

Wilhelm Ostwald: Begründer der physikalischen Chemie und Nobelpreisträger 1909

Gerhard Ertl*

Chemiegeschichte · Heterogene Katalyse · Nobelpreis · Ostwald, Wilhelm · Physikalische Chemie

Ein überraschter Preisträger

„Dass die höchste wissenschaftliche Auszeichnung, die es gegenwärtig gibt, unter den vielerlei Arbeiten, durch welche ich das Gebiet der allgemeinen Chemie zu erweitern mich bemüht habe, gerade denen über Katalyse zuerkannt worden ist, hat mich ebenso beglückt wie überrascht. Beglückt deshalb, weil ich in meinem eigenen Inneren diesen Teil meiner Tätigkeit für den hielt und halte, in welchem sich die persönliche Beschaffenheit meiner Arbeitsweise am bestimmtesten ausspricht und der mir deshalb mehr als alle anderen am Herzen liegt.



Abbildung 1. Wilhelm Ostwald um 1897.

Überrascht, weil ich erst von einer sehr viel späteren Zeit die Anerkennung erwartete, auf welche ich hierfür hoffen durfte“.^[1]

Mit diesen Worten begann Wilhelm Ostwald (Abbildung 1) am 12. Dezember 1909 seinen Vortrag in Stockholm, nachdem ihm zwei Tage zuvor der Nobelpreis für Chemie verliehen worden war mit der Begründung „als Anerkennung für seine Arbeiten über Katalyse und für seine dafür grundlegenden Untersuchungen über chemische Gleichgewichtsverhältnisse und Reaktionsgeschwindigkeiten“, wie dies auf der damit verbundenen Urkunde ausgeführt ist (Abbildung 2).

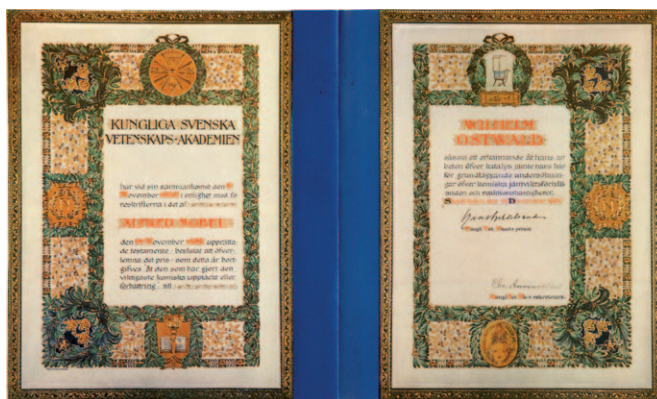


Abbildung 2. Nobelpreis-Urkunde für Wilhelm Ostwald.

Ostwalds Überraschung ist wohl auch darauf zurückzuführen, dass er in den Jahren davor eine Reihe von grundlegenden Entdeckungen auf recht unterschiedlichen Gebieten der sich stürmisch entwickelnden physikalischen Chemie gemacht hatte, sodass er mit Recht als Begründer dieser Disziplin bezeichnet werden kann. Zwar wurden bereits andere Vertreter dieses Faches vor ihm mit dem Nobelpreis geehrt: Der erste Chemienobelpreis ging 1901 an J. H. van't Hoff „in Anerkennung seiner Entdeckung von Gesetzen der chemischen Dynamik und des osmotischen Drucks in Lösung“, und 1903 wurde S. Arrhenius ausgezeichnet für seine Theorie der elektrolytischen Dissoziation. Aber Ostwald hatte neben seinen eigenen grundsätzlichen Beiträgen erstmals eine systematische Erfassung seines Faches versucht, indem er bereits

[*] Prof. Dr. G. Ertl
Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft
Abteilung Physikalische Chemie
Faradayweg 4-6, 14195 Berlin (Deutschland)
E-Mail: ertl@fhi-berlin.mpg.de

in jungen Jahren sein grundlegendes zweibändiges *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*^[2] veröffentlichte und 1887 gemeinsam mit van't Hoff die *Zeitschrift für Physikalische Chemie* ins Leben rief. Schließlich begründete er eine umfangreiche wissenschaftliche Schule, aus der seinerzeit ein Großteil der Physikochemiker hervorging.

Jeder Chemiestudent kennt heute eine Reihe von Begriffen, die mit dem Namen Ostwald verbunden sind, so das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz, die Ostwaldsche Stufenregel, die Ostwald-Reifung, aber auch das großtechnische Ostwald-Verfahren. Zu seiner Zeit beruhte die physikalische Chemie im Wesentlichen auf der Thermodynamik, nachdem im 19. Jahrhundert der 1. und der 2. Hauptsatz aufgefunden worden waren. So war der Begriff „Energie“ für Ostwald zur allgemeinen Leitlinie geworden, und nicht von ungefähr nannte er seinen Landsitz in Großbothen, wohin er sich nach dem Verlassen der Universität Leipzig zurückgezogen hatte, „Haus Energie“. Sein Primat der Energie („*Vergeude keine Energie, verwerte sie*“) wurde zwar zu seinen Lebzeiten kritisiert, besitzt aber derzeit eine drängende Aktualität. Zur aufkommenden Elektrochemie und Reaktionskinetik leistete Ostwald wichtige Beiträge. Dagegen stand er der Vorstellung eines atomaren Aufbaus der Materie sehr skeptisch gegenüber und wurde einer der prominentesten Gegner von L. Boltzmann – eine Einstellung, die er erst im Alter revidierte, ohne aber noch der dann aufkommenden Quantentheorie Beachtung zu schenken.

