegen, an welche er sich wandte, so mochte er nachher, bewußt oder unterbewußt dem Drange seines lebhaften Geistes folgend, immer weitere Kreise aufsuchen und dementsprechend immer allgemeinere Probleme der Klärung und Organisation zuzuführen trachten. In die fruchtbarste Zeit seines akademischen Wirkens tritt uns das Problem der Gründung der „Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft“ entgegen. Diese Gesellschaft wird am 21. April 1894 in Kassel von Hochschul-Lehrern und Technikern gegründet; zu den 65 Gründern gehören W. Ostwald, W. Nernst, M. Le Blanc usw., und zum 1. Vorsitzenden wird Ostwald, als I. Schriftführer A. Wilke gewählt. Die erste Jahresversammlung findet am 5. und 6. Oktober 1894 in Berlin statt, anwesend sind 85 Mann, während die Mitgliederzahl bereits auf 271 angewachsen ist. Die Hauptsitzung am 6. Oktober — „bei Dressel, Unter den Linden 50“ — bringt neben dem Vortrage des Vorsitzenden (über Joh. Wilh. Ritter),

<sup>104)</sup> Lebenslinien III, 434.

neben seiner und des 2. Vorsitzenden H. T. Böttinger-Elberfeld Werbeansprachen für die Beschaffung künftiger Bildungsstätten der Elektrochemie noch 7 wissenschaftliche Vorträge. Als Vereinsorgan wird die seit dem 15. April 1894 von A. Wilke und W. Borchers herausgegebene „Zeitschrift für Elektrotechnik und Elektrochemie“ (Verlag W. Knapp in Halle a. S.) benutzt. Nachdem dieselbe vom 1. Oktober 1894 ab sich in die „Abteilung Elektrochemie“ (herausgegeben von W. Borchers), als „Organ der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft“ und in die „Abteilung Elektrotechnik“ (Herausgeber A. Wilke) gegliedert hatte, trat am 1. Dezember 1894 noch Ostwald neben Borchers in die Redaktion ein und verblieb darin bis Juli 1896. Die Werbetätigkeit der beiden Vorsitzenden (Böttinger war zugleich Mitglied des Preußischen Abgeordnetenhauses) reichte bis in die maßgebenden hohen Regierungsstellen, zumal in Preußen, wo vom Kultusministerium drei neue Lehrstühle für Elektrochemie in Aussicht genommen wurden. Beider Lösung von Maximums- und Minimums-Gleichungen in den Finanzministerien werden erfahrungsgemäß die Minima bevorzugt, und so wurde auch diesmal aus drei Instituten eines, und auch dieser Anfang war zu begrüßen. So konnte bereits im Juni 1896 das unter W. Nernsts Leitung stehende „Institut für physikalische Chemie und besonders Elektrochemie an der Universität Göttingen“ feierlich eingeweiht und der Lehre und Forschung übergeben werden<sup>105)</sup>. An der Technischen Hochschule in Berlin war 1894 ein Lehrstuhl für Elektrochemie, ebenso an der Münchner Technischen Hochschule 1897; das neue Leipziger Physikalisch-chemische Institut konnte Ostwald 1897 eröffnen, die Universität Gießen folgte 1901. Neue Lehrbücher der Elektrochemie erscheinen (H. Jahn, 1895; Le Blanc, 1895; Haber, 1898; Arrhenius, 1901, usw.). Eine Blütezeit der theoretischen und technischen Elektrochemie bricht an; Ostwald glaubt die Zukunft der Elektrochemischen Gesellschaft gesichert und tritt 1898 vom Vorsitz zurück, indem nun J. H. van't Hoff zum ersten Vorsitzenden gewählt wird. Im Jahre 1899 reiht die Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. ihren Mitbegründer und Führer Ostwald in die Zahl ihrer Ehrenmitglieder ein. Doch Ostwalds Organisationstrieb und Kampfgeschick brachten ihn bald wieder auf die Rednertribüne der Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. Auf der VIII. Hauptversammlung (17.—20. April 1901) in Freiburg i. Br. hält er die Gedenkrede auf Robert Bunsen<sup>106)</sup> (gest. 16. VIII. 1899). Nach einer geistvollen Analyse der Wesensart und Gedankenwelt, sowie der wissenschaftlichen Technik Bunsens kommt nun Ostwald zu der Frage, wie die Entwicklung der physikalischen Chemie künftig hin gefördert und verbreitet werden könnte, nachdem inzwischen die Elektrochemie in der Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. ihr Krystallisationszentrum gefunden hat. Sollte nicht diese Gesellschaft das Recht und die Pflicht haben, sich zu einem Verein zu erweitern, „der sich die Pflege des ganzen Gebietes der physikalischen Chemie, insbesondere im Sinne einer Vermittlung zwischen Wissenschaft und Technik, zur Aufgabe stellt?“ Und er fährt fort: „Der Name Bunsen ist das Panier, unter dem sich freudig alle die scharen werden, deren Mitarbeit wir uns wünschen. Als Deutsche Bunsen-Gesellschaft wollen wir an die

<sup>105)</sup> vergl. Ztschr. Elektrochem. 2, 629 [1896].

