

Inhalt

Editorial

Zur 44. Ausgabe der „Mitteilungen“	3
Physikalisch-chemische Methoden in der Krebstherapie <i>Hermann Berg</i>	6
Wolfgang Ostwald - und der „kolloid-disperse“ Zustand <i>Ulf Messow</i>	9
Elektrochemische Brennstoffzellen: Nachwirkung von Wilhelm Ostwalds Energetik bis in das 21. Jahrhundert <i>Ulrich Guth und Heiner Kaden</i>	27
Wilhelm Ostwald vor 100 Jahren <i>Wolfgang Höhle</i>	36
Andere über Ostwald	41
In Farbe setzen <i>Grete Ostwald</i>	44
Gesellschaftsnachrichten	52

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2007, 12. Jg.

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

Prof. Dr. phil. habil. Jan Peter Domschke / Ira Ebert /

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Schmelzer

Grimmaer Str. 23, 04668 Großbothen,

Tel. (03 43 84) 7 12 83 / Fax (03 43 84) 7 26 91

Konto: Raiffeisenbank Grimma e.G. BLZ 860 654 83, Kontonr. 308 000 567

E-Mail-Adresse: ostwaldenergie@aol.com

Internet-Adresse: www.wilhelm-ostwald.de

Der Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

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

Für Beiträge können z.Z. noch keine Honorare gezahlt werden. Wir erbitten die Texte in folgender Schriftform: Times New Roman, 10 pt, einfacher Zeilenabstand: Die Seite sollte eine A5-Seite (Breite 14,8 cm und Höhe 21 cm) mit 1,5 cm breitem Rand sein.

Einzelpreis pro Heft € 5,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer.

Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser der „Grünen Hefte“, liebe Mitglieder, Freunde und Förderer der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft:

Seit meiner Wahl zum Vorsitzenden der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft durch die Mitgliederversammlung am 10.02.2007 haben sich einige für die WOG wichtige Ereignisse begeben, über die ich im Folgenden berichten möchte.

Am 31.01.2007 hat die Arbeitsgruppe des SMWK zur Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte einen Abschlussbericht zur Kenntnis gegeben. Darin wird berichtet, dass Phase 1 und Phase 2 (Sicherung der Öffnung der Gedenkstätte bzw. des Archivs) der gestellten Aufgaben erfolgreich abgeschlossen werden konnten, dass jedoch Phase 3 (die Sicherung der langfristigen Unterstützung und Nutzung der gesamten Anlage) nicht erfolgreich durch die Arbeitsgruppe durchgeführt werden konnte.

Als Folge dieser Tatsache hat der Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB) ein Exposé zur Verwertung der Liegenschaft an mögliche Investoren versandt, gleichzeitig bei einem Gespräch mit dem 2. Vorsitzenden der WOG, Prof. W.-D. Einicke, mitgeteilt, dass eine Übernahme der Liegenschaft durch die WOG eine bevorzugte Variante darstellt.

In diesem Zusammenhang hat der Vorstand der WOG folgendes Positionspapier beschlossen:

Der Vorstand hat zur Kenntnis genommen, dass das Sächsische Immobilien- und Baumanagement (SIB) ein Interessenbekundungsverfahren zur Übernahme der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte zu Großbothen gestartet hat. In dem Exposé, welches dem Vorstand vorliegt, werden die Einhaltung der Auflagen der Schenkung der Erben und der bestehenden Verträge und Regelungen eingefordert.

Unabhängig vom Interessenbekundungsverfahren des SIB hat der Vorstand auf seiner Sitzung am 14. Juni 2007 beschlossen, die Vorstellungen aus dem Integrierten Konzept vom 11. Mai 2005 zu einer Stiftung als nachhaltige Möglichkeit zur Sicherung, Weiterentwicklung und Nutzung der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte als einmaligem Gelehrtensitz in Deutschland sowie zur Pflege und Aufarbeitung des wissenschaftlichen Nachlasses Ostwalds wieder aufzunehmen.

Zur Intensivierung dieser Bemühungen hat der Vorstand beschlossen, eine Kommission einzurichten, die auf der Basis einer zu erarbeitenden Konzeption Gespräche mit potentiellen Stiftern führen wird. Wie bereits im Integrierten Konzept dargelegt wurde, ist als Grundstock der Stiftung ein Kapital von 2 Mio. € vorgesehen, an dem sich Land und Bund zur Hälfte beteiligen müssten. Wenn dieser Kapitalgrundstock gesichert ist, kann die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft das Objekt übernehmen und sich selbst als Stifter im Rahmen von 100.000 € einbringen. Danach erfolgt die Errichtung der Stiftung. Bis der Stiftungskapitalstock Erlöse abwirft, ist

die Finanzierung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft auf dem bisherigen Wege notwendig. Das SIB hat im Falle der Übernahme der Gedenkstätte durch die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft eine degressive Förderung über wenige Jahre in Aussicht gestellt. In den folgenden Jahren wird eine Aufstockung des Stiftungskapital auf 3 Mio. € notwendig sein.

Am 18.09.2007 hat sich eine Stiftungskommission unter Vorsitz von Herrn Reschetilowski konstituiert. Weitere Mitglieder sind im Augenblick die Herren Hönle, Einicke und Papp. Es wurde beschlossen, eine rechtsfähige Stiftung des bürgerlichen Rechts mit dem Namen „Stiftung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft“ zu gründen. Nach Erstellung einer Stiftungssatzung und von Finanzierungsmodellen soll dieses Material zu einem Konzept zusammengefasst werden und den sächsischen Ministerien für Wissenschaft und Kunst und dem für Finanzen sowie weiteren potentiellen Mitgliedern der Stiftungskommission zugesandt werden.

Eine weitere sehr wichtige Aktivität zur Sicherung der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte stellt die Planung für die Einrichtung eines Energetikums in Großbothen dar. An dieser Stelle gilt der besondere Dank des Vorstands dem Kuratoriumsmitglied Herrn Prof. H. Offermanns, der sich mit sehr großem Einsatz für das Konzept der Einrichtung eines Energetikums in Großbothen eingesetzt hat und auch weiter einsetzt.

Es wurde ein Initiativkreis Energetikum gegründet, der unter der Leitung von Herrn Prof. Klenk steht. Prof. Klenk hat auf der gemeinsamen Sitzung von Vorstand, Kuratorium und Beirat am 01.09.2007 erste Vorstellungen zur Einrichtung des Energetikums dargelegt, die insgesamt sehr positiv aufgenommen wurden. Anfang Oktober wird sich der Initiativkreis Energetikum bei der DECHEMA in Frankfurt treffen, um das weitere Vorgehen zu beraten. In diesem Zusammenhang wurde „Energetikum“ als Marke beim Deutschen Patentamt in München von der WOG angemeldet.

Personalia:

Zum Abschluss noch einige Personalangelegenheiten, die Ihnen mitgeteilt werden sollen.

Herr R. Ebert hat zum 30.04.2007 als Hausmeister gekündigt, der Vorstand hat nach sorgfältiger Auswahl Herrn K. Brand als Hausmeister ab Mitte Juni 2007 eingestellt.

Herr Prof. U. Messow wurde einstimmig in den Vorstand der WOG in der Sitzung am 14.06.2007 kooptiert.

Prof. Dr. Helmut Papp

Zur 44. Ausgabe der „Mitteilungen“

Liebe Leserinnen und Leser der „Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.“,

ich möchte mich bei all denen ganz herzlich bedanken, die inzwischen Beiträge eingereicht oder in Aussicht gestellt haben. In diesem Heft werden zwei größere Arbeiten veröffentlicht, die sicher ihr Interesse finden werden. Sie sind sicher auch deshalb besonders wertvoll, weil in beiden Arbeiten die Leistungen von Wilhelm Ostwald nicht nur unter historischem Aspekt, sondern als Anregung für uns Heutige verstanden werden.

Sehr aktuelle Fragestellungen und Informationen enthält der Beitrag „Elektrochemische Brennstoffzellen: Nachhaltigkeit von Wilhelm Ostwalds Energetik bis in das 21. Jahrhundert“ von Ulrich Guth und Heiner Kaden. Beide Autoren bereichern unser Wissen um die ihrer Zeit weit voraus eilenden Ideen, die nicht nur die chemische Wissenschaft berühren, sondern auch die Philosophie.

Ulf Messow legt einen Aufsatz mit dem Titel „Wolfgang Ostwald und der „kolloid-disperse“ Zustand“ vor. Auch hier werden die Gedanken Wilhelm Ostwalds daraufhin analysiert, wie sie die moderne Kolloidchemie beeinflussten. Auf diesem Gebiet hat Wilhelm Ostwalds ältester Sohn Wolfgang Bedeutsames geleistet, und es ist, auch unter wissenschaftstheoretischem Aspekt, interessant und spannend, wie sich im Verhältnis von Vater und Sohn diese Teldisziplin entwickelt hat.

Auch eine Anregung möchte ich benennen. Einer der Nestoren der „Großbothener Gespräche“, Professor Hermann Berg, empfiehlt, von den Vorträgen Kurzfassungen zu veröffentlichen. Er selbst hat für das von ihm bestrittene 75. Großbothener Gespräch im Jahre 2004 eine solche Kurzdarstellung mitgeteilt. Sie ist in dieser Form in diesem Heft abgedruckt.

Im letzten Heft hatte ich Ihnen meine Vorstellungen und Erwartungen mitgeteilt. Sie konnten also durchaus annehmen, dass ich für eine längere Zeit die Schriftleitung übernehmen werde. Leider ist es nicht so gekommen. Seit dem 1. April bin ich als Prorektor für Hochschulmarketing an der Hochschule Mittweida tätig. Dieses Amt lässt mir leider keinen Raum für die Schriftleitung. Damit will ich keineswegs mitteilen, dass ich nicht nach wie vor am wissenschaftlichen Leben der Gesellschaft teilnehmen möchte, aber ich hoffe auf ihr Verständnis, dass ich mich mit diesem Heft als Schriftleiter verabschiede.

Jan-Peter Domschke

Physikalisch-chemische Methoden in der Krebstherapie

Hermann Berg

Auf OSTWALDS Wissenschaftspyramide befinden sich diese Methoden zwischen den Gebieten Medizin und Physik, heute als Biophysikochemie und Bioelektrochemie bekannt. Sie sind verbunden mit seinen Forschungen: Thermodynamik (Wärmebewegung), Reaktionskinetik (Katalyse, Oxidation, Farbstoffbelichtung), Elektrochemie (Ionentheorie, Wasserstoffionenkonzentration, Leitfähigkeit, Elektrolyse), Magnetismus. Auf medizinischem Gebiet erkannte er die „Überheilung“ als overshoot der molekularbiologisch geregelten Reparatur eines Schadens am Organismus.

Alle diese Vorgänge können eine Rolle spielen in der Kombination mit den 3 Therapierichtungen: 1. Photodynamie, 2. Gleichstromelektroden, 3. Wechselfeldmagnetismus bei Einwirkungen auf Krebszellen, Krebsversuchstiere oder Krebspatienten.

1. Photodynamie

Aus dem Kreisprozess von Farbstoff (Sensibilisator S), sichtbarem Licht und Sauerstoff wird bei Belichtung mithilfe von Sauerstoff zunächst das positive Radikal S⁺ gebildet, welches durch Oxidation des Guanosins der DNA wieder zu S reduziert und daher erneut lichtangeregt wird.

Dabei wird das Rückgrat der DNA gespalten¹ und die Zelle stirbt ab. Beim intradermalen Ascitestumor der weißen Maus wurde 1965 dieses Verfahren mit Erfolg eingeführt², wonach mit Methylenblau als (S) im Tumorbereich während des Expansionsstadiums (5.-8.Tag) 23 von 25 belichteten Tieren geheilt waren; die Kontrolltiere aber verstarben. Damals wollte kein Onkologe in Jena Patienten so behandeln und erst Jahre später hatte Th. DOUGHERTY in Buffalo Erfolge beim Mammakarzinom unter Nutzung von Lichtleitern!

Mit dem Einsatz von Lasern und Porphyrinsensibilisatoren ist die Photodynamie in Tumorkliniken heute weltweit eingeführt.

2. Gleichstromelektroden

In der Mitte des Tumors befinden sich Anoden, am Rande Kathoden, womit das Gewebe durch Stromfluss elektrolysiert wird. Um die Anoden wird Apoptose eingeleitet; nahe den Kathoden zeigt sich Nekrose. Mit diesem Nordenström-Verfahren wurden in China mehr als 15 000 Patienten behandelt mit den Ergebnissen: nach 5 Jahren lebten bei inneren Tumoren (Lunge, Prostata) noch

¹ GOLLMICK, F. ; BERG, H.: Über den Mechanismus der photosensibilisierten Oxidation des Guanosin durch Thiopyronin. In: Photochem. Photobiol. 16 (1972) , S. 447.

² BERG, H. ; JUNGSTAND, W.: Photodynamische Wirkung auf das solide Ehrlich- Karzinom. In: Naturwissenschaften. 53 (1966) , S. 481.

etwa 45% der Patienten, bei äußeren (Haut, Brust, Mund, Kopf) waren im Mittel noch 55% gesund.

Wirksamer sind Gleichstrompulse (1kV/cm Feldstärke), die Zellmembranen elektroporieren und dadurch Zytostatika leichter in das Innere eindiffundieren lassen. Tabelle1 enthält klinische Ergebnisse bei äußeren Karzinomen mit gepulsten Nadel- oder Plattenelektroden in Gegenwart von schwerlöslichem Bleomycin und Cisplatin. Elektroporative Einschleusung von Plasmid-DNA zwecks Interleukin (IL-12) Bildung lässt ebenfalls erste Hemmungserfolge erkennen.

Diese porierenden und labilisierenden Effekte von Elektropulsen in Kombination mit Photodynamie (Thiopyronin) konnten bisher nur auf zellulärer Ebene nachgewiesen werden³, während nach Tierversuchen die Behandlung von Krebspatienten begonnen wurde.

3. Wechselfeldmagnetismus

Überwiegend niederfrequente (50/60 Hz) elektromagnetische Felder werden in Helmholtz-Spulen oder Solenoiden erzeugt mit Flußdichten von 5-45 mT, wodurch im Gewebe Feldstärken im Bereich von einigen mV/cm induziert werden. Hierdurch werden Apoptose, Hemmung der Blutgefäßbildung und Nekrose bei Krebszellen hervorgerufen, während gesunde Zellen widerstandsfähiger sind. Für gesunde Lymphozyten konnte gezeigt werden, dass sie den Einflüssen des pH-Wertes (Übersäuerung), der Hyperthermie und des Aktinomycin (ACM)-Zusatzes stärker widerstehen als Krebszellen⁴!

Bei Mäusen mit Adenokarzinomen konnte aus Tumoranalysen nach Behandlung mit 15 mT bestimmt werden, dass einem vergrößerten Nekroseanteil eine verminderte Blutgefäßbildung (Angiogenese) entspricht⁵!

Bisher wurden nur wenige Patienten befeldet, sodass weitere elektromagnetische Feldbehandlungen (PEMF) gemäß den Varianten und Synergismen bei Krebszellen abzuwarten sind.

Jedenfalls ist diese dritte adjuvante Magnetfeldmethode eine non-invasive und weist daher große Vorteile für die nahe Zukunft auf.

So lassen sich auch heute Ostwalds Ideen in neuem Gewande erkennen.

³ ZHOU, A. ; LIU, M. ; BACIU, C. ; GLÜCK, B. ; BERG, H.: Membrane electroporation increases photodynamic effects. In: *Electroanal. Chem.* 486 (2000) , S. 220.