Neben seiner herausragenden Rolle als Forscher und Lehrer kennzeichnete Ostwald eine schier unbegreifliche Schaffenskraft auf vielen weiteren Gebieten; er kann also uneingeschränkt als „Workaholic“ bezeichnet werden: Von ihm erschienen 45 Bücher und ca. 1000 Publikationen. Daneben war er Herausgeber wichtiger Zeitschriften und Buchreihen sowie Gründer wissenschaftlicher Gesellschaften, betätigte sich als Naturphilosoph und -historiker und befasste sich in seinem letzten Lebensabschnitt intensiv mit der Entwicklung einer Farbenlehre. Den Anstoß zur letztgenannten Aktivität erhielt er zweifellos aus seiner Beschäftigung mit der Malerei, die er zur Erholung betrieb und die sich in zahlreichen Landschaftsbildern in seinem Nachlass niederschlug.

Er selbst teilte seine Aktivitäten in zwei Arbeitsfelder ein, das des Entdeckers und das des Organisators, wobei er insgesamt das Feld des Organisators für wichtiger hielt:^[4] „*Der Organisator baut an der Straße, der Forscher pflegt seinen Garten. Ein Organisator in der Wissenschaft kann aber nur einer sein, der auch Entdecker war, da er sonst keinen Maßstab für das besitzt, was er organisieren will. Das Umgekehrte ist nicht nötig, denn einem großen Teil der Entdecker fehlt die organisatorische Fähigkeit*“.

Lebenslinien

Unter diesem Titel veröffentlichte Ostwald in den Jahren 1926/27 seine dreiteilige Selbstbiographie,^[3] die vor einigen Jahren im Auftrag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften in einer von K. Hansel überarbeiteten und kommentierten Fassung neu aufgelegt wurde.^[4] Über Ostwald als

Mensch berichtete auch in etwas verklärter Form seine Tochter, Grete Ostwald, in einem 1953 erschienenen Buch.^[5]

Wilhelm Ostwald wurde am 2. September 1853 im damals zu Russland gehörenden Riga als mittlerer von drei Söhnen des deutschstämmigen Böttchermeisters Wilhelm Gottfried Ostwald und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Leuchel, geboren. Nach dem Besuch der Elementarschule und des Realgymnasiums begann er 1872 mit dem Chemiestudium an der Universität Dorpat. Das Interesse an der Chemie war bereits während seiner Schulzeit erwacht. Dies führte zusammen mit anderen Aktivitäten dazu, dass er das Abitur erst mit einhalbjähriger Verspätung hatte ablegen können. Seine Chemielehrer an der Universität waren Johann Lemberg und der Liebig-Schüler Carl Schmidt, während Arthur von Öttingen für die Physik zuständig war. Obwohl Ostwald die ersten Semester etwas verbummelte, erwarb er 1877 den Grad eines Magisters und wurde ein Jahr später zum Doktor der Chemie promoviert.

Inzwischen war sein Interesse an der Wissenschaft so mächtig geworden, dass er überglücklich war, als er bei von Öttingen eine Assistentenstelle angeboten bekam. Später wechselte er dann auf eine analoge Stelle bei Carl Schmidt, bei dem er sich 1880 auch habilitierte. Da er in jenem Jahr zudem heiratete, war er darauf angewiesen, etwas Geld zu verdienen, wofür er neben seiner Assistententätigkeit eine Stelle als Lehrer an einer Realschule übernahm. Diese Sorgen wurden beendet, als er 1882 mit 28 Jahren eine Berufung zum Professor für Chemie am Polytechnikum Riga erhielt und damit nach zehn Jahren Dorpat wieder verließ und in seine Heimatstadt zurückkehrte.

Dort stürzte er sich alsbald mit Feuereifer in die neuen Aufgaben und berichtete selbst über ein Gespräch zwischen zwei polnischen Studenten: „*Hast du schon gehört neuen Professor? – Nein. Was ist? – Du musst hören ihn, da geht Chemie in Kopf wie mit Schaufel.*“ In der Forschung wandte sich Ostwald der nach der Entdeckung der beiden Hauptsätze aufblühenden Thermodynamik (oder „Energetik“ wie er sie nannte) zu, wobei er neben dem Studium der Gleichgewichte nun auch das der Geschwindigkeit einbezog und zur Durchführung der Experimente mit der ihm eigenen Geschicklichkeit eine Reihe von Geräten erfand, insbesondere einen Thermostaten, der sogar auf der Nobelpreis-Urkunde abgebildet wurde. Der Zustrom von Studenten machte bald einen Neubau erforderlich, dessen Genehmigung aber mit der Auflage verbunden war, dass Ostwald sich zuvor auf einer Rundreise durch Deutschland ein Bild von den wichtigsten Laboratorien machen sollte. Auf dieser vierwöchigen Reise lernte er alle damals auf dem Gebiet der Chemie führenden Wissenschaftler kennen. Anschließend wurde das neue Laboratorium gebaut und nach – für heutige Verhältnisse – kurzer Bauzeit 1885 bezogen.

Die Zeit in Riga war eine Phase angestrengtester Aktivität: Das monumentale zweibändige Lehrbuch wurde geschrieben, mit der Hinwendung zu Fragen der Elektrochemie wurde ein neues aktuelles Forschungsgebiet aufgegriffen, was durch die engen Kontakte zu Arrhenius und van't Hoff gefördert wurde, und schließlich erschien am 15. Februar 1887 das erste Heft der *Zeitschrift für Physikalische Chemie*.