<sup>106)</sup> Es sei erwähnt, daß W. Ostwald und M. Bodenstein Bunsens Abhandlungen in 3 Bänden (Leipzig 1905) herausgegeben haben.

große Aufgabe gehen, die vorhin bezeichnet worden ist.<sup>106), 107)</sup> — Mit gemischten Gefühlen lesen wir heute die Gegengründe gegen diese Umbenennung und Arbeits-Erweiterung<sup>108)</sup>, Name und Programm werden in Ortsgruppen einstimmig abgelehnt<sup>109)</sup>; auch auf der IX. Hauptversammlung in Würzburg 1902 entbrennen heftige Debatten, doch ergab die Schlußabstimmung eine Mehrheit für die Namens-Änderung<sup>110)</sup>, und so betrat die „Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie“ die aufsteigende Bahn ihrer Entwicklung! — Wir haben dieser Episode aus Ostwalds Leben bewußt einen breiteren Raum gewidmet, weil hier gleichsam ein Schulbeispiel vorliegt für die Biologie neuer wissenschaftlicher Organisationen, für die wirkenden Kräfte und die regelmäßig auftretenden Gegenwirkungen, dann aber auch, weil wir in diesem Spiel entgegengesetzter Kräfte deutlich die ausschlaggebende Rolle der führenden Persönlichkeit erkennen.

### Chemiker-Prüfung.

In die Geschicke der Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. spielt noch ein anderer wichtiger Fragen-Komplex hinein, nämlich die einst so lebhaft in Wort und Schrift erörterte und umstrittene Frage der „Chemiker-Prüfung“, d. h. des Staatsexamens für Chemiker. Hier galt es, die Widerstände nicht nur zahlreicher chemischer Fachgenossen, sondern auch des Vereins Deutscher Chemiker, des Vereins zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands usw. zu überwinden, die ihrerseits die Einführung des Staatsexamens bei den Regierungsstellen beantragt bzw. allgemein befürwortet hatten. Es war nun wiederum Ostwald, der auf der IV. Hauptversammlung der Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. in München teils durch seinen Vortrag „Über wissenschaftliche und technische Bildung“, teils in der Diskussion, wirksam unterstützt von A. v. Baeyer und V. Meyer, eine Ablehnung des geplanten Staatsexamens herbeiführte. Es klingt fast wie Liebigs Mahnruf (1840) für die Erhaltung eines „wahrhaft wissenschaftlichen“ Chemie-Unterrichts, wenn Ostwald schreibt: „... nur durch immer kräftigere Entwicklung der wissenschaftlichen Selbständigkeit ... können wir die Leistungsfähigkeit unserer Chemiker steigern“<sup>111)</sup>. An die Stelle des „Chemiker-Examens“ wurden nun als Gegenmaßnahmen, und zwar nach A. v. Baeyers Grundgedanken, „der Verband der Laboratoriums-Vorstände“ und die „Verbands-Prüfung“ am 19. September 1897 in Braunschweig beschlossen bzw. am 1. April 1898 in Tätigkeit gesetzt, mit A. v. Baeyer als I. Vorsitzenden und W. Ostwald als Schriftführer. Die Zwischenzeit hat zugunsten der damaligen Grundansichten

<sup>107)</sup> Ztschr. Elektrochem. 7, 617 [1901]. — Dem Bericht über diese denkwürdige Freiburger Hauptversammlung der „Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft“ (Ztschr. Elektrochem. 7, 605 [1901]), entnehmen wir, daß unter den Teilnehmern u. a. aufgeführt sind: Dr. Bodenstein-Leipzig, Prof. Dr. Nernst-Göttingen, Dr. Specketer-Griesheim. Als auf der XXXVII. Hauptversammlung (16. Mai 1932 in Münster i. W.) die „Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie“, nunmehr auf drei Jahrzehnte ihres Wirkens zurückblickend, eine Gedenkfeier für ihr Ehrenmitglied Wilh. Ostwald veranstaltet, da wirken als I. Vorsitzender Direktor Dr. Specketer-Frankfurt a. M.-Griesheim, als II. Vorsitzender Prof. Dr. Bodenstein-Berlin, und die Gedächtnisrede auf Wilh. Ostwald hält Prof. Dr. Nernst-Berlin (Ztschr. Elektrochem. 38, 337 [1932]). <sup>108)</sup> das., S. 665 ff. [1901].

<sup>109)</sup> ebenda, S. 885 f.

<sup>110)</sup> vergl. Lebenslinien II, 254.

<sup>111)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 28, 569 [1897].

und Maßnahmen entschieden: Trotz aller Zeiten-Ungunst ist die deutsche Forschung und Industrie vorbildlich geblieben, und als Vorbild hat auch der deutsche Hochschul-Unterricht gewirkt, indem europäische und außereuropäische Kulturländer denselben nachgeahmt haben.

In einer anderen Richtung bewegt sich Ostwalds Organisations-Bestreben, wenn er den Plan einer Chemischen Reichsanstalt faßt und zu verwirklichen sucht. Ähnlich wie es die Physik in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt bereits besaß, wollte Ostwald auch für die Chemie eine vom Unterricht ganz befreite Forschungsanstalt errichtet sehen. In einer Broschüre „Die Chemische Reichsanstalt“ (Leipzig, 1906) entwarf er das Arbeitsprogramm; von Ludw. Mond erhielt er die Zusicherung einer erheblichen Geldspende für die zu errichtende chemische Forschungsanstalt<sup>112)</sup>, und so gedieh der Plan bis zum Gründungsausschuß, der in Berlin zusammentrat und einen Arbeitsausschuß bildete, in welchem Ostwald als dem Vater des Gedankens eine untergeordnete Rolle zugeschrieben wurde. Er verzichtete auf eine weitere Mitarbeit<sup>113)</sup>. Die Anregung Ostwalds führte aber zu der Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts (1910), dessen Leitung der einstige Mitarbeiter Ostwalds, E. Beckmann (1912), übernahm. In der Folge schlossen sich weitere Forschungs-Institute an, und so wuchs sich der Gedanke Ostwalds, ohne daß der letztere mitraten und mittun durfte, zu einer großzügigen wissenschaftlichen Forschungsstätte für die physikalische Chemie, Elektrochemie, Biochemie usw. aus.