⁴ RADEVA, M. ; BERG, H.: Differences in lethality between cancer cells and human lymphocytes caused by electromagnetic fields. In: *Bioelectromagnetics* 25 (2004) , S. 503-507.

⁵ WILLIAMS, C. ; MARKOV, M.: Therapeutic electromagnetic field effects on angiogenesis during tumor growth : a pilot study in mice. In: *Electro-and magnetobiology* 20 (2001) , S. 323.

**Tabelle 1: Elektrochemotherapie: Elektropuls+ Zytostatikum
Klinische Ergebnisse**

A) + Bleomycin (intratumoral appliziert)

Krebstypus	Patienten	Wirkungen (6 Nadelelektroden)		
		ohne W.	partielle W.	volle W.
Karzinom (Kopf, Nacken)				
Wiederholung	54	43%	32%	25%
erstmalig	20	20%	-	95%
Basaliom	15	-	5%	95%
Melanom	10	1,30%	10,50%	88,20%

B) + Cisplatin

Krebstypus	Patienten	Wirkungen (2 Plattenelektroden)		
Melanom	10	22%	10%	68%

Wolfgang Ostwald - und der „kolloid-disperse“ Zustand

Ulf Messow

Ende August 1906 zog die Familie OSTWALD endgültig von Leipzig nach Großbothen. Damit endete die Hochschullaufbahn des im Jahre 1909 mit dem Nobelpreis geehrten Universalgelehrten Wilhelm OSTWALD, aber die seines Sohnes, des Kolloidchemikers Wolfgang OSTWALD, sollte ihren Anfang nehmen. 37 Jahre, von 1906 bis zu seinem Tode im Jahre 1943, war Wolfgang OSTWALD ununterbrochen an der Universität Leipzig, mit Ausnahme der Kriegsjahre 1914 bis 1918, tätig. Er betreute 90 Doktoranden, verfasste über 260 Publikationen, schrieb neun Monographien bzw. Lehrbücher und hielt zahlreiche Vorträge. Als Hochschullehrer und Forscher trug er zur weltweiten Verbreitung der Kolloidchemie als neuem Teilgebiet der Physikalischen Chemie bei. Mitunter kommt es bei der Zuordnung von Begriffen und Definitionen zu Verwechslungen zwischen Vater und Sohn. Ursache dafür sind differierende Angaben von Lehrbuchautoren oder gar das Weglassen der Vornamen beim Zitieren. Um sich vom Vater zu unterscheiden, fügten die Söhne Walter (Wa.) und Wolfgang (Wo.) für die Abkürzung der Vornamen ihren persönlichen Vokal hinzu. Wilhelm OSTWALD bemerkte dazu:¹ „*Mir wurde die kurze Form W. Ostwald überlassen. Doch kann ich feststellen, dass in dem Maße, wie sie häufiger genannt werden, seitens Dritter meine Person durch die Abkürzung Wi. Ostwald gekennzeichnet wird, damit ich nicht mit ihnen verwechselt werde*“.

Etwas unfreiwillig hatte im Jahre 1906 der 23-jährige „research assistent“ Wo. OSTWALD das von Jaques LOEB (1859-1924) geleitete Physiologische Institut der „State University of California“ in Berkeley verlassen und kehrte an das Zoologische Institut der Universität Leipzig zurück. Hier, in Leipzig, war er 1904 bei dem durch seine Tiefseeforschungen bekannten Zoologen Carl CHUN (1852-1914) mit der Arbeit „Experimentelle Untersuchungen über den Saisonpolymorphismus bei Daphniden“ promoviert worden. Die Tatsache, dass Lebewesen zu 80 % aus Wasser bestehen, reizte ihn, die gerade beobachteten Gesetzmäßigkeiten verdünnter Lösungen auf Wasserorganismen zu übertragen. Die gemeinsam mit Martin H. FISCHER (1859-1924) in Berkeley herausgegebene Arbeit „Physikalisch-chemische Theorie der Befruchtung“ stellte seine erste von etwa 150 kolloidchemischen Arbeiten dar.² Sie erregte so viel Anstoß, dass FISCHER die Stelle als Assistent Professor verlor und OSTWALDS Stipendium nicht mehr erneuert wurde.

Den Begriff „Kolloid“, abgeleitet vom griechischen Wort *κόλλα* = Leim, hatte Thomas GRAHAM (1805-1869) 1861 geprägt. Er beobachtete, dass leimähnliche Substanzen im Gegensatz zu kristallisierbaren Stoffen nicht durch

¹ OSTWALD, W.: Lebenslinien : eine Selbstbiographie. Nach der Ausgabe von 1926/27 überarbeitet und kommentiert von K. HANSEL. Leipzig : Hirzel, 2003, S. 143.

² OSTWALD, Wo. ; FISCHER, M. H.: Physikalisch-chemische Theorie der Befruchtung. In: J. Amer. med. Ass. 46 (1905) , S. 423 ff., vergl. auch: Zur physikalisch-chemischen Theorie der Befruchtung. In: Arch. gesam. Physiol. 106 (1905) , S. 229-266.

Membranen diffundieren und sich nicht dialysieren lassen. Im optischen Mikroskop waren die „Kolloide“ nicht nachweisbar, die meisten zeigten aber den 1869 von J. TYNDALL (1820-1893) entdeckten Streueffekt. Schon vor GRAHAM beschrieben z.B. J. B. RICHTER (1762-1807), A. SOBRERO (1812-1888) und F. SELMI (1817-1881) typische kolloidale Eigenschaften. Auf Betreiben von Wo. OSTWALD (als Herausgeber der Reihe „Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften“ seit 1920) sind 1926 derartige erste „Klassische Arbeiten über kolloide Lösungen“ im Bd. Nr. 217 erschienen und gewürdigt worden. Der um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert bestehende Meinungsstreit zwischen Anhängern der „Heterogenitätstheorie“ (Kolloide sind äußerst fein zerteilte Partikel) und Anhängern der „Lösungs- oder Homogenitätstheorie“ (Kolloide sind echte Lösungen und enthalten Moleküle mit außerordentlich großem Molekulargewicht) fand ein Ende durch die etwa zeitgleiche Definition des „dispersen Zustandes“ durch Peter P. VON WEIMARN (1879-1935) (1906, zit. in ³) und Wo. OSTWALD (1907)⁴. In seinem wohl bekanntesten Werk „Die Welt der vernachlässigten Dimensionen“ äußerte sich Wo. OSTWALD dazu wie folgt: „*Ein disperses System ist also ein Gebilde, dessen Eigenschaften sich periodisch im Raum ändern – weiter nichts*“⁵. Jeder Stoff ist durch die weitere Zerteilung grobdispenser Stoffe oder die Kondensation molekulardispenser Teilchen in den kolloiden Zustand überführbar, und eine scharfe Grenze zwischen den mechanischen Suspensionen, den kolloiden und echten Lösungen gibt es nicht. Die Frage ob „homogen“ oder „heterogen“ erübrigte sich. So kann das kristalline Kochsalz sowohl molekular als auch kolloidal durch die Anlagerung von Lösungsmittelmolekülen in Lösung gebracht werden. Nach P. P. VON WEIMARN entsteht durch Eintropfen einer gesättigten alkoholischen NaCl-Lösung in Äther ein kolloidales NaCl-Ätherosol.⁶ Stabilisierend auf derartige von Herbert FREUNDLICH (1880-1941) 1908 als lyophile Kolloide bezeichnete Lösungen (Sole) wirkt hier die so genannte Lyosphäre. Man sollte also nicht von dem kolloiden Stoff NaCl sprechen, sondern von dem „kolloiden“ Zustand. Die Stabilität lyophober Sole ist dagegen auf elektrische Ladungen zurückzuführen. Als Beispiel sei aus dem Praktikumsbuch zur Kolloidchemie⁷ die 1905 von Alfred LOTTERMOSER (1870-1945) beobachtete Veränderlichkeit des Ladungssinnes von kolloidalem AgI in Abhängigkeit der unterschiedlichen Zugabe von AgNO₃ und KI genannt.

Der kolloide oder kolloidale Zustand ist ein Spezialfall des dispersen Zustandes und weist gegenüber den klassischen Aggregatzuständen fest, flüssig, gasförmig oder dem Plasma besondere Eigenschaften auf. So hat z.B. das bei der Synthese anfallende β -Carotin mittlere Teilchengrößen von 20 μm . Es ist in die-

³ VON WEIMARN, P. P.: Zur Lehre von den kolloiden, amorphen und kristallinen Zuständen. In: Kolloid-Z. 2 (1907), S. 76-83.

⁴ OSTWALD, Wo.: Zur Systematik der Kolloide. In: Kolloid-Z. 1 (1907), S. 291-300, 331-341.

⁵ OSTWALD, Wo.: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. Leipzig: Steinkopff, 1915, S. 18.

⁶ Vgl. Fußnote 5, 12. Aufl., 1944, S. 4.

⁷ OSTWALD, Wo.; WOLSKI, P.; KUHN, A.: Kleines Praktikum der Kolloidchemie. 9. Aufl. Dresden; Leipzig: Steinkopff, 1943, S. 76.

ser Form wasserunlöslich und in Bezug auf die biologische Resorbierbarkeit wertlos. Erst in kolloid-disperser Form ist es als Farbpigment einsetzbar und weist als Radikalfänger wichtige Schutzfunktionen auf. Unlängst hob deshalb K. BENEKE⁸ noch einmal hervor „*Das heißt nichts anderes, dass es ‚das Kolloid‘ als solches nicht gibt, sondern nur ‚kolloidale‘ Zustände von Elementen bzw. Verbindungen.*“ Für die periodischen Änderungen in einem dispersen System führte Wo. OSTWALD den „Dispersitätsgrad“ ein. Dieser kann als reziprokes Verhältnis zum Teilchendurchmesser oder als „spezifische Oberfläche“ (Oberfläche/Volumen) verstanden werden. Zur Veranschaulichung wählte Wo. OSTWALD einen Würfel mit den Kantenlängen von 1 cm.⁹ Der Dispersitätsgrad würde

$$\frac{0,0006m^2}{0,000001m^3} = 6 \cdot 10^2 m^{-1}$$

betragen. Die Zerteilung in kleine Würfel von 1 nm = 10⁻⁹ m ergebe 10²¹ Würfel mit einer Gesamtoberfläche von 6000 m². Während sich die Teilchengröße verringert hat, ist der Dispersitätsgrad als ein Maß der Zerteilung auf 6 x 10⁹ m⁻¹ gestiegen.

„*Ein Zuckerfabrikant, der zum Klären die gar nicht übertriebene Menge von einem Kubikmeter Knochenkohle kauft, würde bei einer Korngröße von einem Millimeter 6000 qm, bei einer Korngröße von 1µ dagegen 6 Millionen Quadratmeter d.h. 6 Quadratkilometer adsorbierende Oberfläche für sein Geld erhalten*“¹⁰. Offensichtlich ist die Verknüpfung der Kolloidchemie mit Adsorptionsuntersuchungen und Forschungen zur Charakterisierung von Grenzflächen.

Je nach dem Aggregatzustand des Dispersionsmittels und dem des dispersen Anteils nahm Wo. OSTWALD erstmalig eine Einteilung der kolloid-dispersen Systeme in neun Klassen vor (1907).¹¹ Anerkennend äußerte sich P. P. VON WEIMARN dazu in seinen Betrachtungen „Zur Lehre von den Zuständen der Materie“, erschienen 1907 in der von Rudolf DITMAR in Graz 1906 begründeten Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide¹²: „*Wolfgang Ostwald ist der erste, der das Gebiet der Systeme, die unter dem Namen ‚Kolloide‘ zusammengefasst werden müssen, verallgemeinert hat. In seiner Abhandlung ‚Zur Systematik der Kolloide‘ gab er eine rationelle Systematik aller dispersen Systeme, und ich denke, dass das Eigenschaftswort ‚dispers‘ als nichts Mystisches enthaltend dem Eigenschaftswort ‚Kolloid‘ vorzuziehen ist, ...*“ Begriffe wie Aerosol, Dispersitätsgrad, disperser Anteil, Dispersion, Dispersionsmittel, Emulsion, Suspension oder Schaum sind inzwischen in den Sprachgebrauch der Kolloidchemie eingegangen, ohne dass der Name Wo. OSTWALD immer genannt wird – vgl. auch¹³. Zu den häufigsten kolloid-dispersen Systemen gehören die kolloiden Lösungen oder Dispersionen.

⁸ BENEKE, K.: http://www.uni-kiel.de8080/anorg/lagaly/group/klaus/d_klaus.htm.

⁹ OSTWALD, Wo.: Grundriß der Kolloidchemie. 2. Aufl. Dresden ; Leipzig : Steinkopff, 1911, S. 85.

¹⁰ Vgl. Fußnote 5, 12. Aufl., 1944, S. 116.

¹¹ Vgl. Fußnote 4.

¹² Vgl. Fußnote 3, S. LVII.

¹³ DÖRFLER, H.-D.: Grenzflächen und kolloid-disperse Systeme. Berlin : Springer, 2001, S. 10.

Für die Größenvorstellung der Kolloide im Nanometerbereich zitiert Hans SONNTAG (1932-1997)¹⁴ Wilhelm OSTWALD. Andere Autoren wie Wladimir PHILIPPOFF¹⁵ verweisen dagegen auf Wo. OSTWALD.

Ab 1903 war durch das von Henri SIEDENTOPF (1872-1940) und Richard ZSIGMONDY (1865-1929) entwickelte Ultramikroskop die direkte Beobachtung der Kolloidteilchen möglich. Die ultramikroskopische Größenbestimmung beruht auf der Auszählung der in einem bestimmten Volumen enthaltenen Einzelteilchen, deren Gesamtmasse bekannt sein muss. Diese Teilchen bezeichnete ZSIGMONDY als „Submikronen“ im Unterschied zu den unauflösbaren Teilchen, den „Amikronen“¹⁶, und veröffentlichte 1905 Vorstellungen zu den Dispersitätsgrenzen der „Dispersoide“ „0,1 μ bis 1 μ “ (100 nm bis 1 μ m), zitiert von Wo. OSTWALD 1911 in „Grundriß der Kolloidchemie“.¹⁷ Ein eindeutiger experimenteller Beweis für die Heterogenität kolloidaler Lösungen war gegeben. In Bezug auf die Wellenlänge des Lichtes und der mikroskopischen Leistungsfähigkeit erklärt sich die Teilchengröße von ca. 100 nm als Grenzwert zwischen grobdispersen und kolloid-dispersen Systemen. Der untere Wert 1 nm bezieht sich auf die Größe der Moleküle. Anschaulich erläutert Wo. OSTWALD die Festlegung dieser Dispersitätsgrenzwerte auch in „Die Welt der vernachlässigten Dimensionen“¹⁸. Eigentlich müssten mittlere Teilchengrößen durch die Bestimmung von Häufigkeitsverteilungen angegeben werden.¹⁹

Die Kolloidchemie unterlag seit ihrer Entstehung bis heute einem ständigen Wandel. Gebiete wie z. B. die Tensidchemie und die Makromolekularchemie kamen hinzu. Im Vordergrund dabei stand stets die Frage nach der Größe der kolloiden Teilchen. Fadenmoleküle oder Filme gehören heute genauso zur Kolloidchemie, und man unterscheidet zwischen den „dispersen“ und „difformen Systemen“. In diesen Fällen liegen „kolloide“ Ausmaße nur noch in zwei bzw. einer Raumrichtung vor. So hängen Viskositätsmessungen empfindlich von der Form des dispergierten Teilchens ab. Morphologische Grundtypen difformer Systeme führt z. B. K. EDELMANN (1962) in seinem Lehrbuch an.²⁰

Erste Angaben von Wi. OSTWALD zur Kolloidchemie finden sich schon 1885 in seinem Lehrbuch der allgemeinen Chemie Bd. I „Stöchiometrie“²¹. In dem Kapitel „Kristalloide und Kolloide“ geht er auf Besonderheiten kolloidaler Systeme ein: „... *erstere* (gemeint sind die Kristalloide) *lösen sich im Wasser unter mehr oder weniger deutlichen Temperaturänderungen, erhöhen die Siedetemperatur, ernied-*

¹⁴ SONNTAG, H.: Lehrbuch der Kolloidwissenschaft. Berlin : Dt. Verl. der Wiss., 1977.