Inzwischen war aber Ostwald die Situation in Riga zu eng geworden, und er schaute sich nach einem anderen Arbeitsort (in Deutschland) um. Dafür bot sich Leipzig an, an dessen Universität es damals den einzigen Lehrstuhl für Physikalische Chemie gab. Dieser wurde dadurch frei, dass sein Inhaber Wiedemann auf den Lehrstuhl für Physik wechselte. Nachdem die Verhandlungen mit einer Reihe anderer Kandidaten gescheitert waren, erhielt Ostwald den Ruf, den er als knapp 34-Jähriger annahm – und so im September 1887 mit der inzwischen um vier Kinder gewachsenen Familie vom Russischen ins Deutsche Reich übersiedelte. In die gleiche Periode fällt die Entdeckung der grundlegenden Gesetzmäßigkeiten beim osmotischen Druck durch van't Hoff und der elektrolitischen Dissoziation durch Arrhenius, welche Ostwald mit seinem Verdünnungsgesetz ergänzte und wodurch das Fach Physikalische Chemie auf ein neues Fundament gestellt wurde. Fortan widmete Ostwald seine Forschungsaktivitäten auch vornehmlich der Elektrochemie.

Das neue Institut – von nun an Zweites Chemisches Laboratorium – bestand aus drei Abteilungen mit je einem Assistenten. Als Assistenten für die physikalisch-chemische Abteilung gewann Ostwald Walter Nernst, der mit einem Jahresgehalt von 1000 Mark angestellt wurde und bekanntlich einer der weiteren Leuchttürme seiner Disziplin wurde.

Ostwald bewältigte weiterhin ein schier unglaubliches Arbeitspensum: Neben seiner umfangreichen Unterrichtstätigkeit und den eigenen Forschungsarbeiten entwickelte er eine enorme schriftstellerische Aktivität. Er schrieb Lehrbuch um Lehrbuch und begann mit der Herausgabe der Reihe *Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften*, wozu er manche Übersetzung oder auch eigene Artikel beisteuerte. Er ging jetzt auch dazu über, eine Schreibmaschine zu verwenden, wodurch er seine Schreibgeschwindigkeit noch weiter steigern konnte. Stolz vermerkte er, dass er an einem ruhigen Sonntag auf diese Weise eine Übersetzung von 67 Druckseiten anfertigte.

Zu jener Zeit entwickelte Ostwald in zunehmendem Maße seine Gedanken zur „Energetik“, wonach alle beobachtbaren Vorgänge auf der Welt der damit verbundenen Energie zuzuschreiben sind. Manche dieser Ideen muten uns heute trivial an, andere wiederum wirken weit hergeholt – und so blieb es nicht aus, dass sich hieraus auch heftige Kontroversen entwickelten. Hinzu kam Ostwalds Ablehnung der Atomistik, und diese Auseinandersetzungen kulminierten auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte 1895 in Lübeck,^[6] bei der Ostwald seinen Standpunkt wie folgt formulierte: „*Aber, wenn uns die Anschauung der bewegten Atome genommen wird, welches Mittel bleibt uns übrig, uns ein Bild von der Wirklichkeit zu machen? Auf solche Frage möchte ich rufen: Du sollst dir kein Bildnis oder Gleichnis machen!*“ Es war dies im Wesentlichen die von Ernst Mach vertretene Naturphilosophie, an der im Endeffekt wohl auch Ludwig Boltzmann seelisch zerbrach.

Nahezu gleichzeitig mit diesem Auftritt von Ostwald entdeckte Röntgen die nach ihm benannte Strahlung,^[7] wodurch schließlich die atomare Struktur der Materie experimentell nachgewiesen werden konnte, und es muss zur Ehrenrettung Ostwalds angeführt werden, dass er in dieser Frage seine Haltung später änderte: „*Ich habe mich überzeugt, dass*

wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Natur der Stoffe gelangt sind, welche die Atomhypothese seit Jahrhunderten vergeblich gesucht hatte“.^[8]

Da Ostwald den Ruf nach Leipzig ohne weitere Bedingungen angenommen hatte, musste er zunächst mit der sehr unbefriedigenden räumlichen Situation seines Instituts zurechtkommen; dies änderte sich 1894 durch die Bewilligung eines Neubaus. In die Bauphase fiel eine ernsthafte Erkrankung Ostwalds, die man heute wohl als „Burn-out“-Syndrom bezeichnen würde und die er nur durch eine ausgedehnte Erholungsphase überwinden konnte, wobei aber eine Abneigung gegen das Unterrichten zurückblieb.

Der Neubau wurde 1897 vollendet und am 3. Januar 1898 unter dem Namen „Physikalisch-Chemisches Institut“ vor einem großen Auditorium feierlich eröffnet (Abbildung 3).

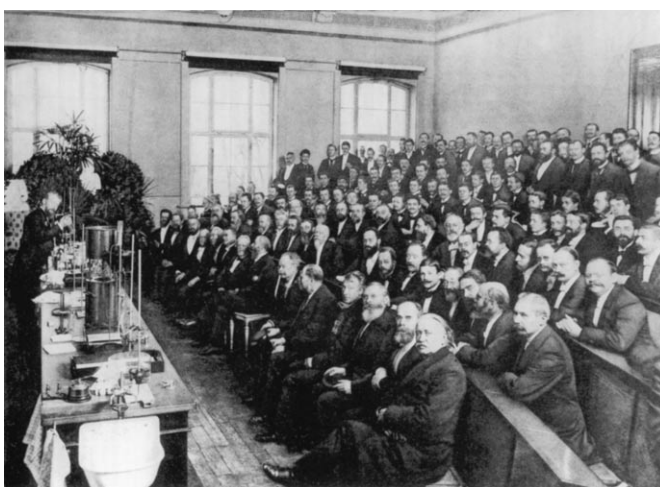


Abbildung 3. Eröffnung des Physikalisch-Chemischen Instituts in Leipzig 1898.