### „Brücke“.

Eine andersgeartete Organisations-Arbeit folgte: die „Organisierung der geistigen Arbeit“ durch die „Brücke“, welche durch K. W. Bühler und A. Saager (1911) angeregt worden war. Wiederum wurde Ostwald führend; im Jahre 1911 erfolgte in München die Gründung<sup>114)</sup> „die Brücke“, deren I. Vorsitzender W. Ostwald wurde. Wiederum griff er mit dem ihm eigenen Idealismus ein, indem er aus seinem Nobel-Preis das Grundkapital der neuen Organisation bildete<sup>115)</sup>. Als bleibende Ausbeute ergab sich aus dieser Brücken-Arbeit im Laufe der Jahre: das Format des Papiers (Weltformat; Diformat), Zerlegung des Buches („Sammelschrift“ nach Ostwald), Ordnung der Farben. Daß diese Organisations-Ideen Ostwalds allmählich auch in große Zweige der Industrie und Technik eingedrungen sind und zur „Normung“, „Typisierung“ usw. geführt haben, dafür zeugt die Tätigkeit des Deutschen Normen-Ausschusses.

Wir können nicht umhin auf die Tragik hinzuweisen, die in dem Entwicklungsgange dieser und anderer — auf die Organisierung der Wissenschaft überhaupt gerichteter — Ideen und Vorarbeiten Ostwalds liegt. Man hat sie inzwischen teils weitergeführt, ohne des Urhebers zu gedenken, oder man geht gegenwärtig — im entstellten Sinne dessen, was Ostwald 1912 darüber niedergelegt hat — an die Verwirklichung seiner Pläne (z. B. „Maison de chimie“).

<sup>112)</sup> Lebenslinien III, 266.

<sup>113)</sup> Lebenslinien III, 271.

<sup>114)</sup> Zur Charakterologie dieser Gründung diene der Hinweis, daß unter den Mitgliedern auch folgende Namen stehen: G. Kerschensteiner, Sv. Arrhenius, W. Exner, E. v. Behring, Hj. Schacht, E. Solvay u. a. <sup>115)</sup> Lebenslinien III, 299.

### Internationale Atomgewichts-Kommission.

Wenn auf den geschilderten Organisations-Gebieten Ostwalds die Umstellungs-Reaktionen verhältnismäßig schnell verliefen, so erforderte die Frage nach der Wahl der Atomgewichts-Einheit und den internationalen Atomgewichten eine langwierige, an geistigen — teils offenen, teils versteckten — Kämpfen reiche Arbeit. Schon 1885 hatte Ostwald in seinem Lehrbuch<sup>116)</sup> bei der Neuberechnung der Atomgewichte den Sauerstoff O = 16.00 als Bezugs-Einheit zugrunde gelegt. Bei der Neuauflage des Lehrbuchs<sup>117)</sup> wies er eindringlich auf diese sinngemäße Sauerstoff-Einheit hin. Anderseits hatte L. Meyer in seinem Werk „Die modernen Theorien der Chemie“ den Wasserstoff H = 1.00 zugrunde gelegt. Es waren nun die Bedürfnisse der analytischen Chemiker, die Emil Fischer veranlaßten, die Deutsche Chemische Gesellschaft mit dieser Frage zu beschäftigen: am 1. Dezember 1897 wurde eine deutsche Atomgewichts-Kommission ernannt (H. Landolt, W. Ostwald und K. Seubert), welche ihrerseits O = 16.00 vorschlug. Auf diese Kommission folgte 1900 eine große internationale Atomgewichts-Kommission, die wiederum O = 16.00 empfahl. Auch der IV. Internationale Kongreß für angewandte Chemie (Paris 1900) hatte den Beschuß der Dtsch. Chem. Gesellschaft mit O = 16.00 akzeptiert, ebenso die VII. Hauptversammlung der Dtsch. Elektrochem. Gesellsch. in Zürich (1900). Trotzdem gab der Dreier-Ausschuß der internationalen Atomgewichts-Kommission (Clarke, Thorpe und Seubert) im Jahre 1903 zwei Tabellen heraus, mit H = 1.00 und mit O = 16.00! Erst 1906 entschloß sich die letztgenannte Kommission zu der Grundlage O = 16.00; im selben Jahr trat Ostwald an die Stelle von K. Seubert, und gemeinsam mit Clarke, Thorpe und Urbain hat er bis 1916 alljährlich die internationalen Atomgewichts-Tabellen bearbeitet und veröffentlicht. Dann unterbrachen die Kriegswirren auch diese internationale Geistesarbeit, und Ostwald veröffentlichte allein die Atomgewichte<sup>118)</sup>. — Erst im Sterbejahr Ostwalds erstand die Internationale Atomgewichts-Kommission zu neuem Leben<sup>119)</sup>.

### „Internationale Assoziation der chemischen Gesellschaften.“

Inzwischen war Ostwald für die Verwirklichung einer neuen organisatorischen Idee tätig gewesen: es war die Gründung des Internationalen Chemiker-Verbandes. Im Frühling 1911 traten — nach Vorverhandlungen zwischen Ostwald und A. Haller-Paris — je drei Abgeordnete der Deutschen Chemischen Gesellschaft (Ostwald, Wichelhaus und P. Jacobson), der Englischen (W. Ramsay, P. Frankland, Meldola) und der Französischen (Haller, Hanriot und Béhal) in Paris zusammen und begründeten die „Internationale Assoziation der chemischen Gesellschaften“. Die zweite Tagung fand im Frühling 1912 in Berlin unter Ostwalds Präsidium statt; die meisten Länder hatten ihren Anschluß erklärt, und in einer zahlreichen Gesellschaft von hervorragenden Delegierten konnten wir die in erster Reihe zu bearbeitenden Fragen (Organisation der chemischen Nomenklatur, der chemischen künstlichen Weltsprache, des Weltformats usw.) entscheiden.