¹⁵ PHILIPPOFF, W.: Handbuch der Kolloidwissenschaft. Bd. 9. Viskosität der Kolloide. Dresden ; Leipzig : Steinkopff, 1942, S. 1.

¹⁶ ZSIGMONDY, R.: Über Teilchengrößen in Hydrosolen. In: Z. Elektrochem. 35 (1906) , S. 631-635.

¹⁷ Vgl. Fußnote 9, S. 87.

¹⁸ Vgl. Fußnote 5.

¹⁹ SVEDBERG, T. ; ESTRUP, K.: Über die Bestimmung der Häufigkeitsverteilung der Teilchengrößen in einem dispersen System. In: Kolloid-Z. 9 (1911) , S. 259-261.

²⁰ EDELMANN, K.: Lehrbuch der Kolloidchemie. Bd. 1. Berlin : Dt. Verl. der Wiss., 1962.

²¹ OSTWALD, W.: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Bd. 1. Stöchiometrie. Leipzig : Engelmann, 1885, S. 527. – 2., umgearb. Aufl., 1891.

rigen den Gefrierpunkt... Die anderen zeigen alle diese Eigenschaften nicht, ihre Lösungen sind mehr mechanische Gemenge als Verbindungen“. Die kaum messbaren kolligativen Eigenschaftsänderungen kolloider Lösungen sind auf die gegenüber den „echten“ Lösungen geringe absolute Teilchenzahl zurückzuführen. In der 4. Auflage des „Grundriß der allgemeinen Chemie“ 1909 findet man einen Hinweis auf die Größenvorstellung kolloider Teilchen „... wenn wenigstens eine Dimension der betrachteten Gebilde mikroskopische Werte hat, und sich dabei in Schichtdicken von nur rund 10^7 cm betätigt, so soll das Gebiet Mikrochemie genannt werden“. Später ersetzte Wi. OSTWALD den Titel des Kapitels „Mikrochemie“ durch „Der kolloide Zustand“.

T. GRAHAM sprach 1861 lediglich von den Kristalloiden und Kolloiden. Bald folgten weitere Unterteilungen nach Stoffklassen, Reversibilität und Irreversibilität, der Teilchengröße, der Anzahl der Moleküle, der Bindungsart oder auch der Form (Laminare, Fibrillare, Korpuskulare) bzw. der Art der Verteilung zwischen Dispersionsmittel und dispersen Anteil. Gebräuchlich ist heute die von Hermann STAUDINGER (1881-1965) vorgenommene Klassifizierung²² in:

1. Dispersions- oder Phasenkolloide: Je nach dem Aggregatzustand der dispergierenden Substanz und des Dispersionsmittel ergeben sich für fest/flüssig: Sole, flüssig/flüssig: Emulsionen, gasförmig/flüssig: Schäume, fest/gasförmig: Rauch, flüssig/gasförmig: Nebel, fest/fest: Gläser.
2. Assoziations- oder Mizellkolloide: Grenzflächenaktive Substanzen (Tenside) bilden oberhalb der „kritischen Mizellkonzentration“ Molekülaggregate unterschiedlichster Form. Hier lassen sich auch die Biokolloide bestehend aus Zellmembranen einordnen.
3. Molekülkolloide: makromolekulare Lösungen, Proteine, Polysaccharide, Stärke, Nucleinsäuren.

Im Falle makromolekularer Lösungen liegen molekulare Dispersionen vor. Sie entsprechen einphasigen, homogen Systemen und weisen typische kolloidchemische Eigenschaften auf. Wo. OSTWALD bezeichnete Makromoleküle (seit 1922) als Eukolloide, und H. STAUDINGER sprach von Molekülkolloiden. Die obige Einteilung verdeutlicht gleichzeitig, dass die Größe oder der Dispersitätsgrad nicht das einzige Kriterium für das Vorliegen eines kolloid-dispersen Systems ist. Bindungsverhältnisse spielen ebenso eine Rolle. Auf H. STAUDINGER geht auch die Einteilung kolloid-disperser Systeme nach der Anzahl der Atome (10^3 bis 10^9) zurück.

Die kolloidchemische Forschung war in ihren Anfangsjahren zunächst auf die Herstellung „kolloider Stoffe“ ausgerichtet. Bis 1906 hatte P. P. VON WEIMARN bereits über 100 Elemente und Verbindungen durch Variation der Niederschlagsbedingungen in den kolloiden Zustand überführen können.²³ Allein für den Zeitraum (1869 bis 1907) registrierte der zu dieser Zeit in dem Chemischen Laboratorium des kaiserlichen Berginstituts zu St. Petersburg tätige P. P. VON WEIMARN 82 russische Arbeiten (Vorträge und Publikationen) auf dem Gebiet der Kolloidche-

²² Vgl. Fußnote 13.

²³ Vgl. Fußnote 20, S. 4.

mie.²⁴ 1915 wurde er ordentlicher Professor für Kolloidchemie an der Universität St. Petersburg. Georg BREDIG (1868-1944), von 1895 bis 1901 Assistent bei Wi. OSTWALD, erhielt 1898 erstmalig Metallkolloide mit Hilfe eines elektrischen Lichtbogens. Die Herstellung kolloider Dispersionen aus größeren Teilchen ist grundsätzlich mit Energieaufwand verbunden. Das bedeutet, dass kleinere Teilchen eine höhere Energie besitzen. Sie sind metastabil und wollen sich im Sinne des Erreichens des energieärmeren Zustandes zu größeren Teilchen vereinigen. Diesen Vorgang beobachtete Wi. OSTWALD an frisch gefällten Niederschlägen, er ist in die Literatur als „Ostwald-Reifung“ eingegangen (ursprünglich bezogen auf Mikrokristalle der Größenordnung von ca. 0,5 μm ²⁵). Beim Feinreiben verschiedener Salze stellte Wi. OSTWALD eine Verbesserung der Löslichkeit, verbunden mit einer deutlichen Farbänderung, fest. Durch Gleichsetzen der osmotischen Arbeit mit der Oberflächenarbeit kugelförmiger Teilchen leitete er sich in seinem grundlegenden Beitrag „Über die vermeintliche Isomerie des roten und gelben Quecksilberoxyds und die Oberflächenspannung fester Körper“²⁶ einen Ausdruck für die unterschiedliche Löslichkeit ab:

$$\gamma = \frac{RT}{3V(1/r_2 - 1/r_1)} \ln \frac{c_2}{c_1} \quad (1)$$

Gemäß Gl. (1) war bei Kenntnis des Molvolumens V des Festkörpers, der unterschiedlichen Korngrößen r_1 und der Löslichkeiten c_1 die bis dahin unzugängliche fest/flüssig Oberflächenspannung γ berechenbar. In der Originalarbeit unterlief Wi. OSTWALD beim Indizieren der Radien ein Schreibfehler, worauf mit Recht G. BREDIG in einem Brief an Wi. OSTWALD vom 26. Febr. 1905²⁷ hinwies. Heute geht man meist von Randwinkelmessungen und Oberflächenspannungen aus, um den Festkörper durch die Festkörperoberflächenspannungen fest/gasförmig und fest/flüssig charakterisieren zu können.²⁸ Die unterschiedliche Löslichkeit zwischen kleinen und größeren Kristallen bewirkt eine Umkristallisation. Wegen der größeren Löslichkeit gehen die kleineren Teilchen in Lösung, und die größeren scheiden auf Grund der eintretenden Übersättigung (mit den Perioden des Wachstums und der Reifung) aus. Gl. (1) ist 1909²⁹ in veränderter Form auch als „Ostwald-Freundlich-Gleichung“ bekannt geworden:

$$\frac{RT}{M} \ln \frac{c_2}{c_1} = \frac{2\gamma}{\rho} (1/r_2 - 1/r_1) \quad (2)$$

²⁴ Vgl. Fußnote 3, S. XXVIII.

²⁵ NIEDERSEN, U.: Komplexität-Zeit-Methode (II). In: Wiss. Beitr. der Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 1988, S. 62.

²⁶ OSTWALD, W.: Über die vermeintliche Isomerie ... In: Z. physik. Chem. 34 (1900) 4, S. 495-503.

²⁷ HANSEL, K. ; MESSOW, U. ; QUITZSCH, K.: Georg Bredig und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen. In: Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. (1998) , Sonderheft 4.

²⁸ MESSOW, U. ; KNAPIKOWSKI, R. ; MÖHLE, L. ; HAUTHAL, H. G.: Marktübersicht „Grenzflächenspannungs- und Randwinkelmessung“. In: Nachr. Chem. Tech. Lab. 42 (1994) , S. M1–M14.

²⁹ FREUNDLICH, H.: Kapillarchemie. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1909.

Nach den obigen Beziehungen lassen sich aus Löslichkeitsuntersuchungen die Radien kolloider Teilchen ermitteln. Zu den gängigen Methoden der Teilchengrößenbestimmung gehören aber die Elektronenmikroskopie, Streulichtmessungen oder die Sedimentation.

Schon frühzeitig wurden Farbänderungen an kolloiden Lösungen in Abhängigkeit der Teilchengröße beobachtet. Sie weckten auch das Interesse von W. OSTWALD, und in seiner Publikation „Zur Geschichte des kolloiden Goldes“³⁰ würdigte er ausdrücklich die von J. B. RICHTER 1802 beschriebenen „*Eigentümlichkeiten*“ kolloider Goldsuspensionen. In „Die Welt der vernachlässigten Dimensionen“³¹ führt Wo. OSTWALD in diesem Zusammenhang aus: „*Auch die Reihenfolge dieser Farbänderungen bei Variationen des Dispersitätsgrades scheint eine ganz bestimmte zu sein. In der Regel sind z.B. die höchstdispersen kolloiden Metalle gelb oder orange gefärbt, ihr Absorptionsmaximum liegt also im Violett oder Blau. Mit abnehmendem Dispersitätsgrad geht die Farbe von Gelb über Orange nach Rot, Violett, Blau und evtl. auch Grün über; das Absorptionsmaximum verschiebt sich also mit abnehmendem Dispersitätsgrade allmählich nach den größeren Wellenlängen*“. Zu beachten ist, dass die Farbe in Bezug zur Absorption des sichtbaren Teils des Spektrums komplementär ist. Diese Verschiebung des Absorptionsmaximums in Abhängigkeit der Teilchengröße zitiert z.B. EDELMANN ohne Literaturangabe als „*die von Ostwald erkannte Farbe-Dispersitätsgrad-Regel*“.³² Gemeint ist Wo. OSTWALD.

1896 beschrieb Raphael Eduard LIESEGANG (1869-1947) erstmals periodische Erscheinungen, die er beim Eindiffundieren von Silbernitratlösung in ein bichromathaltiges Gelatinegel erhielt. Sie werden in der Literatur seit 1903 „Liesegangsche Ringe“ genannt.

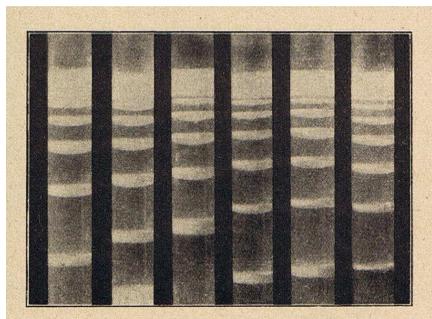


Abb. 1.
Wo. Ostwald und K. Popp beobachteten beim Fällen von $\text{Mg}(\text{OH})_2$ eine periodische Niederschlagsbildung.³³

³⁰ OSTWALD, W.: Zur Geschichte des kolloiden Goldes. In: Kolloid-Z. 4 (1909) , 1, S. 5-14.

³¹ Vgl. Fußnote 5, 12. Aufl., 1944, S. 58.

³² Vgl. Fußnote 20, S. 293.

³³ Vgl. Fußnote 5, 12. Aufl., 1944, S. 101.

In einem kurzen Referat³⁴ deutete Wi. OSTWALD 1897 die vom Entdecker als A-Linien bezeichneten konzentrischen Ringe als „Folge der Übersättigungserscheinungen“. Aus heutiger Sicht sind zur Interpretation unterschiedlichste Theorien und Vorgänge zu berücksichtigen: z.B. die Keimbildungstheorie (erst ab einer kritischen Größe sind Keime stabil und können weiter wachsen), die Ostwald-Reifung, von Wi. OSTWALD 1899 zur weiteren Erklärung herangezogen, (große Teilchen wachsen auf Kosten der kleineren schneller und es entstehen Konzentrationsgradienten), Diffusionsvorgänge, Erkenntnisse der chemischen Kinetik und der Einfluß der Elektrolyte. 1925 stellte Wo. OSTWALD³⁵ zur Deutung eine „Diffusionswellentheorie“ auf. LIFSHITZ und SLYOZOV (1958) bzw. WAGNER (1961) leiteten u. a. eine kinetische Theorie für die Ostwald-Reifung und die unterschiedliche Tropfengröße in Emulsionen ab.³⁶ Ursache für die Ostwald-Reifung in Emulsionen ist die reziproke Abhängigkeit des Radius kleiner Tröpfchen zum Kapillardruck.

Im Laufe ihrer Entwicklung hat die Kolloidchemie die grenzflächenchemischen Erscheinungen immer mehr eingeschlossen. An Phasengrenzen liegen Moleküle auf Grund der unterschiedlichen zwischenmolekularen Wechselwirkungen zwischen dem Phasenninneren und der Phasengrenze ebenfalls in einem energiereicheren bzw. metastabilen Zustand vor. Während bei einer ebenen Grenzfläche stets der gleiche Druck zwischen den beiden aneinander angrenzenden Phasen herrscht, z.B. flüssig/gasförmig, gilt dies nicht für gekrümmte Phasengrenzen. Nach der von William THOMSON (Lord Kelvin) (1824-1907) für die Druckabhängigkeit des Dampfdruckes gegebenen Beziehung

$$\ln \frac{p_r}{p_\infty} = \frac{2\sigma V}{rRT} \quad (3)$$

kann z.B. der Radius kleiner Nebeltröpfchen ermittelt werden. Gl. (3) lässt sich aber auch auf das Benetzungsverhalten in Kapillaren durch die Berücksichtigung des Randwinkels und die Erweiterung der Gl. (3) durch $\cos \theta$ übertragen. Aus Adsorptions- und Desorptionsuntersuchungen an porösen Adsorbentien ergeben sich dabei nicht nur Radien des Makroporenbereiches $r > 25$ nm und Mesoporenbereiches von 1 nm bis 25 nm, sondern auch verschiedene Kapillarformen lassen sich aus den unterschiedlichen Hysteresisschleifen ermitteln.³⁷ Mit Recht verweist daher H. SONNTAG in seinem Lehrbuch darauf, dass kontinuierliche Netzwerkstrukturen zu dem Bereich kolloider Dimensionen (poröse Festkörper, Gele) gehören.³⁸

³⁴ OSTWALD, W.: Besprechung der Arbeit von Liesegangs „A-Linien“. In: Z. physik. Chem. 23 (1897) , S. 365.

³⁵ OSTWALD, Wo.: Zur Theorie der Liesegang'schen Ringe. In: Kolloid-Z. 36 (1925) , S. 380-390 (Erg.-Bd. „Zsigmondy Festschrift“).