Bei seinem Vortrag zu diesem Anlass demonstrierte Ostwald Experimente mit flüssiger Luft, deren Erzeugung wenig vorher von Carl von Linde erstmals durchgeführt worden war. Der Vortrag konzentrierte sich allerdings mehr auf philosophische Fragen – ein Gebiet, an dem Ostwald immer mehr Interesse fand und auf dem er ab 1901 regelmäßig Vorlesungen hielt und das ihn auch prompt zur Gründung der *Annalen der Naturphilosophie* veranlasste. Zu seinen Mitarbeitern zählten während jener Jahre neben Nernst so illustre Wissenschaftler wie Georg Bredig, Max Bodenstein, Alwin Mittasch und Herbert Freundlich. Auch zwei Reisen in die USA – zur damaligen Zeit ein anstrengendes und zeitraubendes Unternehmen – sowie zahlreiche Ehrungen fielen in diese Zeit.

Ungeachtet der weiter anhaltenden literarischen Aktivität wurde Ostwald der Unterrichtsbetrieb immer mehr zuwider. Nach dem Urteil von Zeitgenossen ließ sein Interesse an der Chemie sogar allgemein nach, sodass er schließlich selbst der wissenschaftlichen Diskussion aus dem Wege ging. Die zunehmende Erschöpfung veranlasste ihn, eine Beur-

laubung von seiner Unterrichtstätigkeit zu beantragen. Dieses Ansinnen löste in seiner Philosophischen Fakultät heftigen Widerspruch aus und wurde dort abgelehnt, worauf Ostwald mit Schreiben vom 26. Februar 1905 aus „gesundheitlichen Gründen“ um seine Entlassung bat. Daraufhin schickte ihm das Ministerium eine Einladung, als erster deutscher Austauschprofessor an die Harvard University zu gehen, mit dem Vorschlag, anschließend noch ein Semester in Leipzig tätig zu sein, wodurch sich auch sein Ruhegehalt erhöhen würde. Der viermonatige USA-Aufenthalt war mit zahlreichen Vorlesungen (in englischer Sprache) angefüllt, was Ostwald aber offensichtlich Spaß machte – im Gegensatz zu dem letzten Semester, das er anschließend noch in Leipzig „abzudienen“ hatte.

Ostwald war durch seine zahlreichen Bücher recht wohlhabend geworden, sodass er bereits 1901 ein größeres Grundstück im 40 km von Leipzig entfernten Großbothen erworben hatte, das nun zu seinem Landsitz „Energie“ ausgebaut wurde und das Zentrum seines neuen Lebensabschnitts als Privatgelehrter werden sollte. Dort erreichte ihn 1909 als 56-Jähriger die Nachricht von der Verleihung des Nobelpreises – zu einer Zeit, als er sich schon längst nicht mehr mit der eigentlichen Chemie beschäftigte.

Katalyse

Dass durch Zugabe kleinster Stoffmengen andere Stoffe in ihrer Zusammensetzung stark beeinflusst werden können, war seit der Antike bekannt. Diese Wirkung wurde in der mittelalterlichen Alchemie auch dem „Stein der Weisen“ zugeschrieben, von wo aus es ein langer Weg bis zur grundsätzlichen Deutung dieses Phänomens durch Wilhelm Ostwald war.^[9] Der Begriff „Katalyse“ wurde von dem schwedischen Chemiker Berzelius geprägt, der in seinen ab 1820 erschienenen Jahresberichten immer wieder auf derartige Befunde hingewiesen hatte, aber erst 1835 eine geeignete Namensgebung einführte:^[10] „*Ich werde sie daher, um mich einer in der Chemie wohlbekannten Ableitung zu bedienen, die katalytische Kraft der Körper und die Zersetzung durch dieselbe Katalyse nennen, gleichwie wir mit dem Wort Analyse die Trennung der Bestandteile verstehen.*“

In der Folgezeit wurde die Existenz dieses Phänomens zwar nicht in Frage gestellt, Erklärungsversuche, insbesondere durch Liebig, blieben aber in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts heftig umstritten. Eine Wende in der Diskussion wurde erst durch Ostwald ausgelöst. Als ersten Hinweis auf die von ihm vorgenommene Verknüpfung der Katalyse mit dem neuen Gebiet der Reaktionskinetik kann man wohl folgende, 1894 publizierte Definition betrachten: „*Katalyse ist die Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes.*“^[11] Den Kenntnisstand zu jener Zeit zum Thema „Katalyse“ schilderte Ostwald ausführlich in dem 1897/1898 erschienenen Text *Ältere Lehre von den Berührungswirkungen*.^[12] Bemerkenswerterweise handelt es sich bei dieser chemiehistorischen Arbeit um eine bei der Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig eingereichte „dissertatio“, deren Autor

bereits mehrfacher Doktor, ordentlicher Professor und zu jener Zeit selbst Dekan war!