<sup>116)</sup> I, S. 44 [1885].

<sup>117)</sup> I. Band, S. 21 [1891].

<sup>118)</sup> vergl. Ztschr. physikal. Chem. 90, 717 [1915], 99, 1 [1921].

<sup>119)</sup> vergl. B. 65, A 33 [1932].

Die dritte Tagung unter W. Ramsays Präsidium vereinte uns wieder in Brüssel (Herbst 1913); das Präsidium hatte bereits 18 Beratungspunkte aufgestellt, die Bearbeitung derselben wurde nach eingehender Diskussion besonderen Ausschüssen zugewiesen, um auf der nächsten Tagung in Paris, unter dem Präsidium von Haller im Herbst 1914, durchberaten zu werden. Gleichzeitig hatte Ostwald noch die Gründung eines Internationalen Instituts für Chemie im Zusammenhang mit der „Assoziation“ geplant und in die Wege geleitet. Während der Brüsseler Tagung (1913) waren wir nämlich Zeugen, wie der eigenartige Erfinder und technische Organisator Ernest Solvay auch als ein wissenschaftlicher Idealist durch eine Millionen-Spende die Errichtung eines solchen Instituts für Chemie sicherstellte. Alle Einzelheiten über dieses „Institut International de Chimie Solvay“ sollten nun ebenfalls auf der Pariser Tagung der Assoziation (1914) endgültig festgelegt werden<sup>120)</sup>. — Daß der Krieg mit seinen Nachwirkungen sowohl die Internationale Assoziation der chemischen Gesellschaften, als auch das Internationale Institut für Chemie grundlegend beeinflußt hat, indem er aus einem großzügig erdachten und geförderten Instrument der internationalen Verständigung der Chemiker, zwecks gemeinsamen Ausbaues der chemischen Wissenschaft, ganz anders geartete Gebilde machte, ist ein trauriges „document humain“ für die zukünftige Geschichts-Schreibung der Chemie. Daß und wie diese wesensfremde Entwicklung seiner Lieblings-Organisationen Ostwald als deren geistigen Vater tief verbittert hat, ist ohne weiteres verständlich<sup>121)</sup>.

### Monismus.

Ernst Haeckel hatte im Jahre 1906 den „Monisten-Bund“ gestiftet. Um in die Bewegung neuen Geist und neue Führung hineinzutragen, veranlaßte er Ostwald (1910), die Leitung des Monisten-Bundes zu übernehmen. Ostwald ergriff auch diese Gelegenheit, da sich hier ein neues Feld für seine organisatorische Tätigkeit darbot, und zwar für die Herausarbeitung und Verbreitung der modernen wissenschaftlichen Weltanschauung an Stelle der „veralteten“ Religionen. In Hamburg fand 1911 die glänzend verlaufene Monisten-Tagung statt<sup>122)</sup>, auf welcher eine internationale Organisation des Monismus beschlossen wurde, und mit großen Hoffnungen wurde „das monistische (d. h. wissenschaftliche) Jahrhundert“ eröffnet. Um den Bundesgenossen seine Gedanken mitzuteilen, verfaßte und veröffentlichte Ostwald „Monistische Sonntags-Predigten“ (1911 ff., 3 Bände, 1913), d. h. populär-wissenschaftliche Aufsätze über ethisch-religiöse Fragen, ferner gab er „Arbeiten zum Monismus“ in Broschüren-Form (1914) und Verteidigungsschriften des Monismus gegen die Schulphilosophie, Religion usw. (1914) heraus. Doch bald verlor er die Lust an dieser Aufklärungs- und Kampfarbeit: „Hauptsächlich wegen des geringen Nutzwertes solcher Bemühungen, der mit dem energetischen Imperativ in Widerspruch stand“<sup>123)</sup>. Der ausbrechende Weltkrieg und Gegensätze im Bunde selbst bewogen Ostwald zum Rücktritt von der Leitung (1914) und damit auch von dieser Organisations-Arbeit.

<sup>120)</sup> s. a. Lebenslinien III, 281 ff.

<sup>121)</sup> s. a. Lebenslinien III, 286, 343.

<sup>122)</sup> Lebenslinien III, 226.

<sup>123)</sup> Lebenslinien III, 251.