³⁶ BIRDI, K. S.: Handbook of surface and colloid chemistry. Copenhagen : CRC Press, 1997, S. 346.

³⁷ DE BOER, J. H.: The shapes of capillaries. In: The structure and properties of porous materials. London : Butterworths, 1958, S. 68-94.

³⁸ SONNTAG, H.: Kolloidchemie – ein interdisziplinäres Gebiet zwischen Chemie, Physik und Biologie. In: Mitteilungsbl. Chem. Ges. DDR 2 (1986) , S. 34-39.

Zahlreiche Begriffe, die im Laufe der Entwicklung der Kolloidchemie verwendet wurden, sind heute nicht mehr oder kaum noch in neueren Lehrbüchern der Kolloidchemie zu finden. Allein auf Wo. OSTWALD gehen Bezeichnungen zurück, wie: Anaphorese³⁹, Adpunktion, Adlineation, laminare Adsorption (für Unterarten der Adsorption, zit. in⁴⁰), Difformation, Difformations-Metastasen⁴¹, Difformationsgrad⁴², Dissolution⁴³. Emulsoide⁴⁴, Eukolloide (zum Prioritätsstreit mit H. STAUDINGER vergl.⁴⁵), Immobilisierung (M. v. SMOLUCHOWSKI/Wo. OSTWALD)⁴⁶, Isokolloid⁴⁷, Lyosorption⁴⁸, solvatokratische Sole⁴⁹, Stasen⁵⁰, Sol-Thixotropie⁵¹, Taktosole⁵², Tröpfchenkolloide⁵³, viskosimetrische Entmischungskurve⁵⁴. Als Spumat bezeichnete er die in seinem konstruierten Zerschäumungsapparat übergegangene Schaummasse⁵⁵. Zahlreiche Elektrolyt-Koagulations-Untersuchungen wurden vorgenommen und führten zu einer Erweiterung der Regel nach H. SCHULZE und W. D. HARDY. Als „Wo. Ostwald'scher Aktivitätskoeffizientensatz“⁵⁶ wird diesbezüglich z.B. verstanden, dass die Flockung eines Soles unabhängig von der Elektrolytsorte immer bei gleichem Aktivitätskoeffizienten auftritt.⁵⁷ 1927 schlug Wo. OSTWALD vor, den Begriff Kolloidchemie durch Kolloidwissenschaft zu ersetzen.

Beim Experimentieren im Bereich der kolloiden Dimensionen (heute auch 1 nm bis 500 nm bzw. nach der IUPAC-Definition von 1971 bis 1000 nm⁵⁸) wurden zahlreiche Besonderheiten beobachtet. H. FREUNDLICH wählte für die Anomalien im Viskositätsverhalten (Thixotropie, Rheopexie, Dilatanz) den Ausdruck „Fließelastizität“, Wo. OSTWALD benutzte dagegen den Begriff „Strukturviskosität“ (1925)⁵⁹, die er vor allem im Bereich der Entmischung oder des Schmelzpunk-

³⁹ EGGERT, J.: Lehrbuch der Physikalischen Chemie. Stuttgart : Hirzel, 1968.

⁴⁰ VON BUZAGH, A.: Kolloidik : eine Einführung in die Probleme der modernen Kolloidwissenschaft. Dresden ; Leipzig: Steinkopff, 1936, S. 175.

⁴¹ OSTWALD, Wo.: Physikalisch-chemische Metastasen. In: Kolloid-Z. 100 (1942) , S. 2-57.

⁴² Vgl. Fußnote 20, S. 25.

⁴³ Vgl. Fußnote 40, S. 75.

⁴⁴ Vgl. Fußnote 4.

⁴⁵ BENEKE, K.: Über 70 Jahre Kolloid-Gesellschaft : Gründung, Geschichte, Tagungen. In: Mitt. Kolloid-Ges. (1996) , S. 112ff.

⁴⁶ Vgl. Fußnote 15, S. 250.

⁴⁷ Vgl. Fußnote 40, S. 138.

⁴⁸ Vgl. Fußnote 40, S. 184.

⁴⁹ Vgl. Fußnote 40, S. 110.

⁵⁰ Vgl. Fußnote 41.

⁵¹ Vgl. Fußnote 15, S. 416.

⁵² Vgl. Fußnote 40, S. 159.

⁵³ Vgl. Fußnote 5, S. 33.

⁵⁴ Vgl. Fußnote 15, S. 217.

⁵⁵ Vgl. Fußnote 20, S. 313.

⁵⁶ VON BUZAGH, A. ; ERÉNYI, E.: Über die Filtrationsfähigkeit und Flüssigkeitsaufnahme von Sedimenten. In: Kolloid-Z. 91 (1940) , S. 191-196.

⁵⁷ Vgl. Fußnote 13, S. 312.

⁵⁸ HOFMANN, T.: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. In: Chemie in unserer Zeit 38 (2004) , S. 24-35.

⁵⁹ Vgl. Fußnote 15, S. 28.

tes feststellte. Mit einer einfachen Anordnung, bestehend aus zwei Messpipetten, die mit einem Manometer und einem veränderlichen Niveaugefäß verbunden waren, bestimmten Wo. OSTWALD und H. MALSS die Viskosität in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit und Schubspannung mit einer erstaunlich hohen Genauigkeit.⁶⁰ Für ihre Messungen verbesserten sie eine von S. TSUDA (1928) vorgestellte Messanordnung unter Verwendung einer waagerechten Kapillare.⁶¹

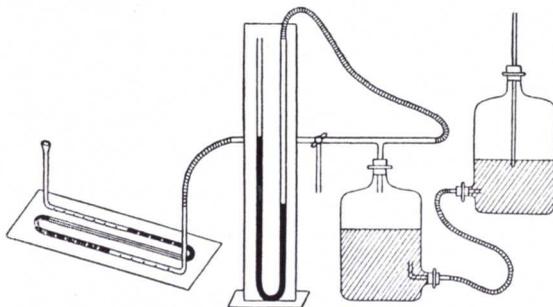


Abb. 2.

Von Wo. Ostwald und H. Malss verwendete Messanordnung zur Ermittlung der Strukturviskosität kritischer Flüssigkeitsgemische.⁶²

Für das Phänomen des thixotropen Verhaltens genügen geringe mechanische Kräfte, hervorgerufen z. B. durch Schütteln, um eine Verflüssigung und Verbesserung des Fließverhaltens zu bewirken (wichtige Eigenschaft von Fetten, Wachsen, Kleistern und Lacken). Der umgekehrte Fall ist die Dilatanz, und bei starker Bewegung wird die kolloide Lösung gelartig und ist durch eine drastische Viskositätssteigerung gekennzeichnet. Für die typische Viskositätskurve an einem Gelatinesol⁶³ mit einem „Strukturast“, „Laminarast“ und einem „Turbulenzast“ führten M. REINER und W. PHILIPPOFF die Bezeichnung „Ostwald-Kurve“ (Wo.) ein. 1927 beschrieben Wo. OSTWALD und R. AUERBACH das Überlaufviskosimeter in seiner bekanntesten Form.⁶⁴ Das Fließverhalten im Nicht-Newton'schen Bereich wurde etwa gleichzeitig durch das empirische Potenzgesetz nach Wo. OSTWALD (1924) und A. DE WAELE (1923)⁶⁵ ausgedrückt. Seine letzte, 1944 in der Kolloid-Zeitschrift erschienene und noch auf dem Krankenbett fertig gestellte Arbeit, war wieder der Viskosität gewidmet „Über die Formen der Funktion zwischen Viskosität und Teilchengröße, insbesondere in Lösungen eukolloider Stoffe“⁶⁶.

⁶⁰ OSTWALD, Wo. ; MALSS, H.: Über Viskositätsanomalien sich entmischender Systeme. 1. Über Strukturviskosität kritischer Flüssigkeitsgemische. In: Kolloid-Z. 63 (1933) , S. 61-77.

⁶¹ Vgl. Fußnote 15, S. 64.

⁶² Vgl. Fußnote 60, S. 65.

⁶³ Vgl. Fußnote 15, S. 31.

⁶⁴ OSTWALD, Wo. ; AUERBACH, R.: Zur Meßmethodik der Viskosimetrie bei variabler Fließgeschwindigkeit und ein neues Viskosimeter (Ueberlauf-Viskosimeter). In: Kolloid-Z. 41 (1927) , S. 56-67.

⁶⁵ Vgl. Fußnote 15, S. 31.

⁶⁶ OSTWALD, Wo.: Über die Formen der Funktion ... In: Kolloid-Z. 106 (1944) , S. 1-22.

Aus der Rigaer Zeit stammt dagegen das von Wi. OSTWALD und seinen Mitarbeitern genutzte Pipettensviskosimeter⁶⁷. Das heute im Laboratorium noch gebräuchliche Kapillarviskosimeter ist 1891 beschrieben worden.⁶⁸

Unter Wi. OSTWALD wurden am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig erste kolloidchemisch orientierte Promotionsarbeiten angefertigt⁶⁹:

1902 W. FLEMMING „Über die Gerinnungsgeschwindigkeit kolloider Kieselsäure“

1903 H. FREUNDLICH „Über die Koagulation der kolloiden Lösungen“

1903 P. VON SCHROEDER „Über Erstarrungs- und Quellungserscheinungen der Gelatine“

1905 W. V. METCALF „Feste Peptonhäutchen auf einer Wasseroberfläche“

H. FREUNDLICH habilitierte sich 1907 zu dem Thema „Über die Adsorption von Lösungen“. Die „Adsorption“ hat sich in der Folge zu einem selbstständigen Arbeitsgebiet entwickelt. Bereits 1909 deutete H. FREUNDLICH mit dem Titel seines Lehrbuches „Kapillarchemie“ eine Abgrenzung zur Kolloidchemie an. In diesem Sinne ist auch die Bezeichnung des von H.-D. DÖRFLER 2002 erschienenen Lehrbuches „Grenzflächen und kolloid-disperse Systeme“ zu verstehen.

Eine erste Klassifikation von Adsorptionsisothermen nahmen Wo. OSTWALD und sein spanischer Doktorand Ramon DE IZAGUIRRE 1922 vor. Sie diskutierten insgesamt 8 Isothermentypen.⁷⁰

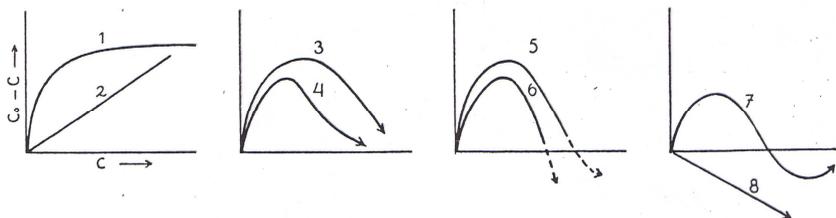


Abb. 3.

Hauptformen der Adsorptionskurven von Lösungen nach Wo. Ostwald und R. de Izaguirre.⁷¹

Die meist an Aktivkohlen vorgenommenen Adsorptionsuntersuchungen in wässriger Lösung führten zu dem Phänomen, dass die Adsorptionsisothermen im Unterschied zu den Gleichungen nach FREUNDLICH und LANGMUIR über ein Maximum verlaufen und sogar negative Beträge annehmen können. Von „anomalere“ Adsorption oder „scheinbarer“ Adsorption war die Rede. Unter der Berücksichti-

⁶⁷ ARRHENIUS, S.: Über die innere Reibung verdünnter wässriger Lösungen. In: Z. physik. Chem. 1 (1887), S. 285-298.

⁶⁸ Vgl. Fußnote 21, 2. Aufl.

⁶⁹ Vgl. Fußnote 41, S. 3.

⁷⁰ OSTWALD, Wo.; DE IZAGUIRRE, R.: Über eine allgemeine Theorie der Adsorption von Lösungen. In: Kolloid-Z. 30 (1922), S. 279-306.

⁷¹ Vgl. Fußnote 70.

gung, dass gleichzeitig der gelöste Stoff und das Lösungsmittel adsorbiert werden können, stellten die Autoren Beziehungen zur Beschreibung der verschiedenen erhaltenen Adsorptionsisothermen auf. Das Problem bestand noch darin, zu erkennen, dass nicht der in der Grenzschicht adsorbierte „absolute“ Betrag („Lyosphäre“ nach Wo. OSTWALD), sondern immer nur ein „Adsorptionskonzentrationsexzeß“ messbar ist. In dem Fall der gleichzeitigen Adsorption des gelösten Stoffes und des Lösungsmittels stellten die Autoren (Wo. OSTWALD und R. DE IZAGUIRRE) für den spezifischen Oberflächenkonzentrationsexzeß folgende Gleichung auf :

$$\frac{N}{m}(c_0 - c) = kc^n(100 - c) - Wc \quad (4)$$

Gl. (4) wird häufig als „Ostwald-Izaguirresche Bilanzgleichung“ zitiert. Sie lautet in der heutigen Schreibweise wie folgt:⁷²

$$\Gamma_2^\sigma = \Gamma_2^s(1 - x_2) - \Gamma_1^s x_2 \quad (5)$$

Die individuellen Adsorptionskapazitäten Γ_i^s sind nur über Modellannahmen zugänglich. Γ_2^s drückten Wo. OSTWALD und R. DE IZAGUIRRE durch den als „Freundlich’sche Adsorptionsisotherme“ bekannten Exponentialterm aus – vergl. Gl. (4) und Gl. (5). Für W in Gl. (4), Γ_1^s nach Gl. (5), schlugen die Autoren analog einen exponentiellen Ausdruck vor. Erstmals hatte der Agrikulturchemiker E. BOEDECKER 1859⁷³ die heute nach FREUNDLICH benannte Exponentialgleichung publiziert. Sie wird häufig auch Wi. OSTWALD zugeschrieben⁷⁴ bzw. wird als „Ostwald-Boedecker-Gleichung“ zitiert. J. EGGERT spricht in seinem Lehrbuch⁷⁵ sogar von der Gleichung nach Wo. OSTWALD und BOEDECKER.

Über eine ungewöhnliche Isotherme mit einer Maximumkurve wird bei der Adsorption aus einer kolloiden Lösung am Beispiel von lyophobem Eisenoxysol an Quarzpulver berichtet.⁷⁶

Während sich im Falle echter Elektrolyte ein konstanter Wert für das Verhältnis des schwer löslichen Salzes und der gelösten Ionen einstellt, gilt dies für disperse Lösungen im Gleichgewicht mit einem Bodenkörper nicht immer. So belegten die zahlreichen Löslichkeitsuntersuchungen von Wo. OSTWALD und seinen Mitarbeitern, dass die kolloidale Löslichkeit oder Peptisierbarkeit nicht unabhängig von der Bodenkörpermenge ist und häufig ein Maximum aufweist.⁷⁷ Die nach Wo. OSTWALD und A. v. BUZAGH benannte „Bodenkörperregel“ erklärt sich im Falle der Adsorption geladener Teilchen durch die gleichzeitige Aufladung des

⁷² MESSOW, U. ; BRÄUER, P. ; HEUCHEL, M. ; PYSZ, M.: Zur experimentellen Überprüfung der Vorhersage von Gleichgewichtsdiagrammen bei der Adsorption binärer flüssiger Mischungen in porösen Festkörpern. In: Chem. Tech. 44 (1992) , S. 56-59.

⁷³ BOEDECKER, E.: Journ. f. Landw. (1859) , 48, vgl. Fußnote 70, S. 280.

⁷⁴ Vgl. Fußnote 40, S. 180.

⁷⁵ Vgl. Fußnote 39, S. 727.

⁷⁶ Vgl. Fußnote 40, S. 200.