Einen Hinweis auf die erstmalige Erkenntnis von Katalyse als kinetisches Phänomen gab Ostwald in der Erläuterung seiner 1887 durchgeführten Untersuchungen zur Oxidation von Iodwasserstoff durch Bromsäure, wie er dies in seiner Nobelpreisrede hervorhob:^[1] „*So wurde ich unwiderstehlich zu der Auffassung gedrängt, dass das Wesen der Katalyse nicht in der Hervorbringung einer Reaktion zu suchen ist, sondern in ihrer Beschleunigung... Ich würde der Pflicht der Aufrichtigkeit zuwider handeln, wenn ich unterlassen würde, zu bemerken, dass mir selbst damals dieser Fortschritt keineswegs besonders imponierte.*“

Als Ergebnis seiner Überlegungen zum Wesen der Katalyse präsentierte Ostwald schließlich in einem Vortrag am 26. September 1901 bei der Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte seine endgültige Definition: „*Ein Katalysator ist jeder Stoff, der ohne im Endprodukt einer chemischen Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert.*“^[13] Dabei hatte Ostwald noch keine klare Vorstellung über die eigentliche Ursache dieses Phänomens. Er vermutete zwar, dass die Bildung von Zwischenverbindungen zwischen Katalysator und an der Reaktion beteiligten Molekülen eine Rolle spielt, meinte aber „... *solange die Frage nach der allgemeinen Vorausberechnung einer chemischen Reaktionsgeschwindigkeit noch nicht gelöst ist, kann eine ausreichende Antwort auf die katalytische Frage nicht gegeben werden.*“^[1] Die Identifizierung der Zwischenverbindungen auf atomarer Skala gelang experimentell erst in jüngster Zeit durch die Entwicklung eines ganzen Arsenal oberflächenphysikalischer Methoden, und eine quantitative Behandlung der Kinetik gelang erst dank entsprechender Fortschritte auf dem Gebiet der Theorie.^[14]

Inzwischen begann Ostwald, etwa zeitgleich mit der Abfassung der oben erwähnten Dissertation^[12] und dem Einzug in das neue Institutsgebäude, sich auch den praktischen Anwendungen der Katalyse zuzuwenden. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurde aufgrund der ständig wachsenden Weltbevölkerung und der Erschöpfung der natürlichen Ressourcen (Guano) die künstliche Erzeugung von Stickstoffdünger ein globales Problem von ähnlicher Dimension wie heutzutage die Klimafrage. Die Aufgabe der Stickstoff-Fixierung wurde dann bekanntlich 1909 durch Fritz Haber im Labor gelöst, und Carl Bosch gelang die Überführung des Verfahrens in einen industriellen Prozess, mit dem 1913 erstmals Ammoniak großtechnisch erzeugt werden konnte (Haber-Bosch-Verfahren). Der dafür erforderliche promotierte Eisenkatalysator war zuvor von dem Ostwald-Schüler A. Mitsch entwickelt worden und befindet sich in nahezu unveränderter Zusammensetzung weltweit in fast allen Anlagen im Einsatz.

Ostwald hatte sich mit dem Problem der katalytischen Stickstoff-Fixierung bereits seit 1900 auseinandergesetzt.^[15] Von seinen Mitarbeitern Bodenstein und Brauer durchgeführte Versuche mit erhitztem Eisendraht brachten tatsächlich positive Ergebnisse, sodass Ostwald im März 1900 ein entsprechendes Patent formulierte. Bei einem Besuch bei der BASF in Ludwigshafen wurde die astronomische Summe von drei Millionen Mark als Vergütung für Ostwald in Aussicht

genommen. Leider stellte sich aber bald heraus, dass das gefundene Ammoniak nicht durch die Katalyse aus N_2 entstanden war, sondern durch Reaktion mit im Eisen gelösten Stickstoff, sodass der ganze Traum platzte. Nicht ohne Bitterkeit vermerkte Ostwald später, dass er sich als geistigen Vater dieser Industrie betrachtete, ohne dass dies (wenigstens von A. Mittasch) entsprechend gewürdigt wurde.

Erfolgreicher war Ostwald bei der Realisierung des nächsten Ziels, der Oxidation von Ammoniak zu Stickstoffoxiden als Vorstufe für die Salpetersäureproduktion. Er begann im Herbst 1901 sich mit dieser Frage zu beschäftigen, ausgelöst durch ein Gespräch, in dem die hilflose Lage Deutschlands erörtert wurde, falls England den Import des für die Herstellung von Schießpulver erforderlichen Chilesalpeters blockieren würde. Ostwald beauftragte seinen späteren Schwiegersohn Eberhard Brauer mit der Durchführung der erforderlichen Experimente, wobei bald klar wurde, dass eine möglichst kurze Kontaktzeit mit dem als Katalysator eingesetzten Platin erforderlich sein würde, um die Bildung von $N_2 + H_2O$ als energetisch tiefsten Zustand zu vermeiden.

Nach diversen Konflikten und Umwegen wurde schließlich unter der Leitung von Eberhard Brauer in Bochum eine Anlage gebaut, die ab 1906 „regelmäßig Salpetersäure und Ammoniumnitrat in technischem Maßstabe und mit gutem Gewinn herstellte“.^[16]

Bereits 1909 wurden feingewebte Platinnetze (heute bestehen die Netze aus Platin und Rhodium) als Katalysatoren eingesetzt, und 1915 wurde von der BASF eine Fabrik mit einer Kapazität von 150 Tonnen Salpetersäure in Betrieb genommen.^[17]