### Internationale Hilfssprache.

Daß die Vielsprachigkeit eine Schar von Hemmungen im Verkehr mit Fremdsprachigen mit sich bringt, hatte Ostwald bereits in seinem Physikalisch-chemischen Institut, beim Unterricht der vielen „Ausländer“, erfahren: der Besuch der internationalen Kongresse, mit der stets wachsenden Zahl von zugelassenen Vortragssprachen, ließ ihn diese Hemmungen auch für die Wertung des Inhalts der Vorträge und der Diskussionen wiederholt empfinden; dazu kamen die vielfachen ehrenden Einladungen zu Sondervorträgen im Auslande. In dem Maße nun, wie diese äußereren Schwierigkeiten sich mehrten, wuchs sein innerer Widerstand gegen diese „Energie-Vergeudung“, die in der Schule mit dem Erlernen der Sprachen beginnt und im Leben des Wissenschaftlers sich fortsetzt. Und so gelangte er vom praktischen und energetischen Standpunkt aus zwangsläufig zu der Frage nach einer Abhilfe durch eine bereits vorhandene oder neuzugestaltende Hilfs- oder Kunstsprache, die in ihrem Bau einfach, daher leicht erlernbar sei. Schon während seines Aufenthaltes in Amerika als Austausch-Professor (1905/06) begann Ostwald seine Propaganda für das Esperanto und stiftete Preise für die besten Übersetzungen<sup>124)</sup>; nach der Heimkehr wurde in Paris (1907) ein Hilfssprachen-Ausschuß einberufen, dessen Vorsitz Ostwald überwiesen wurde; eine neue internationale Hilfssprache „Ido“ mit einer eigenen Zeitschrift „Progreso“ wurde ins Leben gerufen, und die Bewegung schien in ihrer Weiterentwicklung gesichert zu sein, nachdem noch die Ansätze zur Bildung eines Welt-sprachen-Amtes in Bern eingeleitet worden waren<sup>125)</sup>. Auch für die Einbürgerung des „Ido“ in der chemischen Literatur hatte Ostwald Schritte getan, indem er in einer umfangreichen Abhandlung „Chemische Weltliteratur<sup>126)</sup>“ die Grundlage für eine chemische Nomenklatur in der Ido-Sprache ausgearbeitet hatte. Doch das geistige Beharrungsvermögen („Träheitsgesetz“) erwies sich all diesen Neuerungen gegenüber als hemmend, und der Ausbruch des Krieges verwischte vollends die Interessen der Wissenschaftler für diese organisatorische Idee.

### Pazifismus (Friedensbewegung).

Daß Ostwald — der Energetiker, Idealist und Organisator internationaler Interessen — den Krieg „als eine Energie-Vergeudung allerschwerster Art“ beurteilen mußte, ist selbstverständlich<sup>127)</sup>. Infolgedessen hat er bereits 1909 auf die in der Zukunft — durch die Eroberung der Luft für den Verkehr — unwirksam werdenden politischen und wirtschaftlichen Grenzen hingewiesen, sowie (1909—1911) an den Tagungen der internationalen Friedenkongresse in Wien, Stockholm und Frankfurt a. M. als Vortragender teilgenommen. Durch einen Aufsatz in der französischen Monatsschrift „Grande Revue“, betitelt „Der große Schritt“, forderte er das französische Volk zu der höchsten Leistung für den Weltfrieden auf, nämlich — zu einer freiwilligen Abrüstung<sup>128)</sup>. Der Weltkrieg war die Antwort. —

Überblickt man die Gesamtheit dieser internationalen Organisationsarbeiten Ostwalds, die auf eine Verständigung der Menschen, auf eine Förderung der Wissenschaften und eine Steigerung der menschlichen Kultur-

<sup>124)</sup> Lebenslinien III, 150.

<sup>125)</sup> Lebenslinien III, 177.

<sup>126)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 76, 1 [1911].

<sup>127)</sup> Lebenslinien III, 329.

<sup>128)</sup> s. Lebenslinien III, 334.

güter gerichtet waren, so muß man nicht nur seinen Idealismus, sondern auch seinen Weitblick bewundern. Gewiß, das ganze Werk hat keine oder nur vereinzelte Früchte getragen, die Zeitgeschichte hat andere Fragen und Sorgen in den Vordergrund gerückt! Doch ebenso gewiß ist es, daß die Weltgeschichte zu einem günstigeren Zeitpunkt an diese Organisations-Arbeiten Ostwalds anknüpfen und sie weiterbilden wird, denn zwangsläufig werden die Völker die Verbundenheit in Kultur und Wirtschaft bekennen und die internationalen Organisationen als lebensnotwendig verwirklichen müssen.

Neben der unmittelbaren Tragik, die in dem Zusammenbruch der von Ostwald getanen Organisations-Arbeiten lag, erwuchs für ihn noch die neue sorgenvolle Frage: Was nun? Von seiner Meldung zu freiwilligem Dienst während der Kriegszeit wurde höheren Orts kein Gebrauch gemacht, wohl aber wurde seine Bochumer Anlage zur Salpetersäure-Gewinnung aus Ammoniak staatlicherseits übernommen<sup>129</sup>). Und der 61-Jährige vollzog eine neue geistige Umstellung, indem er sich wiederum der Wissenschaft wandte: das neue Arbeitsfeld hieß die Farbenlehre.

#### Die Welt der Farben und Harmonien (1914–1932).

In Wilhelm Meisters Wanderjahren hat Goethe für den Lebensweg den Spruch geprägt: „Vom Nützlichen durchs Wahre zum Schönen.“ Auch des Wissenschaftlers und Wahrheitssuchers Wilhelm Ostwald Lebenswanderung mündete ein in das Reich des Schönen. Ostwald hat wiederholt hervorgehoben, daß er als gemeinsames Erbgut von seinen Eltern neben unverwüstlicher Arbeitsfreude und einem gesunden Körper auch die Freude am Zeichnen und Malen überkommen habe. In seinen „Lebenslinien“ berichtet er, wie die praktische Betätigung mit Bleistift und Pinsel ihn durch sein ganzes Leben begleitet hat; insbesondere, wenn eine Ausspannung während der voll- oder überbelasteten Lehr- und Forscherarbeit geboten war, ergab sich die beste Erholung beim einsamen Wandern mit dem Malkasten und beim Nachbilden der Natur-Erscheinungen<sup>130</sup>). Von diesen gelegentlichen Beschäftigungen mit Malen und mit Farben, die ihn zu der Herausgabe der „Malerbriefe“ (1904) veranlaßten, ging er zu einem systematischen Studium der Farben und Formen über, wesentlich im Zusammenhang mit den Aufgaben der „Brücke“, zu deren Programm auch die Ordnung der Farben gehörte. In diese Zeit fällt die Herausgabe seines Buches „Monumentales und dekoratives Pastell“ (1912). (Das Problem der Farbenkennzeichnung war damals eine Tagesfrage; ich erinnere mich, wie im Jahre 1913 auch die Internationale Assoziation der Akademien der Wissenschaften, auf ihrer Tagung in St. Petersburg, eine Kommission zum Studium dieses Problems ernannte.) Unabhängig und auf eigenen Wegen ging hier Ostwald vor, und in mehrjähriger Gedanken- und Experimentalarbeit hat er dem Problem eine Lösung gegeben, die den Anspruch erheben darf, vorläufig die einzige praktisch brauchbare zu sein. Es muß ohne weiteres zugestanden werden, daß es eine große Errungenschaft Ostwalds bedeutet, wenn es gegenwärtig möglich ist, daß Künstler oder Kunstliebhaber etwa die Farben der Wolken oder eines Sonnen-Unterganges für einen gegebenen Augenblick