⁷⁷ OSTWALD, Wo.: Über die Bodenkörperregel bei der Entstehung kolloider Lösungen durch Dispersion. In: Ber. Dtsch. Chem. Ges. 75 (1943) , S. 1870- 1875.

Bodenkörpers, die bei einer bestimmten Elektrolytkonzentration ein Maximum erreicht.

Um die Entwicklung des Kolloidchemikers Wo. OSTWALD besser zu verstehen und zeitlich einordnen zu können, sollen an dieser Stelle einige biographische Angaben nachgeholt und angeführt werden.^{78,79,80} Am 9. Mai 1908 habilitierte sich Wo. OSTWALD zu der Thematik: „Über die Lichtempfindlichkeit tierischer Oxydasen und über die Beziehung dieser Eigenschaften zu den Erscheinungen des tierischen Phototropismus“. Die Probevorlesung lautete „Über zeitliche Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklungsphysiologie“. OSTWALD wurde Privatdozent für „Allgemeine Zoologie“. Zu seinen ersten Vorlesungen (noch im Laboratorium für Angewandte Chemie in der Brüderstr. 34) zählten „Allgemeine physikalische Chemie der Lebenserscheinungen“ und „Experimentelle Kolloidchemie“. Wo. OSTWALD war an dem von seinem Vater begründeten Institut in der Linnéstr. 2 und seiner eigenen späteren Wirkungsstätte zunächst ein Außenseiter. Trotz der schon zahlreich erschienenen Publikationen haftete ihm der Mangel an, nicht Chemie studiert zu haben. Auf Wo. OSTWALDS Wunsch wurde seine völlige Hinwendung zur Kolloidchemie 1913 durch die Erweiterung seiner *venia legendi* auf „Kolloidchemie in ihrer Anwendung auf Biologie“ auf Fürsprache von Prof. Wilhelm PFEFFER (1845-1920) gewährt: „*Die Unterzeichnenden sind mit der Erweiterung der venia legendi des Dr. Ostwald auf Kolloidchemie einverstanden, bemerken jedoch, dass sie damit nicht andeuten wollen, dass sie etwa in Zukunft einer Habilitation lediglich für Kolloidchemie oder ähnlich eng begrenzte Spezialgebiete zustimmen würden*“⁸¹. Während seines zweijährigen Kriegseinsatzes als Bataillonsadjutant in Frankreich wurde Wo. OSTWALD am 10.01.1916 zum außeretatmäßigen außerordentlichen Professor ernannt. Zwischen 1916 und 1918 wurde er allerdings auf Veranlassung des preußischen Kriegsministeriums zu „kriegswichtigen“ Arbeiten abkommandiert. Zum einen beschäftigte er sich mit Fragen der Stickstoffgewinnung, zum anderen arbeitete er in München an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. In „Die Welt der vernachlässigten Dimensionen“⁸² erwähnt Wo. OSTWALD, dass er 1917 einen Patentanspruch mit seinem Vater auf ein Verfahren zur Stabilisierung, Dispergierung und Löslichkeitserhöhung durch Verwendung von „Kupplungskörpern“ als Lösungsvermittler erhob. Im April 1919 wurde er am Physikalisch-chemischen Institut zunächst als Assistent und im Januar 1921 als Oberassistent eingestellt. Nach seinem 1920 erschienenen Buch „Kleines Praktikum der Kolloidchemie“ gestaltete er das Einführungspraktikum für Kolloidchemie (die 9. Aufl. aus dem Jahre 1943 enthält 183 Versuchsvorschriften unter der Mitarbeit von P. WOLSKI und A. KUHN).

⁷⁸ Vgl. Fußnote 8.

⁷⁹ Archiv der Universität Leipzig, Wo. OSTWALD Personalakte 788.

⁸⁰ SÜHNEL, K.: 80 Jahre Kolloidchemie – Leben und Werk Wolfgang Ostwalds, NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss., Technik, Med. 26 (1989), S. 31-45.

⁸¹ Vgl. Fußnote 41.

⁸² Vgl. Fußnote 5, 12. Aufl., 1944, S. 127.

Am Institut existierten zu der damaligen Zeit die unter dem Institutsdirektor Prof. Max Le BLANC eingerichteten Abteilungen: die photochemische Abteilung mit Prof. Fritz WEIGERT seit 1914, die chemische Abteilung mit Prof. Wilhelm BÖTTGER seit 1918/19 und die physikalisch-chemische Abteilung mit Prof. Fritz WEIGERT. Der aus Marburg kommende Prof. Carl SCHALL führte elektrochemische Übungen aus, und Prof. Martin KRÖGER war mit Übungen über Katalyse beauftragt. Wolfgang OSTWALD benötigte aber für seine Praktikumsversuche und Forschungsarbeiten geeignete Laborräume und erhob diesbezüglich berechnete Forderungen. Durch die materielle Unterstützung der Leipziger Industriellen Dr. F. KÖNIG (Rauchwarenfärberei) und M. WOMMER (Maschinenfabrik) konnte sich Wo. OSTWALD 1922/23 einige Bodenräume des „PCI“ als „Kolloidabteilung“ einrichten.



Abb. 4.
Wolfgang Ostwald vor seiner „Kolloid-Abteilung“ im Physikalisch-chemischen Institut.

Die am 01.04.1923 ausgesprochene Berufung zum planmäßigen außerordentlichen Professor führte zu dem ersten „Extraordinariat für Kolloidchemie“ in Deutschland. A. LOTTERMOSER, der sich bereits 1900 über anorganische Kolloide habilitiert hatte, erhielt wenige Monate später in Dresden ein Extraordinariat für Kolloidchemie. Im zeitlichen Zusammenhang der bevorstehenden Emeritierung von Max Le BLANC richtete Wo. OSTWALD am 20. Januar 1933 ein Gesuch an das Sächsische Ministerium für Volksbildung in Dresden und bat um Verbesserung seiner Arbeitsbedingungen. Unter anderem äußerte er den Wunsch *„Ich bitte das Ministerium um Gewährung eines Vollassistenten oder zweier Hilfsassistenten. Zur Zeit erfreue ich mich der Hilfe eines ‚halben Hilfsassistenten‘, das heißt eines promovierten Herrn der etwa die Hälfte seiner Dienstzeit dem Lehrer-Praktikum im physikalisch-chemischen Institute widmen muss.“*⁸³ Der „halbe Hilfsassistent“

⁸³ Vgl. Fußnote 79.

war Dr. Hans ERBRING. Um ihn zu halten, unterstützte er ihn mehrere Jahre finanziell. Im September 1934 verfasste Wo. OSTWALD im Auftrage der Kolloid-Gesellschaft e.V. eine als „vertraulich“ gekennzeichnete bemerkenswerte Denkschrift „Über die Notlage der Kolloidwissenschaft an deutschen Hochschulen“. An Hand eines umfassenden Materials wies er die international gestiegene Wertschätzung der Kolloidchemie nach und befürchtete den Verlust der führenden Stellung Deutschlands.



R. Zeligowitz, A. Kücken, H. Sadun, E. Hellmann, K. Niemy, H. Fischer
 W. Ostwald, M. Le Blanc, C. Drucker, F. Weigel

Abb. 5.

Wolfgang Ostwald im Kreise der Mitarbeiter anlässlich der Emeritierung von Prof. Max Le Blanc im Jahre 1933.

Am 11.01.1935 erfolgte schließlich Wolfgang OSTWALDS Ernennung zum ordentlichen Professor.

Die bearbeiteten Themenkomplexe von Wo. OSTWALD und seiner Mitarbeiter in Leipzig waren äußerst vielfältig und stark praxisbezogen. Die ersten Arbeiten galten wissenschaftlichen Begriffen und Erklärungshypothesen. In 13 Publikationen befasste er sich mit der Theorie des Planktons, mit Schwebvorgängen und Vergiftungserscheinungen. Schlagwortartig seien weitere Arbeiten mit dem Jahr der Publikation (nicht vollständig) angedeutet: *Adsorption*: Adsorption und Giftigkeit (1907/10), Elektrolytadsorption in Solen (1910), Theorie der Adsorption von Lösungen (1922/23/25), Adsorptionsanomalien (1927); *Bodenkörperregel*: (1927/29/30/32); *Dispersoidchemie*: des Gipses (1920), des Torfes (1921/22/27); *Elektrolytkoagulation*: (1935/36/37/38/39/41); *Entmischung*: von kolloiden Lösun-

gen (1913), von Gelatine (1927), von Seifen und die Phasenregel (1930); *Flotation*: (1932/34); *Kolloidchemie*: des Brotes (1919/20), der Indikatoren (1912/19), des Kautschuks (1910), der Lebensmittelchemie (1919), der Metallurgie (1916), der Metallseifen (1934/35), technischer Tone und Kaoline (1924), der Papierleimung (1922), Systematik (1907), der tetraalkylierten Ammoniumsalze (1938); *Löslichkeit*: (1927), von Azetylcellulose (1932), von Farbsäuren und Farbsalzen (1936), von Harzen (1933); *Oberflächenspannung*: von Tonschlückern (1925); *Osmose*: (1918); *Quellung*: von Gelatine (1905/06), Elektrolyteinwirkung (1916), des Kautschuks (1921); *Ultrafilter*: (1918); *Viskosität*: Anomalien entmischender Systeme (1933), von Gelatinesolen (1937), Geschwindigkeitsfunktion (1925), Konzentrationsfunktion (1932), Meßmethodik (1927), im Struktur-, Laminar- und Turbulenz-Gebiet (1926/34), der Schmieröle (1928); *Zerschäumung*: (1937/40).

Von seinem Vater hatte Wo. OSTWALD auch das wissenschaftsorganisatorische Talent geerbt. So übernahm er am 1. Juli 1907 die Schriftleitung der „Kolloid-Zeitschrift“ (heute Colloid & Polymer Science) und leitete diese bis zu seinem Tod im Jahre 1943. 1909 kamen die für umfangreichere Abhandlungen vorgesehenen „Kolloidchemischen Beihefte“ hinzu. Im selben Jahr erschien sein Lehrbuch „Grundriß der Kolloidchemie“ mit über 500 Seiten. Die im Wintersemester 1913/14 anlässlich einer Vortragsreise in die Vereinigten Staaten und Kanada gehaltenen 56 Vorträge fasste er 1915 in Buchform⁸⁴ zusammen. Mit Band I „Licht und Farbe in Kolloiden“ (1924) initiierte Wolfgang OSTWALD die Herausgabe der Reihe „Handbuch der Kolloidwissenschaft in Einzeldarstellungen“. Es folgten Bd. II „Kolloidchemie der Stärke“ (M. SAMEG 1927), Bd. III „Dispersoidanalyse“ (F.-V. v. HAHN 1928), Bd. IV „Die Globuline“ (M. SPIEGEL-ADOLF 1930), Bd. V „Kolloidchemie der Seifen“ (E. L. LEDERER 1932), Bd. VI „Kolloidchemie der Eiweisskörper“ (Wo. PAULI, E. VALKÓ 1934), und 1942 erschien in dieser Reihe von W. PHILIPPOFF der 9. Band „Viskosität der Kolloide“.

Am 15. September 1922 wurde in Leipzig in der Linnéstr. 2 die Kolloidchemische Gesellschaft gegründet, die Wo. OSTWALD als ihr erster Vorsitzender bis 1943 leitete. Mit Recht gilt Wolfgang OSTWALD als Begründer der Kolloidchemie. Neben ihm trugen aber viele andere zur Herausbildung der Kolloidchemie als neue Teildisziplin der physikalischen Chemie bei. Ausdruck der rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der Kolloidchemie Anfang des 20. Jahrhundert war die Verleihung der Nobelpreise an Richard ZSIGMONDY (1865-1929) 1926 für die Entdeckung des Ultramikroskops, an Jean-P. PERRIN (1870-1942) 1926, insbesondere für seine molekularphysikalischen Betrachtungen und die Entdeckung des Sedimentationsgleichgewichtes, an Theodor SVEDBERG (1884-1971) 1926 für kolloidchemische Arbeiten und die Konstruktion des Ultramikroskops, an Irving LANGMUIR (1881-1957) 1932 für oberflächenchemische Arbeiten sowie an Pierre-Gilles DE GENNES (*1932) 1991 für Untersuchungen über Ordnungsprozesse in

⁸⁴ Vgl. Fußnote 5.

Flüssigkristallen bzw. Polymerlösungen und Arbeiten über ultrafein verteilte Materie in Flüssigkeiten.

1949 beklagte der Nachfolger von LOTTERMOSER in Dresden, Erich MANEGOLD (1895-1992), die Situation der Kolloidchemie in Deutschland wie folgt ⁸⁵: „Das klassische und einst in der Welt führende Kolloidlaboratorium Zsigmondys in Göttingen wurde kurz nach seinem Tode (1929) aufgelöst. Die völlige Zerstörung der Kolloidabteilung in Leipzig am Ende des Jahres 1943 erlebte Wo. Ostwald († 22.11.1943) nicht mehr; auch das einzige selbständige Kolloidinstitut Deutschlands in Dresden wurde Anfang 1945 mit in den Untergang der Stadt hineingezogen. A. Lottermoser starb am 27.4.1945. R.E. Liesegang überlebte die zweimalige Zerstörung seines Frankfurter Instituts um wenige Jahre (†13.11.1947)...“ Aber bereits am 16.10.1949 kam es in Wiesbaden zur Neugründung der Kolloid-Gesellschaft mit dem Vorsitzenden und ehemaligen Doktoranden von Wo. OSTWALD, Hans ERBRING (1903-1982). Auf ihrer 19. Hauptversammlung beschloss die Kolloid-Gesellschaft 1959 alle zwei Jahre den Wolfgang-Ostwald-Preis zu vergeben, und seit 1995 finden spezielle Wolfgang-Ostwald-Kolloquia für Nachwuchswissenschaftler statt.

Auf Grund der möglichen Herstellung maßgeschneiderter Moleküle und der rasanten Entwicklung laseroptischer und rastermikroskopischer Techniken erlebt die Kolloidchemie heute insbesondere in Form der Nanochemie und Nanotechnologie eine Renaissance. Damit kehrt die inzwischen weit gefächerte Kolloidchemie zu ihren Ursprüngen zurück und Gesetzmäßigkeiten und Regeln von Wo. OSTWALD oder die von Wi. OSTWALD beobachteten Erscheinungen der Metastabilität, der Stufenregel, der Keimbildung und Reifung spielen wieder eine zentrale Rolle.⁸⁶ Mikroemulsionen, bestehend aus Wasser, Öl, Tensid und einem Cotensid, stellen neuartige Reaktionsmedien für chemische Umsetzungen dar. Sie werden auch als Nanophasen bezeichnet. Der Tröpfchendurchmesser beträgt ca. 10 nm bis 200 nm, und die interne Oberfläche liegt in der Größenordnung von ca. 100 m²/cm³. Anwendungsmöglichkeiten für Nanopartikel finden sich in der Oberflächenbeschichtung, der Katalyse oder der Optoelektronik. Kohlenstoffnanoröhrchen für miniaturisierte elektronische Bauteile oder Sensoren zählen genauso dazu wie Nanophosphore als Marker für die medizinische Diagnostik. Das harte biologische Gewebe (Knochen, Zahn) entspricht Nano-Kompositen aus harten Mineralkristallen (Biologische Kolloide). Die zu den weichen biologischen Geweben gehörende Trennschicht der bimolekularen Lipidschichten weist die Schichtdicke von etwa 5 nm auf. Der Proteineinbau in Membranen aber auch an festen Oberflächen ergibt Nanostrukturierungen mit besonderen Eigenschaften (Verwendung von Immunoassays, Herstellung von Protein-Biochips). Für die Entdeckung kanalbildender Strukturen in Zellmembranen erhielten 2003 Peter AGRE (Nachweis von Wasserkanälen) und Roderick MACKINNON (Aufklärung der Struktur und Funkti-

⁸⁵ MANEGOLD, E.: Grundriss der Kolloidkunde. Dresden ; Leipzig : Steinkopff, 1949.