Elektrochemie

Zu Beginn seiner Laufbahn als Forscher hatte sich Ostwald neben der Messung der Kinetik chemischer Reaktionen vornehmlich dem Studium der Leitfähigkeit von Lösungen gewidmet. Zusammen mit van't Hoff und Arrhenius wurde er so auch zum Begründer der modernen Elektrochemie, als deren Geburtsjahr 1887 bezeichnet werden kann, als Arrhenius seine Theorie der elektrolytischen Dissoziation in Ionen im ersten Band der soeben gegründeten *Zeitschrift für Physikalische Chemie* publizierte.^[18] Die zu seiner Zeit revolutionäre Idee war Ostwald bereits zehn Jahre früher vorgeschwebt, als er in seiner Magisterdissertation die These aufgestellt hatte: „Das Wasser zersetzt alle Salze“.^[19] Die von Ostwald nach der Veröffentlichung von Arrhenius durchgeführten Leitfähigkeitsmessungen führten dann zur Aufstellung seines berühmten Verdünnungsgesetzes.^[20] In dem anfänglich erbitterten Streit um die Theorie der elektrolytischen Dissoziation erhielten deren Anhänger bemerkenswerterweise auch Unterstützung von dem jungen Max Planck.^[21] Kurze Zeit später entwickelte Ostwalds Assistent Walter Nernst in seiner Habilitationsschrift seine Theorie der elektromotorischen Wirksamkeit der Ionen mithilfe der Nernst-Gleichung.^[22]

Eine Reihe von Erfindungen ermöglichte die rasche Ausbreitung der Elektrotechnik zu jener Zeit, was wiederum im Zusammenhang mit den neuen Erkenntnissen zu einem

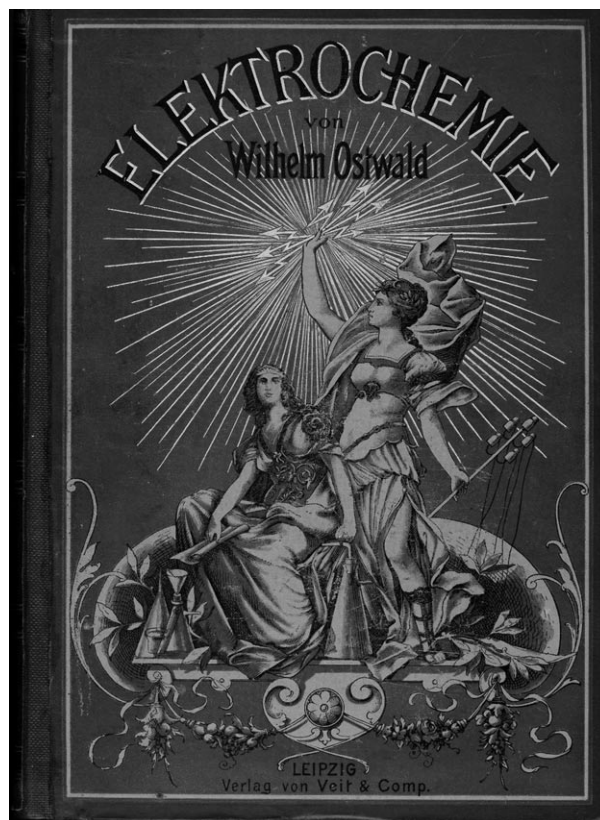


Abbildung 4. Umschlagseite von *Elektrochemie* 1896.

enormen Aufschwung der Elektrochemie führte. Dies veranlasste Ostwald, 1893 mit der Abfassung des nächsten größeren Werkes zu beginnen, das dann 1896 erschien: *Elektrochemie*.^[23] Schon das Titelbild (Abbildung 4) reflektiert die großen Hoffnungen, die in dieses neue Gebiet gesetzt wurden.

In diesem 1150 Seiten starken Buch beschränkte sich Ostwald nicht auf die Erläuterung und Erklärung der wissenschaftlichen Befunde, sondern ging auch ausführlich auf die historische Entwicklung und die Biographien der maßgeblichen Forscher ein. Dieses Vorgehen rechtfertigte er im Vorwort wie folgt: „Eine stets wiederkehrende Erfahrung als Forscher wie als Lehrer hat mich überzeugt, dass es kein wirksames Mittel zur Belebung und Vertiefung des Studiums gibt als das Eindringen in das geschichtliche Werden der Probleme.“ Man kann dies aber auch als Zeichen dafür sehen, dass Ostwald die Beschäftigung mit seiner Fachwissenschaft allein zu eng geworden war, wie dies auch seine spätere Biographie belegt. In seiner eigenen Einschätzung hielt er *Elektrochemie* für eines seiner besten Werke.

Während der Niederschrift seiner *Elektrochemie* wurde an Ostwald der Wunsch nach Gründung einer Elektrochemischen Gesellschaft herangetragen, die 1894 erfolgte. Dabei wurde Ostwald zum ersten Vorsitzenden gewählt. Er wurde in diesem Amt nie recht glücklich und trat daher 1898 wieder zurück, worauf van't Hoff in diese Position rückte. Schließlich kam Ostwald nochmals zum Zuge, als 1902 auf seine Initiative hin^[24] die Umbenennung in Bunsen-Gesellschaft erfolgte.

Die Elektrochemie hatte mittlerweile derart an Bedeutung gewonnen, dass neu gegründete Institute häufig die Bezeichnung „... für physikalische Chemie und Elektrochemie“ erhielten, so auch das 1911 gegründete erste Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin – das heutige Fritz-Haber-Institut.