<sup>129)</sup> Lebenslinien III, 343, 350, 360.

<sup>130)</sup> vergl. Lebenslinien I, 236; II, 192, 201; III, 79, 109.

durch genaue Kennzahlen fixieren können, um nachher in Muße sie naturwahr zu malen.

Der stufenweisen Entwicklung seiner Gedankengänge und experimentellen Maßnahmen bis zur Lösung des Problems hat Ostwald eine eingehende Schilderung<sup>131)</sup> gewidmet, welche als ein Schulbeispiel dienen kann, „wie ein neues wissenschaftliches Feld geordnet und urbar gemacht wird ... und man kann das Ganze als eine Anleitung zum Entdecken ansehen.“ Er geht von der Darstellung eines reinen Grau aus; um die verschiedenen hellen Graustufen zu messen, erfindet er das Halbschatten-Photometer (Hasch) und stellt die unbunten Normen fest. Dann geht er zur Messung der Buntfarben über, wobei er die Begriffe bezogene und unbezogene Farben, sowie Vollfarbe einführt. Es sind nun Vollfarbe, Weiß und Schwarz die Elemente; die unbunten Farben bestehen aus den Elementen Weiß und Schwarz, die unbezogenen — aus Vollfarbe und Weiß, die bezogenen aus Vollfarbe, Weiß und Schwarz. Die Messung dieser Körperfarben geht über das farbtongleiche Dreieck und den Farbtonkreis zur Lehre vom Farbenhalb, um nun mit Hilfe eines anderen neu erfundenen Geräts, des Polarisations-Farbenmischers (Pomi), für jede beliebige Farbe den Farbton festzustellen und durch Kennzahlen zu bezeichnen. „Die gesamte Farbenwelt war der Herrschaft von Maß und Zahl unterworfen.“<sup>132)</sup>. Daran schließt sich die Normung der Buntfarben (Normung des Farbtonkreises) und die praktische Aufgabe, die Ergebnisse der Messung und Normung in eine handliche Form zu bringen, indem zum allgemeinen Gebrauch ein Atlas der Farbnormen herzustellen war (1916 ff.). Die weiteren Gedankengänge führen Ostwald zur Entwicklung einer „Harmonie der Farben“ und alsdann zu einer „Harmonie der Formen“; verständlich und folgerichtig ist es, wenn er sagt, „... insofern könnte man heute ganz wohl ein Licht-Gedicht oder eine Licht-Symphonie ersinnen und sogar aufschreiben, so daß es jederzeit wiederholt werden könnte .... Man kann sich aber eine Licht-Kunst vorstellen, welche ebenso wenig naturalistisch ist, wie die Musik, welche also Licht, Farben und Formen in ganz allgemeiner Weise benutzt, um Gefühlsvorgänge zeitlich nachzubilden und dadurch im Beschauer gleich hervorzurufen, ganz ebenso, wie die Musik die Töne in solcher Weise benutzt“<sup>133)</sup>. Diese Worte regen zum Nachdenken an. Vor mehr als hundert Jahren hatte Goethe, der die Farbenlehre unbewußt in die Physiologie und Psychologie verlegt hatte, gelehrt, daß die Farben-Eindrücke „spezifisch wirken und entschieden spezifische Zustände in dem lebendigen Organ hervorbringen müssen ...“. „Eben auch so in dem Gemüt. Die Erfahrung lehrt uns, daß die einzelnen Farben besondere Gemütsstimmungen geben“ (Entwurf einer Farbenlehre, § 761 und 762). Wenn wir nun in Weiterbildung der Idee Ostwalds von den Licht-Gedichten und Licht-Symphonien diese dazu verwenden lernten, um in kranken Organismen oder in krankem Gemüt derart „spezifische“ Zustände zu erregen, daß Heilwirkungen erzielt werden könnten? Wäre dieserart nicht eine neue Licht- oder Farben-Therapie möglich?

Außer den genannten Werken zur Malerei und Farbenlehre nennen wir noch die folgenden: Die Abhandlung „Ein absolutes System der Farben“<sup>134)</sup>. Dann die Werke: Die Farbenfibel (I. Aufl., 1916, XIV. Aufl.

<sup>131)</sup> in seinen „Lebenslinien“ III, 353, 407.

<sup>132)</sup> Lebenslinien III, 392.

<sup>133)</sup> Lebenslinien III, 432.

<sup>134)</sup> Ztschr. physikal. Chem. 91, 129, 92, 222 [1916].