⁸⁶ KUHNERT, L.: Runge-Bilder und Liesegang-Ringe : Historisches und moderne Deutung. In : Komplexität-Zeit-Methode (II), Wiss. Beitr. der Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 1988.

on von Ionenkanälen) den Nobelpreis für Chemie. Im Beitrag zur Würdigung für die Vergabe der Nobelpreise (2003) weist T. FRIEDRICH mit Recht darauf hin, dass bereits 1890 Wi. OSTWALD vermutete, dass elektrische Ströme in lebendem Gewebe durch Ionenflüsse über die Zellmembranen verursacht werden könnten.⁸⁷ Die praktischen Ergebnisse der neueren Forschung auf dem Gebiet der Nanotechnologie sind auch Anlass an die „Pioniere“ zu denken, die wie Wolfgang OSTWALD dem Forschungsgebiet der Nanodimensionen ihre ganze Kraft gewidmet haben. Gut ein Drittel der 58 Fraunhofer-Institute bearbeitet heute branchenübergreifende Themenkomplexe der Nanowissenschaften; erst kürzlich, im Jahre 2006, haben sie sich in dem „Fraunhofer-Themenverbund Nanotechnologie“ (Fraunhofer NANO) zusammengeschlossen.⁸⁸ Das sind genau 100 Jahre nach der Definition des „dispersen Zustandes“ und der Erkenntnis von Besonderheiten des kolloid-dispersen Zustandes.

Anmerkung:

Letztmalig wurde in dem von Wilhelm OSTWALD 1897/98 gegründeten Physikalisch-chemischen Institut im Wintersemester 1968/69 (verantwortlich war der Autor des Beitrages) ein spezielles kolloidchemisches Praktikum durchgeführt. Innerhalb dieses Teilpraktikums der Physikalischen Chemie musste der Student in der Regel 4 Versuche mit Antestaten und einem Abtestat erfolgreich absolvieren. 13 Experimente wurden angeboten: u. a. osmotische- und viskosimetrische Molmassebestimmung von Hochpolymeren / Molmassebestimmung durch Lichtstreuung / Sedimentationsanalyse einer polydispersen Suspension / Ultrafiltration und Dialyse / Quellung / Elektrophorese von Hämoglobin / Oberflächenspannung / Adsorptionschromatographie.

Danksagung

Für Hinweise danke ich herzlich Herrn Prof. Dr. T. Hofmann und Herrn Dr. W. Hönle.

Autor

Prof. Dr. habil. Ulf Messow
Waldstr. 41
04668 Waldbardau

⁸⁷ FRIEDRICH, T.: Nobelpreis für Chemie an Peter Agre und Roderick MacKinnon – eine Auszeichnung für „Kanalarbeiter“. In: Bunsen-Magazin 1 (2004), S. 3-10.

⁸⁸ FEHRENBACHER, U. u. a.: Fraunhofer NANO : Aufbruch in die Nanowelt. In: Bunsen-Magazin 5 (2006), S. 121-129.

Elektrochemische Brennstoffzellen: Nachwirkung von Wilhelm Ostwalds Energetik bis in das 21. Jahrhundert

Ulrich Guth und Heiner Kaden

Probleme der Energetik hat Wilhelm OSTWALD sowohl aus chemisch-thermodynamischer als auch philosophischer Sicht wiederholt aufgegriffen, mit wesentlichen Beiträgen bereichert und in bis heute immer wieder zitierte Lehrsätze und Aussagen gekleidet. In den Naturwissenschaften ist Energetik bekanntlich die Lehre von der Energie und den möglichen Umwandlungen zwischen ihren verschiedenen Formen sowie den dabei auftretenden Auswirkungen und Gesetzmäßigkeiten. Ihre technische Anwendung findet die Energetik in der allgemeinen Energietechnik. Unter dem Titel „Technische Energetik“ hat W. FRATZSCHER im Jahr 2004 eine treffende Zusammenfassung und Interpretation der Ostwald'schen Energetik gegeben.¹ In der Philosophie ist die Energetik Bestandteil der monistischen Lehre, dass alles Sein und Werden, Materie und auch Geist, auf Energien (Kräfte) zurückgeführt werden könne, eine Lehre, die besonders von W. OSTWALD vertreten wurde. Mehr und mehr strebte OSTWALD danach, die Energetik als ein wissenschaftliches Programm mit philosophischen, sozialen und kulturellen Anwendungen zu etablieren. Hierzu sei auf die sehr informative Arbeit von MAINZER² sowie auf Aufsätze von W. FRATZSCHER, H. BERG, K. WETZEL und J.-P. DOMSCHKE im Sonderheft 18 der Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen verwiesen.³ OSTWALD sah sich übrigens in naturwissenschaftlicher Sicht nicht als Begründer der Energetik, vielmehr überließ er die Priorität Julius Robert MAYER (1814-1878), der um 1850 seine Schriften über das mechanische Äquivalent der Wärme^{4, 5} veröffentlicht hatte. In seiner Monographie „Große Männer“⁶ schreibt OSTWALD über MAYERS Arbeit:

„Hier finden sich insbesondere die methodischen Grundsätze der Energetik dargelegt, als deren eigentlicher Begründer Mayer hiernach unzweifelhaft anzusehen ist, wenn auch der Name (gemeint ist der Begriff „Energetik“) nicht von ihm stammt. Auch die Prioritätsfragen werden hier in überaus ruhiger und abgeklärter Weise erledigt.“

¹ FRATZSCHER, W.: Technische Energetik. Vortrag zum Wilhelm-Ostwald-Symposium 2004 der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Berlin, 26. und 27. November 2004.

² MAINZER, K.: Energie und Katalyse : Wilhelm Ostwalds Naturphilosophie gestern und heute. Vortrag zum Wilhelm- Ostwald-Symposium 2004 der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Berlin, 26. und 27. November 2004.

³ Sonderheft 18 der Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen 9 (2004), S. 8–31, 32–41, 65–74 und 75–83.

⁴ MAYER, R.: Die Mechanik der Wärme. In: Liebigs Ann. Chem. Pharmacie 43 (1842) , S. 233 [Reprint in: BERG, H. (Hrsg.): Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Bd. 37, Frankfurt am Main : Deutsch, 2003, S. 1–8]; MAYER, R.: Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. Heilbronn : Drechslersche Buchh., 1845. - 112 S. [Reprint in: I. c. H. BERG (Hrsg.): S. 9–79].

⁵ MAYER, R.: Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme. Separatdruck. Heilbronn, 1851.

⁶ OSTWALD, W.: Große Männer. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1919, S. 79.

Während OSTWALD den I. Hauptsatz der Thermodynamik als „einfach und wohlbekannt, ... als allgemein bekannte Wahrheit“ bezeichnete⁷, äußerte er über den II. Hauptsatz:

Über ihm „schwebt ... ein gewisses geheimnisvolles Dunkel, das um so geheimnisvoller erschien, je mehr man sich von den außerordentlich weitgehenden Konsequenzen überzeugte, welche die wenigen, die ihn verstanden und anzuwenden wussten, ... aus ihm zogen. Mir persönlich wenigstens ging es so; ich habe, wie Jacob um Rahel, sieben Jahre um ihn geworben, ...“⁸

Ein sehr praxisbezogener, technischer Aspekt der Energetik wurde von OSTWALD mit seinem Hinweis auf die Direktumwandlung chemischer in elektrische Energie hervorgehoben. In einem Vortrag vor der 2. Jahresversammlung des Verbands der Elektrochemiker Deutschlands am 8. Juni 1894 in Leipzig führte OSTWALD aus⁹:

Der Weg nun, auf welchem die größte aller technischen Fragen, die Beschaffung billiger Energie, zu lösen ist, dieser Weg muss von der Elektrochemie gefunden werden. Haben wir ein galvanisches Element, welches aus Kohle und dem Sauerstoff der Luft unmittelbar elektrische Energie liefert, und zwar in einem Betrage, der einigermaßen im Verhältnis zu dem theoretischen Werte steht, dann stehen wir vor einer technischen Umwälzung, gegen welche die bei der Erfindung der Dampfmaschine verschwinden muss. Denken Sie nur, wie bei der unvergleichlich bequemen und biegsamen Verteilung, welche die elektrische Energie gestattet, sich das Aussehen unserer Industrieorte verändern wird! Kein Rauch, kein Ruß, kein Dampfkessel, keine Dampfmaschine, ja kein Feuer mehr, denn Feuer wird man nur noch für die wenigen Prozesse brauchen, die man auf elektrischem Weg nicht bewältigen kann, und deren werden täglich weniger werden.

Es erfüllt heute noch mit Bewunderung, mit welchem Weitblick OSTWALD vor mehr als 110 Jahren Probleme vorausgesehen hat, die heute im Mittelpunkt öffentlicher Diskussionen stehen:

- die Bewahrung der Umwelt und
- die Bereitstellung von Energie.

OSTWALDS Motivation, auf das Prinzip der Brennstoffzelle aufmerksam zu machen, mag dreierlei Umständen zugeschrieben werden:

- Kohle war bis weit in das 20. Jahrhundert hinein der wichtigste Energieträger. Sie wurde vor allem dazu benutzt, Dampfmaschinen zu betreiben, um mit Generatoren elektrischen Strom zu erzeugen. Dieser wurde z.B. im Bergbau unter Tage für

⁷ OSTWALD, W.: Johann Wilhelm Ritter, der Begründer der wissenschaftlichen Elektrochemie. Vortrag auf der 1. Jahresversammlung der Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft. In: Johann Wilhelm Ritter : Fragmente aus dem Nachlasse eines jungen Physikers. Ein Taschenbuch für Freunde der Natur. Zuerst 1810, neu herausgegeben und mit einem Nachwort versehen von St. und B. Dietzsch. Leipzig : Kiepenheuer, 1984, S. 321.

⁸ Vgl. Fußnote 7.

⁹ OSTWALD, W.: Die wissenschaftliche Elektrochemie der Gegenwart und die technische der Zukunft. In: Z. physik. Chem. 15 (1894) , 3, S. 409–421. Reprint in: Chem. Tech. 52 (2001) , S. 264–268.

Elektrolokomotiven in der Streckenförderung, für den Braunkohlentagebau mit elektrisch betriebenen Schrämmaschinen, zur allgemeinen Elektrifizierung der Industrie, für Straßenbahnen, für elektrische Beleuchtungen aller Art, in der elektrochemischen Industrie und der Galvanotechnik benötigt. Die Industrielle Revolution ging nicht nur einher mit einer Revolutionierung der Technik, sie war auch eine Energie- und Verkehrsrevolution.¹⁰ So wuchs der Bedarf an Elektroenergie aus mehreren Gründen gewaltig an.¹¹ Für OSTWALD lag der Schluss nahe, zur Direktumwandlung von chemischer in elektrische Energie Kohle als Ausgangsstoff zu verwenden. Diese Direktumwandlung ist mit höherem theoretischen (thermodynamischem) Wirkungsgrad ($\eta = \Delta_R G / \Delta_R H$) zu erreichen als es bei der konventionellen Umwandlung über die mechanische Energie der Fall ist. Letztere ist durch den CARNOTSchen Wirkungsgrad ($\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$) und damit durch die

Temperaturdifferenz begrenzt. Bei der elektrochemischen Umsetzung von Kohlenstoff oder Methan sind nahezu unabhängig von der Temperatur thermodynamische Wirkungsgrade von 1 zu erwarten.

- In den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts war Sachsen zum führenden deutschen Teilstaat in der Früh- und Hochindustrialisierung mit zahlreichen neuen Stahl- und Eisengießereien, Maschinenbauwerken, Papierfabriken und chemischen Fabriken geworden¹², so dass OSTWALD nicht nur von seinen zahlreichen Reisen, sondern auch aus der Anschauung in der näheren und weiteren Umgebung auf den wachsenden Bedarf an Elektroenergie schließen konnte, zugleich aber auf die steigende Zahl der Fabrikschornsteine, deren Anhäufungen in Industriegebieten das Stadt- und Landschaftsbild und zugleich, mit ihrem Ausstoß an Rauchgas und Flugasche, auch die Qualität der Atmosphäre immer mehr beeinflussten. In der Nähe von Industriegebieten stiegen die regionale Luftbelastung durch Gase, Rauch, Staub und Schadstoffe stark an. In Leipzig existierten 1891 nicht weniger als 136 Einzelgeneratoranlagen, die elektrischen Strom erzeugten¹³; im selben Jahr wurde die erste stadteigene Beleuchtungsanlage Leipzigs installiert.

- Schließlich OSTWALD hatte selbst oder in Arbeiten seines Instituts experimentell viele Eigenschaften von Komponenten, die potenziell für Brennstoffzellen in Betracht kamen, ermittelt, so für Elektroden, Elektrolyte, Anionen und Kationen sowie oxidierende und reduzierende Agenzien. Auf diese Weise eröffnete OSTWALDS Werk den Weg in das Feld der Brennstoffzellenforschung dadurch, dass er zukünftigen Forschern Informationen lieferte.

¹⁰ BAUER, F. J.: Das „lange“ 19. Jahrhundert : Profil einer Epoche. Stuttgart : Reclam jun., 2004, S. 64.

¹¹ Eine Übersicht zu dieser Entwicklung und ihrer zeitlichen Einordnung von 1840 bis 1914 geben W. KÖNIG u. W. WEBER: Propyläen, Technik, Geschichte. Berlin : Propyläen Verl., 2003, S. 17–53, 314–353.

¹² KARLSCH, R. ; SCHÄFER, M.: Wirtschaftsgeschichte Sachsens. Leipzig : Edition, 2006.

¹³ DITTMANN, F.: Zur Geschichte der sächsischen Elektrizitätsversorgung. In: HASCHER, M. et al. (Hrsg.): Sachsen in der Wissenschafts- und Technikgeschichte. Freiburger Forschungshefte D 281 (2005) , S. 96–114.

In seinem Buch „Elektrochemie. Ihre Geschichte und Lehre“¹⁴ weist OSTWALD vor allem auf Christian Friedrich SCHÖNBEIN (1799-1828) und William Robert GROVE (1811-1896) als Entdecker des Prinzips der Brennstoffzellen hin. SCHÖNBEIN war seit 1835 Professor in Basel; er entdeckte 1839 das Ozon und erfand 1845 die Schießbaumwolle und die Kollodiumwolle; auch gilt er als Mitbegründer der Geochemie. Das Prinzip der Brennstoffzelle wurde 1838 von SCHÖNBEIN aufgefunden, indem er zwei Platindrähte in einer Elektrolytlösung (wahrscheinlich Schwefelsäure) mit Wasserstoff beziehungsweise Sauerstoff umspülte und zwischen den Drähten eine Spannung feststellte. 1838 und 1840 veröffentlichte SCHÖNBEIN diese Ergebnisse.¹⁵

William Robert GROVE (1811-1896) war nach einem Studium der Rechtswissenschaften als Advokat und Richter tätig, bevor er von 1841 bis 1846 als Professor für Experimentalphysik in London naturwissenschaftlich arbeitete. Er erfand 1839 das nach ihm benannte elektrochemische Grove-Element¹⁶. Über Gas-elemente, in die Wasserstoff bzw. Sauerstoff eingespeist wurden, hat er später weitere Arbeiten publiziert.¹⁷ 1846 lieferte er durch Aufspaltung an erhitzten Platindrähten von Wasserdampf in Wasserstoff und Sauerstoff einen experimentellen Nachweis für die Dissoziation des Wassers.