Großbothen

Die innere Abkehr von seinem Lehramt an der Universität Leipzig hatte sich für Ostwald schrittweise vollzogen: Bereits 1900 erwirkte er die Bestellung eines Subdirektors (Robert Luther) für sein Institut, der für die laufenden Geschäfte zuständig wurde, während er selbst seinen Schwerpunkt auf die Naturphilosophie verlegte, wo Ernst Mach zu seinem Vorbild wurde. Ostwald war von seiner Idee der „Energetik“ nahezu besessen – einer Lehre, die im Wesentlichen auf dem ersten Hauptsatz beruhte und deren Konflikte heute nur noch schwer nachzuvollziehen sind. Die Quintessenz seiner Ideen formulierte Ostwald in Form seines energetischen Imperativs „*Vergeude keine Energie, verwerte sie*“ – einer Formel, die heute noch aktueller ist als damals. Zur gleichen Zeit erfuhr Ostwald eine Reihe ihn erfreuender Ehrungen: 1903 die erste Reise nach Kalifornien und das 25-jährige Jubiläum seiner Doktorpromotion, 1904 die Faraday Lectureship und schließlich 1905 die Berufung als Austauschprofessor nach Harvard. Ein besonderes Ereignis muss für ihn die Einladung zu einem Kongress aller Künste und Wissenschaften anlässlich der Weltausstellung 1904 in St. Louis gewesen sein, bei der er als Philosoph und nicht als Chemiker auftrat. Während seines viermonatigen Aufenthalts in Harvard waren die Bauarbeiten an seinem Landsitz „Energie“ vorangetrieben worden, wohin die Familie dann im September 1906 übersiedelte. Abbildung 5 zeigt das Haupt-



Abbildung 5. „Haus Energie“ in Großbothen.

gebäude, „Haus Energie“, in dem Ostwald bis zu seinem Tod 1932 in Labor und Bibliothek arbeitete. Durch Zukäufe wurde das Grundstück sukzessive auf über sieben Hektar vergrößert, und die Bebauung wurde auf fünf Häuser erweitert.

Hier konzentrierte sich Ostwald zunächst auf eine ganze Reihe von Problemen, die ihm wohl schon länger durch den Kopf gegangen waren: Hierzu zählten die von ihm vorgenommene Einteilung der Forscher in Klassiker und Romantiker und deren Analyse mittels „Psychographien“. Daraus resultierte unter anderem wieder ein Buch mit über 400 Seiten, *Große Männer*,^[25] das er als Studien zur Biologie des Genius betrachtete. Er engagierte sich außerdem für die Schulreform und die Einführung einer neuen Weltsprache „Ido“, die das Esperanto ersetzen sollte.

Schon bald wurde die nächste Aufgabe an Ostwald herangetragen: Der inzwischen greise Biologe und Philosoph Ernst Haeckel – ein entschiedener Vertreter des Darwinismus – hatte 1906 den Deutschen Monistenbund gegründet. Monismus bezeichnet eine Weltanschauung, wonach sich alle Erscheinungen der Welt auf ein einziges Grundprinzip, das Prinzip der Einheit von Natur und Geist, zurückführen lassen. Der Monistenbund trat entschieden in Opposition zur Kirche. 1911 wurde Ostwald zum Vorsitzenden gewählt. In erster Linie sein Engagement war dafür verantwortlich, dass die Tagungen des Bundes vor dem 1. Weltkrieg enormen Zulauf hatten. Bei Ausbruch des Krieges nahm Ostwald eine antipazifistische und nationalistische Haltung ein, die ihm massiven Druck von Seiten der pazifistisch gesinnten Kräfte im Monistenbund eintrug, sodass er 1915 vom Vorsitz zurücktrat. Ostwald begann aber keineswegs, sich zu langweilen. Er bemühte sich um eine weltweite Organisation von chemischen Gesellschaften, die Normung von Papierformaten und vor allem die Gründung der „Brücke“, einer Vereinigung zur Organisierung der geistigen Arbeit, welche im Sinne der Enzyklopädisten der Aufklärung das gesamte bekannte Wissen erfassen und organisieren sollte. Ein hierfür gegründetes Institut musste aber bereits 1914 wegen Insolvenz wieder geschlossen werden.

Der Schwerpunkt von Ostwalds Aktivitäten nach 1914 lag indes in der Entwicklung einer messenden Farbenlehre, die er selbst als Höhepunkt seiner gesamten Leistungen betrachtete.^[26] Die Wurzel für die Beschäftigung mit dieser Problematik ist sicherlich darin zu suchen, dass sich Ostwald in seiner Freizeit und zur Erholung intensiv mit der Malerei beschäftigte. Auch hierin war er maßlos: Das in seinem Landsitz „Energie“ eingerichtete Museum besitzt von ihm etwa tausend Landschaftsbilder und unzählige Farbskizzen.

Zur Entwicklung seiner Farbenlehre baute Ostwald erneut ein Laboratorium (Abbildung 6) und später in einem seiner Häuser sogar einen kleinen Fabrikationsbetrieb auf. Seine Arbeiten konzentrierten sich auf Versuche, Farben so weit zu klassifizieren, dass sie einer quantitativen Analyse zugänglich wurden. Er war davon überzeugt, dieses Problem lösen zu können und damit eine neue Entwicklung in der menschlichen Kultur auszulösen. Mit ungebrochenem Selbstbewusstsein stellte er fest, dass er damit eine Aufgabe lösen würde, an der zuvor schon Goethe und Helmholtz gescheitert waren. Gegen Ende seines Lebens entdeckte er hauptsächlich in Blumen die von ihm entwickelten Gesetze der Harmonie, nicht ohne sich weiterhin schriftstellerisch zu betätigen. Nach kurzer Krankheit starb er 78-jährig am 4. April 1932 in einer Leipziger Klinik. Die Urne wurde im Park seines Landsitzes beigesetzt.