1931); Die Farbenlehre, I (1918, III. Aufl. 1931) und II (1919, II. Aufl. 1928), Die Harmonie der Farben (1918, V. Aufl. 1923); Goethe, Schopenhauer und die Farbenlehre (1918, II. Aufl. 1931); Einführung in die Farbenlehre (1919); Die Farbschule (1919, V. Aufl. 1924); Die Harmonie der Formen (1922); Die Welt der Formen (1922/24); Farblehre (1923); Farbnormen-Atlas (1924); Die Farbtonleitern (II. Aufl. 1924); Maltechnik (1930). Seit 1921 gleichzeitig die Herausgabe der Zeitschrift „Die Farbe“ (Verlag Unesma, Leipzig).

Es soll nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, daß die Farbenlehre Ostwalds und seine Verwissenschaftlichung der Kunst — durch Zurückverweisung auf empirisch-experimentelle Grundlagen — vonseiten der Künstler und Kunstgelehrten vielfachem Widerstand begegnete, indem man von einem Einbruch in die „Mystik der Kunst“, von einer Zerstörung „der Farben-Unschuld“ sprach. Doch schon ein Goethe hatte mit seiner Farbenlehre ähnliche Erfahrungen gemacht: „Man fand bisher bei den Malern eine Furcht, ja eine entschiedene Abneigung gegen alle theoretische Betrachtung über die Farbe und was zu ihr gehört ... Hält man dem Stier ein rotes Tuch vor, so wird er wütend, aber der Philosoph, wenn man nur überhaupt von Farbe spricht, fängt an zu rasen.“ Und noch ein anderer Gleichklang zwischen den beiden Farbenlehrern ist wert vermerkt zu werden. Ostwald urteilte über seine Farbenlehre folgendermaßen: „Subjektiv bin ich der Meinung, daß in diesen Arbeiten sich die Besonderheiten am deutlichsten aussprechen, welche mein Gehirn von den anderen gleichen und besseren unterscheiden, und daß sie somit den Höhepunkt meiner wissenschaftlichen Leistungen darstellten“<sup>135)</sup>. Ein Jahrhundert früher hatte sich Goethe über seine Leistungen in der Farbenlehre Eckermann gegenüber folgendermaßen geäußert (1829): „Auf alles, was ich als Poet geleistet habe, bilde ich mir gar nichts ein ... Daß ich aber in meinem Jahrhundert in der schwierigen Wissenschaft der Farbenlehre der Einzige bin, der das Rechte weiß, darauf tue ich mir etwas zugute ...“

Es ist kein Zufall, daß Ostwalds letztes Werk dem allumfassenden Geist Goethes gewidmet war und den Titel trug „Goethe, der Prophet“ (Leipzig, 1932). Wenn Ostwald immer wieder hervorgehoben hatte, daß es Aufgabe der Wissenschaft sei zu prophezeien, so stellt gerade Goethes Persönlichkeit ein reizvolles Problem für die Biologie des Genies und den Zusammenhang zwischen Kunst und Wissenschaft dar. Ostwald weist nun Goethes Propheten-Natur auch in chemischen und technischen Fragen nach. Indem er Goethes Meister-Erzählung „Die Wahl-Verwandtschaften“ analysiert, greift er auf seine eigenen Erstlingsarbeiten über die chemische Verwandtschaft (1876 u. ff.) zurück und sagt, daß hernach seine und seiner Mitarbeiter Leistungen „ganz und gar um den Begriff der chemischen Verwandtschaft zentriert gewesen“ sind, „... und es war mir immer, wenn ich eine besonders harte Nuß zu knacken hatte, ein vergnüglicher Gedanke, daß es sich gewissermaßen um Goethesche Probleme handelte“. Und indem er sich Goethes Faust-Drama (II. Teil) zuwendet, vermag er Goethes Voraussichten in der Energie-Verwertung bzw. -Vergeudung festzustellen, sowie ihn als den Vorausahner der künftigen Bedeutung der Technik zu erkennen.

<sup>135)</sup> Lebenslinien I, 30; III, 358, 403 [1927].

Goethe sagte einst: „Wem die Natur ihr offenbares Geheimnis zu enthüllen anfängt, der empfindet eine unwiderstehliche Sehnsucht nach ihrer würdigsten Auslegerin, der Kunst.“ War es nicht die Kunst, die Welt des Schönen, die Farben-Harmonien und die Blumen-Schönheit seines Gartens, die auch den greisen Energetiker Ostwald zum stillen Genießen und zum jugendfrischen Erfassen jener Harmonien durch Maß und Zahl hinzogen?

### Schlußwort.

Überblickt man die Vielheit und Vielgestaltigkeit des Lebenswerkes Ostwalds, so muß man in stiller Bewunderung vor dieser Fülle sich beugen. In unserer Zeit des infolge der zunehmenden Spezialisierung immer mehr sich verengernden Gesichtskreises erscheint uns Ostwald wie ein zeitfremder Universalmensch und Universalgelehrter, einer der letzten Polyhistoren früherer Kultur-Epochen und der Bindeglieder zwischen allen Kultur-Nationen. Eine breite Zeitspanne trennt die Gegenwart von jener Vergangenheit, in welcher Ostwald im Verein mit J. H. van't Hoff und Svante Arrhenius die physikalische Chemie begründete und von Leipzig aus baute. Eine vielleicht noch breitere Zeitspanne wird nötig sein, um Ostwalds organisatorische Pläne und Arbeiten wiederzubeleben. Fast möchte man sagen, daß für die Gegenwart und das bewußte Erfassen von Ostwalds wissenschaftlicher Bedeutung er zu spät starb, daß hingegen in seinen internationalen Organisations-Arbeiten er zu früh auf der Welt erschienen ist.