In dem oben erwähnten Vortrag⁶ geht OSTWALD auch auf Einzelheiten chemischer Reaktionen als Basis möglicher Brennstoffketten ein. Insbesondere kommentiert er, „*wie falsch der Weg war, den vor einigen Jahren der kürzlich verstorbene Jablochkoff einschlug, um die elektrische Energie unmittelbar aus Kohle zu gewinnen*“.¹⁸ Offenbar bezieht sich OSTWALD auf eine Publikation¹⁹ des Russen Paul JABLOCHKOFF (1847-1894), der Kohle als negative Elektrode (als Lösungs-elektrode) und Platin als Luft- bzw. Sauerstoffelektrode vorschlug. Damit kritisiert OSTWALD nicht etwa den Ansatz, Kohle als Energiespender zu verwenden, sondern den von JABLOCHKOFF gewählten Reaktionsweg. Kohle wurde von JABLOCHKOFF in schmelzenden Salpeter gebracht, was einen heftigen Verbrennungsprozess zur Folge hatte und einen Stromfluss ergab, „*aber einen so schwachen, daß an seine Verwendung nicht zu denken war.*“ JABLOCHKOFF war Russe

¹⁴ OSTWALD, W.: Elektrochemie : ihre Geschichte und Lehre. Leipzig : Veit & Comp., 1896, S. 688–689.

¹⁵ SCHÖNBEIN, C. F.: Neue Beobachtungen über voltaische Ströme, erregt durch chemische Tendenzen. In: Ann. Physik 119 (1838) , 2, S. 229-241; Ders.: Notizen über eine Volta'sche Säule von ungewöhnlicher Kraft. In: Ann. Physik 125 (1840) , 3, S. 511-514; Ders.: Notiz über eine neue Volta'sche Säule. In: Ann. Physik 125 (1840) , 4, S. 589-590.

¹⁶ GROVE, W. R.: Experiments on the gas voltaic battery, with a view of ascertaining the rationale of its action and on its application to eudiometry. In: Phil. Trans. R. Soc. 4 (1837) , S. 463– 465. (Eudiometer: Einseitig geschlossenes Glasrohr (im Inneren häufig mit eingeschmolzenen Elektroden, außen mit Millilitereinteilung) zum Auffangen und Messen von Gasen; diente früher zur Bestimmung von Dampfdichten).

¹⁷ GROVE, W. R.: On a gas voltaic battery. In: Proc. R. Soc. (1843) , S. 268 – 278, 346 – 354; Ders.: On the electro-chemical polarity of gases. In: Phil. Trans. R. Soc. 142 (1852) , S. 87-101.

¹⁸ Vgl. Fußnote 4.

¹⁹ JABLOCHKOFF, P.: Pile dans laquelle l'électrode attaquée est du charbon. In: Comt. Rend. Acad. Sci. (Paris) 85 (1877) , S. 1052; JABLOCHKOFF, P.: On a new form of voltaic battery. In: Proc. R. Soc. 37 (1877) , S. 141-142.

und hatte in St. Petersburg Ingenieurwissenschaften studiert, er stieg 1871 zum Direktor der Telegraphenverbindung zwischen den Städten Moskau und Kursk auf. Von dieser Position trat er 1875 zurück, um sich zunächst ausschließlich Forschungen zur Entwicklung einer Lichtbogenlampe zu widmen. Er ließ sich 1876 in Paris nieder und konnte dort die Arbeit an den später nach ihm benannten Jablochhoff-Kerzen als Lichtquelle beenden. Sie bestanden aus zwei parallelen Stiften von gepresster Kohle, der etwa 3 mm betragende Zwischenraum zwischen den Stiften war mit Kaolin gefüllt.²⁰ Gezündet wurde die Lampe durch eine Bogenentladung zwischen den Kohle-Elektroden: Das Kaolin begann zu verdampfen und bildete dann die eigentliche Lichtquelle. Die Jablochhoff-Kerzen waren ein Vorläufer der bekannteren Nernst-Lampen. Sie wurden einige Jahre als Beleuchtungssystem für Straßenbeleuchtungen eingesetzt.²¹ JABLOCHKOFF befasste sich, wie es OSTWALD aufgefallen war, auch mit weiteren elektrotechnischen bzw. elektrochemischen Problemen, so dem Einsatz von Kohle als Elektrodenmaterial in galvanischen Zellen, und er hat seine elektrochemischen Erfindungen u. a. in den USA als Patente²² angemeldet, in denen verschiedenartige Elektrodenmaterialien (so Silber, Kohle, poröse Kohle, Alkalimetalle) und auch Öl als Brennstoff geschützt wurden. In den von JABLOCHKOFF in späteren Jahren eingereichten Patentschriften sind Fortschritte erkennbar, indem er zu neuen Elektrodenmaterialien (poröse Kohle, Alkalimetalle) und Elektrolyten (u. a. Essigsäure) sowie Öl als Brennstoff überging. Ob OSTWALD davon Kenntnis hatte, ist nicht belegt.

Den Begriff „Brennstoffzelle“ gebrauchte wohl zuerst der Chemiker Ludwig MOND (1839 -1909). MOND, aus Deutschland stammend, hatte maßgeblichen Anteil am Aufbau der Sodaindustrie in England. Ferner erfand er ein Verfahren zur Gewinnung von wasserstoffreichem Generatorgas (Mondgas) und zur Schwefelrückgewinnung, zur Chlorherstellung und zur Herstellung von sehr reinem Nickel (Mond-Verfahren). Zusammen mit seinem Assistent Carl LANGER (Lebensdaten unbekannt, gest. wohl 1935) berichtete er 1889 über Experimente mit einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle²³ unter Einsatz von Elektroden aus dünnen, perforierten Platinblechen.

Auf Grund der Erfindung der Dynamomaschine durch Werner von SIEMENS gerieten die Grove'sche „Galvanische Gasbatterie“ sowie die weiteren Vor-

²⁰ JABLOCHKOFF, P.: Carbon for electric lights. US 190864 (1877); JABLOCHKOFF, P.: System zur Hervorbringung und Leitung des elektrischen Lichtes. DE 1630 (1877).

²¹ Walther NERNST wurde später, ohne von dem erwähnten Patent JABLOCHKOFFS Kenntnis zu haben, „durch rein theoretische Erwägungen zu dem Schlusse geführt, daß mit Kohle oder anderen metallischen Leitern als Glühkörper elektrische Glühlampen von gutem Nutzeffekt nicht herzustellen sind, daß sie aber mit Leitern zweiter Klasse (elektrolytischen Leitern) prinzipiell möglich sein müssen. ... Aber durch Vorversuche gelang es mir, zu konstatieren, daß Gemische von Oxyden, z. B. von Magnesia und Porzellan, bei hohen Temperaturen überraschend gute Leiter werden.“ Aus: NERNST, W.: Die Nernst-Lampe. In: Mutter Erde : Technik, Reisen und nützliche Naturbetrachtung in Haus und Familie. Bd. 2. Berlin : Spemann, 1899, S. 192–193, S. 367–369.

²² JABLOCHKOFF, P.: Improvement in batteries. US 219056 (1879); Secondary electric battery. US 248654 (1881); Electric battery. US 273739 (1883); Galvanic battery. US 360158 (1887).

²³ MOND, L. ; LANGER C.: A new form of gas battery. In: Proc. R. Soc. 46 (1889), S. 296–304.

schläge für Brennstoffzellen zunächst in Vergessenheit. Die Kombination von Dynamomaschine und Dampfmaschine war bezüglich Brennstoffeinsatz und Installation einfacher und unkomplizierter. OSTWALDS Hinweis²⁴ zu Brennstoffzellen hatte sich bewahrheitet, dass, „... bis diese Aufgabe einmal ernsthaft in Angriff genommen wird, noch einige Zeit vergehen“ wird.

Der weitere Weg von Forschung und Anwendung der Brennstoffzellen war wechselfull, Zeiten großen Interesses und stark nachlassender Aktivität haben sich abgewechselt. In Deutschland hat die Forschung an Brennstoffzellen auch im 20. Jahrhundert eine lange Tradition. Der Chemiker Franz FISCHER (1877-1947), der erste Direktor des Mülheimer Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung, des späteren Max-Planck-Instituts für Kohlenforschung, hielt 1921 auf der Jahresversammlung Deutscher Elektrochemiker einen Vortrag, in dem er die „*elektrochemische Verbrennung von Kohle unter Stromerzeugung...*“ als eines der Hauptarbeitsgebiete seines Instituts bezeichnete. FISCHER skizzierte dazu einen mehrstufigen Prozess, in dem aus Kohle elektrische Energie gewonnen werden sollte. Die letzte Stufe dieses Verfahrens war eine Brennstoffzelle; es wurde allerdings nicht verwirklicht.

In den Jahren ab 1950 kam es zu einem weltweit spürbaren Aufschwung der Forschung, seit etwa 1960 beflügelt vor allem durch den sich abzeichnenden Einsatz von Brennstoffzellen im Gemini-Programm, dem zweiten Raumfahrtprogramm der NASA auf dem Weg zur bemannten Mondlandung in der Zielsetzung des Apollo-Programms. In diese Zeit fällt das Internationale Symposium Brennstoffelemente, das von der Chemischen Gesellschaft der DDR und dem Institut für Elektrochemie und physikalische Chemie der Technischen Universität Dresden im Jahr 1967 veranstaltet wurde. Dem international anerkannten Elektrochemiker und Direktor des Instituts, Kurt SCHWABE, war es gelungen, einen großen Teil der weltweit führenden Elektrochemiker nach Dresden, dem Ort der Veranstaltung, zu holen, unter ihnen M. BONNEMAY (Frankreich), W. W. BREITER (Österreich), A. N. FRUMKIN (Sowjetunion), J. A. A. KETELAAR (Holland), K. KORDESCH (Österreich), V. I. SPITZIN (Sowjetunion), F. v. STURM (Deutschland), T. TAKAHASHI (Japan) und W. VIELSTICH (Deutschland). Im Vorwort zum Tagungsband²⁵ erinnert SCHWABE zunächst nochmals an die wegweisenden Worte OSTWALDS zur „kalten Verbrennung“, aber auch an die inzwischen erkannten und experimentell nachgewiesenen Vorzüge der Brennstoffzellen wie anspruchsarme Wartung, geruch- und geräuschlose Funktion, den möglichen Einsatz in Kleinwagen des Straßenverkehrs, in Straßenbahnen, in Raketen und Raumschiffen. SCHWABE knüpfte auch an OSTWALDS Ausblick auf die Schonung der Umwelt an. In vielen seiner Publikatio-

²⁴ OSTWALD, W., siehe Fußnote 7, S. 267.

²⁵ SCHWABE, K. (Hrsg.): Internationale Symposium Brennstoffelemente. Berlin : Akademie-Verl., 1968. – 366 S. (Abhandlg. Sächs. Akademie der Wissenschaften zu Leipzig ; Bd. 49, H. 5).

nen geht er darauf sehr detailliert im Zusammenhang mit der Einschätzung der weltweiten Energieressourcen ein.²⁶

Seither hat die Brennstoffzellenforschung wesentliche Fortschritte, insbesondere in der Materialentwicklung erbracht. Man unterscheidet je nach Betriebstemperatur Nieder-, Mittel- und Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Diese werden (Arbeitstemperatur zwischen 0 und 150 °C bzw. 150 und 250 °C) mit festen Protonenleitern, Phosphor- bzw. Schwefelsäure oder Kalilauge als Elektrolyt betrieben, bei Hochtemperatur-Brennstoffzellen (500 bis 1000 °C) gelangen Salzschnmelzen aus Alkalicarbonaten bzw. -chloriden oder sauerstoffionleitende keramische Feststoffe (z.B. mit Yttriumoxid dotiertes Zirkoniumoxid) zur Anwendung. Zur Zeit werden Brennstoffzellen mit festen Elektrolyten gute Aussichten eingeräumt. Für Temperaturen bis 130 °C werden Brennstoffzellen mit protonenleitenden Polymermembranen (PEMFC), z.B. auf der Basis von NAFION[®], favorisiert. Nachteil dieses Typs ist, dass bisher nur Wasserstoff als Brennstoff eingesetzt werden kann, der in einem externen Reformier aus Kohlenwasserstoffen gewonnen werden muss, will man für den Elektroantrieb das konventionelle Tankstellennetz nutzen. Die Elektroden, die einen gewissen Anteil von Platin enthalten (etwa 0, 2 mg/cm²), werden leicht durch CO vergiftet, so dass dieses Gas nach der Reformierung möglichst vollständig aus dem Brenngas abgetrennt werden muss. Immer noch im Stadium der Forschung sind die Brennstoffzellen, die es gestatten, direkt Methanol als Brennstoff zu verwenden (DMFC).

Als aussichtsreichste Kandidaten für eine technische Umsetzung sowohl im kW- als auch im MW-Bereich gelten gegenwärtig die Hochtemperatur-Brennstoffzellen (solid oxide fuel cells, SOFC). Als Elektrolyt verwendet man mit Ytriumoxid stabilisiertes Zirkoniumdioxid (YSZ), als Kathodenmaterial mit Strontium dotierte Lanthanmanganite und als Anodenmaterial eine Mischung aus Nickel und YSZ, so genanntes Nickelcermet. Bisher gelingt es nur, Wasserstoff direkt an diesen Anoden elektrochemisch zu oxidieren. Um Methan ohne Kohlenstoffabscheidung umzusetzen, wird Wasserdampf beigemischt und in einem Reformingprozess direkt an der Anode (in situ reforming) zu Wassergas reformiert, das dann wiederum anodisch oxidierbar ist. Forschung und Entwicklung zielen auf alle drei Hauptkomponenten der Brennstoffzelle. Für neue Anodenmaterialien, die eine direkte Umsetzung von Methan erlauben, eignen sich prinzipiell Mischoxide vom Perowskittyp (ABO₃), z.B. auf der Basis von dotierten Chromiten. Perowskitische Materialien sind auch Gegenstand zahlreicher Untersuchungen zur Entwicklung neuer Kathoden, an denen molekularer Sauerstoff mit wenig Überspannung reduziert werden kann. Die gegenwärtig verwendeten Kathoden verursachen den Hauptanteil (bis zu 2/3) der Gesamtpolarisation an einer Brennstoffzelle.

²⁶ SCHWABE, K.: Umweltschutz und Rohstoffprobleme. In: Wissenschaft u. Fortschritt 24 (1974) , 4, S. 146–150; Ders.: Perspektiven der Rohstoff- und Energieversorgung. In: Zellstoff u. Papier 25 (1976) , S. 98–101.

Festelektrolyt-Brennstoffzellen lassen sich schon bei Temperaturen zwischen 500 und 700 °C betreiben. Die hierfür erforderlichen Elektrolyte basieren auf Ceroxid (CeO_2), dem zur Vergrößerung der ionischen Leitfähigkeit bis zu 20 Mol-% Gd_2O_3 zugesetzt wird (CGO).²⁷ Dem Vorteil größerer Materialstabilität bei diesen Betriebstemperaturen steht der Nachteil eines Abgases mit tieferer Temperatur entgegen, das sich energetisch, z.B. durch eine Turbine schlechter verwerten lässt als solches mit 1000 °C Abgastemperatur.