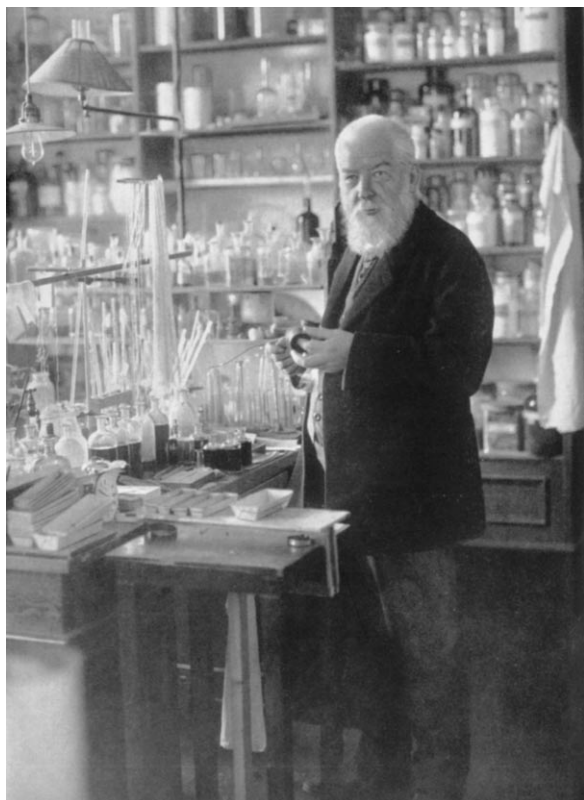


Abbildung 6. Wilhelm Ostwald als 75-jähriger in seinem Labor.

Der Landsitz „Energie“ blieb als Gedenkstätte erhalten und wurde 1953 von Ostwalds Erben der Akademie der Wissenschaften geschenkt. Nach der Wende von 1989 ging er in den Besitz des Freistaates Sachsen über. Zur Sicherung seines Fortbestands wurde 1990 die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen gegründet, die sich insbesondere um die Pflege des Nachlasses bemüht. Nach langen Perioden der Unsicherheit wurde das Anwesen schließlich zum 1. Januar 2009 von der gemeinnützigen Gerda-und-Klaus-Tschira-Stiftung erworben. Auf der Grundlage einer nunmehr gesicherten finanziellen Basis soll es künftig als wissenschaftliche Begegnungsstätte dienen.

Eingegangen am 3. März 2009

Online veröffentlicht am 17. Juni 2009

- [1] W. Ostwald, *Ann. Naturphilos.* **1910**, 9, 1.
- [2] W. Ostwald, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*, Engelmann, Leipzig, **1885/1887**.
- [3] W. Ostwald, *Lebenslinien*, Klasing, Berlin, **1926/1927**.
- [4] W. Ostwald, *Lebenslinien* (überarbeitet und kommentiert von K. Hansel), Verlag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften, Leipzig, **2003**.
- [5] G. Ostwald, *Wilhelm Ostwald – Mein Vater*, Berliner Union, Stuttgart, **1953**.
- [6] *Verhandlungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte*, 67. Versammlung, Vogel, Leipzig, **1895**.
- [7] Das passierte am 8. November 1895.
- [8] W. Ostwald, Vorwort in *Grundriss der Allgemeinen Chemie*, 4. Aufl., Engelmann, Leipzig, **1909**.
- [9] G. Ertl, T. Gloyna, *Z. Phys. Chem.* **2003**, 217, 1207.
- [10] J. J. Berzelius, *Jahresberichte über die Fortschritte der physikalischen Wissenschaften* (deutsche Übersetzung von F. Wöhler), **1836**, 15, 239.
- [11] W. Ostwald, *Z. Phys. Chem.* **1894**, 15, 706.
- [12] W. Ostwald, *Ältere Lehre von den Berührungswirkungen*, Universität Leipzig, **1897/1898**.
- [13] W. Ostwald, *Phys. Z.* **1902**, 3, 313.
- [14] G. Ertl, *Angew. Chem.* **2008**, 120, 3578; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, 47, 3524.
- [15] W. Ostwald, *Stickstoff. Eine Lebensfrage*, Schwäbischer Merkur, wissenschaftliche Beilage Nr. 231, **1905**.
- [16] In Lit. [4], S. 294.
- [17] S. T. Hatscher, T. Fetzer, E. Wagner, H. J. Kneuper in *Handbook of Heterogeneous Catalysis*, Vol. 5 (Hrsg.: G. Ertl, H. Knözinger, F. Schüth, J. Weitkamp), Wiley-VCH, Weinheim, **2008**, S. 2575.
- [18] S. Arrhenius, *Z. Phys. Chem.* **1887**, 1, 631.
- [19] W. Ostwald, *Volumchemische Studien zur Affinität*, Lackmann, Dorpat, **1877**.
- [20] W. Ostwald, *Z. Phys. Chem.* **1888**, 2, 30.
- [21] „Das chemische Gleichgewicht in verdünnten Lösungen“: M. Planck, *Ann. Phys. u. Chem.* **1888**, 34, 139.
- [22] W. Nernst, *Z. Phys. Chem.* **1889**, 4, 129.
- [23] W. Ostwald, *Elektrochemie*, Veit, Leipzig, **1896**.
- [24] W. Ostwald, *Z. Elektrochem. Angew. Phys. Chem.* **1902**, 8, 154.
- [25] W. Ostwald, *Große Männer*, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, Leipzig, **1909**.
- [26] P. Ball, M. Ruben, *Angew. Chem.* **2004**, 116, 4948.