Ostwald hat als scharfer Beobachter und Denker nicht nur die chemischen Dinge und Vorgänge, sondern ebenso auch die Nebenmenschen und menschliches Handeln eingehendst analysiert; doch nicht weniger scharf hat er auch sich selbst beobachtet, sowie sein Leben energetisch beurteilt. Er nennt sich selbst in seiner Lebensweise einen „praktischen Idealisten“<sup>136)</sup>, der für seine Ideen und Ideale nicht nur mit den Waffen des Geistes rücksichtslos kämpfte, sondern auch keine Kompromiß-Lösungen kannte und rücksichtslos den eigenen Vorteil, eigene materielle Mittel, eigene Freundschaften opferte. Als infolge des Zusammenbruchs unserer Währung auch er mittellos wurde, da hat er seinem „dahingeschwundenen Vermögen ... keine Träne nachgeweint“<sup>137)</sup>. Offenherzig bekannte er, daß er „nie in Geldnot gewesen sei“<sup>138)</sup>, d. h. daß er auch mit wenig Geld auszukommen verstanden habe. Seine tapfere und haushälterische Lebensgefährtin hat ihm auch den Lebensabend zu einem stillen „Glück in der Hütte“ zu gestalten vermocht, und diese Zurückgezogenheit und Genügsamkeit des äußerem Lebens wurde nur öfters unterbrochen durch den Besuch der Kinder und Enkel, durch gelegentliche Vorträge und jährliche Kurreisen nach Karlsbad.

Als Wissenschaftler und Lehrer gehört Ostwald dem Forschertyp der „Romantiker“ an. Die von Ostwald für diesen Typus in seinem Werk „Große Männer“ gegebene Charakteristik paßt ja auf ihn selber: Ideenfülle, Begeisterung, schnelle und reiche Produktivität bzw. eine außergewöhnliche Beweglichkeit des Geistes und Geschwindigkeit des Schaffens; infolgedessen bedürfen die Romantiker einer Umgebung, welche zur Aufnahme und Verarbeitung der Ideen, Pläne und Probleme dient, sie sind also die gottbegnadeten Schöpfer und Leiter von wissenschaftlichen Schulen. Es lag bei dieser Fülle

<sup>136)</sup> Lebenslinien III, 118, 152.

<sup>137)</sup> Lebenslinien III, 350.

<sup>138)</sup> Lebenslinien I, 213.

der Ideen und bei dem Reichtum im eigenen Schaffen ganz in seinem Wesen, daß Ostwald mit gleicher Freude die neuen Funde begrüßte, woher sie auch kommen mochten; ob von Fremden, ob von seinen eigenen Schülern, die im Kraftfelde seiner Ideen arbeiteten: er zollte die Anerkennung hier wie dort. Mit Recht konnte (schon 1903) J. H. van't Hoff sagen, daß Ostwald mit gleicher Begeisterung für andere wie für eigene Errungenschaften eintrat, daß ihm ein Hauptbedürfnis war, „die eigenen Gedanken anderen zu übertragen.“ Er besaß aber auch die Fähigkeit, über seine Schüler hinaus, größere Menschenmassen zu beeinflussen und zu begeistern. Doch „neben der Eigenschaft der Anziehung besaß ich, wie Goethe dies einmal geschildert hat, außerdem die Eigenschaft der Abstoßung, die sich oft genug nach einiger Zeit geltend machte“, so bekannte Ostwald selbst. Immer hatte er so viel Neues vor sich, daß ihm keine Zeit blieb zu Rückblicken, „am wenigsten zu gefühlvollen . . . Ich war nie ein Erinnerungs-Mensch gewesen.“ Sein ganzes Leben war Arbeit, und die schöpferische Arbeit spendete ihm äußeren Erfolg und inneres Glückgefühl: „das Glücksgefühl war mir ein Zeichen dafür, daß meine Arbeit mit bestem Güteverhältnis, also gemäß dem energetischen Imperativ, vor sich ging.“ Er wandelte den Lebensweg, der ihn zu den höchsten Stufen wissenschaftlicher Ehrung hinaufführte, in voller harmonischer Ausbildung des eignen Ich, als ein Glücklicher, der die Wissenschaft und die schöne Literatur, die Musik und die Malerei in gleicher Weise liebte und ausübte. Wenn dieser Glückliche durch seine Kampffreudigkeit sich auch Gegner schuf, so siegte doch schließlich der Zauber seiner heiteren Persönlichkeit. „Große Talente sind (nach Goethe) das schönste Versöhnungsmittel“.

In diesem denkwürdigen Goethe-Jahr hat ja auch Ostwald noch kurz vor seiner Erkrankung in einer besinnlichen Betrachtung das wissenschaftliche Prophetentum des Weisen von Weimar analysiert. Auch Goethe war ein Arbeitsriese, ein Schönheitshungriger und ein Glücklicher, und mit diesem seinen Lieblingsdichter fühlte sich Ostwald verbunden auch in der Vielseitigkeit des Wissens und in der Liebe zur Welt der Farben und Harmonien. — Als Ostwald seine letzte Reise von seiner „Energie“ nach der Leipziger Klinik macht, ist es seine erste Bemerkung, daß in seinem Krankenzimmer die Farben-Ausstattung gefällig und richtig sei. Nach 5 Tagen wird dieses Krankenzimmer sein Sterbezimmer, in welchem er um Mitternacht bei Sternenschein seinen letzten Atemzug tut. Es mögen nun auch für ihn die gleichen Worte gelten, in welche Goethe die Summe seines Lebens hineingelegt hat:

„Ihr glücklichen Augen,  
Was je ihr geseh'n,  
Es sei wie es wolle,  
Es war doch schön.“

„Was ist das höchste Glück, als daß wir ausführen, was wir als recht und gut einsehen, daß wir wirklich Herren über die Mittel zu unseren Zwecken sind?“

*Paul Walden.*