Etwa seit 1985 gibt es eine sehr konzentrierte Ausrichtung auf die Wasserstofftechnologie vor dem Hintergrund, dass Wasserstoff zur Energiespeicherung und -verteilung bei vollständiger Schonung der Umwelt größtmögliche Vorteile bietet. Sowohl die Elektrolyse von Wasser – zur Erzeugung von Wasserstoff – als auch die Technik der Brennstoffelemente, die mit Wasserstoff als Brennstoff arbeiten, wurden erheblich verbessert.²⁸

Wegen der relativ kleinen Spannung, die eine einzelne Brennstoffzelle liefert, müssen gewöhnlich viele Brennstoffzellen zu einer Brennstoffzellenbatterie zusammengeschaltet werden. Sie haben ein günstiges Leistungsgewicht und werden heute bereits mit Erfolg in der Raumfahrt, in Unterwasserstationen und zur Notstromversorgung eingesetzt. Aus einer Brennstoffzellenbatterie bestehende Stromerzeuger bzw. Kraftwerke, von denen heute Pilotanlagen mit elektrischen Leistungen bis 4,5 MW in Betrieb sind, enthalten einen Brennstoffreformer, in dem kohlenwasserstoffhaltige Brennstoffe (vor allem Erdgas oder Methanol) bei hohen Temperaturen in wasserstoffreiche Gase überführt werden, daneben einen Stromwandler, der den erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt. Die Brennstoffzelle wird gegenwärtig wegen des erzielbaren hohen Wirkungsgrads von 95 % und der schadstoffarmen Technik als besonders zukunftsreiche Energiequelle eingeschätzt. Der Wirkungsgrad der Stromerzeugung mit Brennstoffzellen lag im Jahr 2000 bereits bei 70 %. Die Markteinführung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen ist von führenden deutschen Automobilherstellern für Stadtbusse und auch für Privat-Pkw geplant. Das erste auf Klärgasbasis (von Fremdstoffen gereinigtes, wasserstoffreiches Klärgas) arbeitende Brennstoffzellen-Heizkraftwerk ging bereits im Jahr 2000 in Köln in Betrieb. Mini-Brennstoffzellen mit Metallhydridspeichern als Wasserstofftank werden derzeit für die Stromversorgung von bisher mit Sekundärbatterien betriebenen Geräten entwickelt.

Wie aus Berichten zur Energie-Initiative der Gesellschaft Deutscher Chemiker²⁹ hervorgeht, deuten sich völlig neue und innovative Anwendungen der Brennstoffzellen an: Vollgetankte Brennstoffzellenautos könnten dazu dienen, ein

²⁷ GUTH, U. ; VASHOOK, V.: Hochtemperatur-Brennstoffzellen - eine Ostwald'sche Herausforderung. In: KADEN, H. ; HENNIG, H. (Hrsg.): Elektrochemie im 21. Jahrhundert. Symposium anlässlich des 150. Geburtstages von Wilhelm Ostwald in Meinsberg am 11. Sept. 2003. Leipzig : Verl. d. Sächs. Akad. Wiss. zu Leipzig, 2006 (Abh.. Sächs. Akad. Wiss. zu Leipzig, Math.-naturwiss. Kl. ; Bd. 63, H. 5) , S. 31-37.

²⁸ PLZAK, V. ; ROHLAND, B. ; WENDT, H.: Advanced electrochemical hydrogen technologies : water electrolyzers and fuel cells. In: CONWAY, B. E. ; BOCKRIS, J. O'M. ; WITHE, R. E. (Eds.): Modern aspects of electrochemistry. Bd. 26. New York : Plenum Press, 1994, S. 105-164.

²⁹ PÜTTER, H.: Energie effizienter nutzen. In: Nachrichten aus der GDCh-Energieinitiative (2007) , April, S. 5-7.

bis zwei Einfamilienhäuser an Wochenenden mit Strom zu versorgen. Hybridautos könnten mit Strom aus der Steckdose versorgt werden, um so Kraftstoff einzusparen. A. HEINZEL vom Zentrum für Brennstoffzellen-Technik der Universität Duisburg-Essen bezeichnet in einem jüngst erschienenen Artikel³⁰ Brennstoffzellen als Chance für Deutschland. Bei Bevorzugung der Wasserstoffwirtschaft ist das Elektroauto mit Brennstoffzelle im Hybridbetrieb mit einer galvanischen Batterie eine voraussichtlich besonders günstige Option.

Autoren:

Prof. Dr. Ulrich Guth

Direktor des Kurt-Schwabe-Instituts für Mess- und Sensortechnik e.V. Meinsberg

Kurt-Schwabe-Straße 4

04720 Ziegra-Knobelsdorf

guth@ksi-meinsberg.de

Prof. Dr. Heiner Kaden

Vorsitzender der Kommission für Wissenschaftsgeschichte

Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig

Postfach 100440

04004 Leipzig

kaden@ksi-meinsberg.de

³⁰ HEINZEL, A.: Brennstoffzellen – Chance für Deutschland. In: Nachrichten aus der GDCh-Energieinitiative (2007), April, S. 8-9.

Wilhelm Ostwald vor 100 Jahren

Wolfgang Hönle

Das Jahr 1907 war für Wilhelm OSTWALD das erste Jahr nach seinem Umzug von Leipzig nach Großbothen, nun konnte er sich den Dingen widmen, die er bisher auf Grund seiner akademischen Verpflichtungen in Leipzig nur am Rande durchgeführt hatte. Am 13. Juli 1907 erhielt er seinen fünften Ehrendoktor, diesmal von der Universität Liverpool. Bei dieser Ehrenpromotion wurde auch ein Portrait des Sponsors Edmund Knowles MUSPRATT enthüllt, welches sich heute in der University of Liverpool Art Gallery befindet. (Gemälde von Augustus Edwin JOHN 1878 – 1961). E. K. MUSPRATT¹ erhielt einen Ehrendoktor der Rechte, OSTWALD hatte einen solchen Ehrendoktor der Rechte unmittelbar vorher von der Universität Aberdeen erhalten².

Einer der früheren Schüler OSTWALDS, Frederick George DONNAN (* Colombo / Sri Lanka 6. 9. 1870 --- † Canterbury 16. 12. 1956) (Abb. 1)³, wurde 1904 auf die neugeschaffene Professur für Physikalische Chemie an die Universität Liverpool berufen. Er leitete den Neubau des Muspratt-Laboratoriums für Physikalische Chemie und war dann Institutsdirektor von 1906 bis 1913. Danach wurde er Nachfolger von Sir William RAMSAY und leitete als Direktor die Chemischen Laboratorien vom University College London: bis zu seinem Ruhestand im Jahre 1937. DONNAN berichtete 1910 über das Muspratt-Laboratorium⁴ und hielt auch einen Nachruf auf Wilhelm OSTWALD.⁵

¹ CLAYTON, G. C.: Obituary notices : Edmund Knowles Muspratt. In: J. Chem. Soc., Trans. 125 (1924) , S. 2677-2698.

² OSTWALD, Wilhelm: Lebenslinien : eine Selbstbiographie. Kommentierte Neuaufl. von Karl Hansel. Stuttgart : Hirzel, 2003, S. 461-462.

³ FREETH, F. A.: Frederick George Donnan : 1870-1956. In: Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 3 (1957) , Nov., S. 23-39. Wir verwenden hier die Reihung der Vornamen entgegen der in den „Lebenslinien“. Es ist möglich, dass er sich in Deutschland mit dem Rufnamen George bezeichnet hatte und daher die Vertauschung der Vornamen in den Lebenslinien erfolgte.

F. G. DONNAN hat eine sehr interessante Karriere durchlaufen:

DONNAN verlor im Alter von 9 Jahren sein linkes Auge, besuchte von 1889 bis 1893 das Queens College in Belfast. Danach ging er auf Grund seiner guten Leistungen - er erhielt zahlreiche Stipendien -1893 nach Leipzig zu WISLICENUS. Nach einem Jahr wechselte er zu Wilhelm OSTWALD bis zu seiner Promotion im Jahre 1896. Von 1896 - 97 arbeitete er bei VAN'T HOFF in Berlin. In den Jahren 1897-98 veröffentlichte er vier theoretische Arbeiten, bevor er 1898 Senior Research Student bei RAMSAY am University College London wurde. 1901 wurde er Assistenz-Dozent (Assistance Lecturer) bei RAMSAY. Dieser Anstellung folgte dann die Assistenz-Professur im Jahr 1902 bis 1903 im UCL. Von 1903 bis 1904 war er Dozent für Organische Chemie am Royal College of Science in Dublin. In diesem Jahr übernahm er den neugeschaffenen Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Universität von Liverpool. Er hielt hochbeachtete Vorträge in Leiden, Utrecht und Amsterdam und nahm an mehreren Tagungen der Deutschen Bunsen-Gesellschaft teil.

⁴ DONNAN, Frederick George: The Muspratt laboratory for physical and electrochemistry at the University of Liverpool. In: Z. Elektrochem. 16 (1910) , S. 903 – 912.

⁵ DONNAN, Frederick George: The Ostwald memorial lecture. In: J. Chem. Soc. (1933) , S. 316-332.



H. Bowman

Abb. 1.

Frederick George Donnan promovierte 1896 (*magna cum laude*) bei Ostwald mit einer Arbeit: Versuche über die Beziehung zwischen der elektrolytischen Dissoziation und Lichtabsorption in Lösungen, s.a. Z. physik. Chem. 19 (1896), S. 465. Ein von ihm konstruiertes Kolorimeter trägt den Namen Donnan – Kolorimeter.

E. K. MUSPRATT war ein Sohn von James MUSPRATT, der einer sehr erfolgreichen Chemie-Industrie-Dynastie in Raum Liverpool vorstand. Die MUSPRATTS in Liverpool⁶ waren sehr spendierfreudig und machten immer wieder große Spenden an die Universitäten. Seinen zweiten Vornamen Knowles erhielt er von James Sheridan KNOWLES (12. Mai 1784 – 30. November 1862), einem englischen Dramatiker und engem Freund der Familie MUSPRATT. Dieses war nicht ungewöhnlich zu jener Zeit (und auch heute), erhielt doch der Sohn seines Bruders Richard den Namen James Liebig MUSPRATT zu Ehren von Justus von LIEBIG, dem Freund der Familie MUSPRATT. Ein weiterer Bruder von E. K. MUSPRATT war James Sheridan MUSPRATT (1821 – 1871), der Autor des in mehreren Auflagen bis in die zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts erschienenen Standardwerks der Enzyklopädie.⁷

⁶ STEPHENS, Michael D. ; RODERICK, Gordon W.: The Muspratts of Liverpool. In: *Annals of Science* 29 (1972), Oct., S. 287-311.

⁷ MUSPRATT, James Sheridan: *Chemistry, theoretical, practical & analytical as applied and relating to the arts and manufactures* - 2 Vols. Glasgow ; Edinburgh ; London ; New York : Mackenzie, 1853-1861 bzw. 1854 – 1860 [British Library Cat. No. 007574116].

Die Erscheinungsdaten differieren sehr stark in der Literatur, selbst im Britischen Verbundkatalog – COPAC war nur ein Werk mit der Jahreszahl 1853 aufgeführt. Die Werke mit dem Publikationsdatum 1860 (wenn überhaupt vermerkt), zeichnen sich durch 30 beigefügte Stahlstiche bedeutender Chemiker aus. Ein Grund für das fehlende Jahr der Publikation könnte die Erscheinungsweise in Teilbänden gewesen sein. Die englische Ausgabe hatte noch einen Nachfolger. Auf der Basis des von MUSPRATT herausgegebenen Werks erschien 1877-1879 im gleichen Verlag unter dem sehr ähnlichen Titel: "Chemistry, theoretical, practical, and analytical as applied to the arts and manufactures. By writers of eminence." eine Enzyklopädie in 2 Bänden (Vol. 1, 1040 S, 8 S. Index; Vol. 2: 1000 S, 8 S. Index; in 8 Teilbänden) mit mehr als 70 Autoren und zahlreichen Abbildungen. Haupt- und Korrespondenz-Herausgeber war CHARLES W[ILSON] VINCENT, F.R.S.E ; F.C.S. Lon. et Ber., Royal Institution, London. Leider findet sich in

James heiratete 1848 die amerikanische Schauspielerin Susan CUSHMAN. James Sheridan MUSPRATT (Abb. 2) übersetzte das Werk über die Lötrohranalyse von PLATTNER in die englische Sprache.⁸



PROFESSOR MUSPRATT, F.R.S.E.
FOUNDER OF THE COLLEGE OF CHEMISTRY, LIVERPOOL

James Sheridan Muspratt

Abb. 2.

James Sheridan Muspratt (8.3.1821-3.4.1871). In seinen Händen hält er ein Lötrohr, welches an seine Übersetzung von Plattners Werk in die englische Sprache erinnert.

Für J. S. MUSPRATT übersetzte dann während seines Englandsaufenthaltes Friedrich Carl Adolf STOHMANN (25. April 1832 – 1. November 1897) die gerade herauskommenen ersten Lieferungen der Encyklopädie (Abb. 3) in die deutsche Sprache (Abb. 4). STOHMANN war ab 1871 o. Prof. für physiologische Chemie und Direktor des landw.-physiologischen Instituts der Universität Leipzig. Man lese hierzu den Nachruf auf STOHMANN von Wilhelm OSTWALD.⁹ OSTWALD nannte die Übersetzung von STOHMANN lediglich im Zusammenhang mit „Publicationen betr. die

diesem Werk kein Vorwort, aus dem die Intention hervorgehen könnte. Erschienen ist das Werk im gleichen Verlag wie MUSPRATTS Werk: London ; Dublin ; Edinburgh ; Glasgow : William Mackenzie. [British Library Cat. No. 003797916] (Abb. 6).

⁸ PLATTNER, Carl Friedrich: The use of the blowpipe, in the examination of minerals, ores, furnace-products, and other metallic combinations / by Charles Frederick Plattner. Transl. from the german, with notes, by James Sheridan Muspratt. With a pref. von Liebig. London : Taylor and Walton, 1845. - XVII, 364 S. : III

⁹ MUSPRATT, James Sheridan; Nebentitel: Encyklopädisches Handbuch der technischen Chemie - Muspratt's theoretische, praktische und analytische Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe . 4., verb. u. verm. Aufl. / frei bearb. von F. Stohmann, B. Kerl. Braunschweig : Vieweg, 1888 -1922. Die 4. Aufl. erschien in 12 Bänden, die Bände 6-12 wurden von H. Bunte herausgegeben. Die 1. deutsche Aufl. (3 Teile und 2 Anhänge in 2 Bänden) erschien im Verlag Schwetschke und Sohn, Braunschweig, 1856-1862, ab Bd. 3 zeichnete B. Kerl mitverantwortlich für die Übersetzung. Es erschienen noch einige Nachträge zu diesem Werk (Abb.5).

landwirtschaftlichen Nebengewerbe“, eine nach Meinung des Verfassers sehr geringwertige Einschätzung, da dieses Buch immerhin 4 Auflagen (bis zu 13 Bänden) erlebte und bis in das Jahr 1926 Ergänzungen erschienen (Abb. 5).

Die Familie MUSPRATT war auch im Besitz eines Liebig-Portraits von TRAUTSCHOLD, der sich mehrere Jahre in London auf hielt und während dieser Zeit Thomas GRAHAM und Edmund Knowles MUSPRATT sowie James Sheridan KNOWLES gemalt hatte.¹⁰

Autor

Dr. Wolfgang Hönle
Wissenschaftlich-technische Infrastruktur
Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe
Nöthnitzer Str. 40
01187 Dresden
hoenle@cpfs.mpg.de

¹⁰ Wilhelm TRAUTSCHOLD ist der Künstler, der mehrere Liebig-Portraits gemalt hat, daneben auch die bekannte Szene aus LIEBIGS Laboratorium. Ein Portrait von LIEBIG (ca. 1856) ging an Moritz CARRIÈRE, den Schwiegersohn, das andere an die Familie MUSPRATT in Liverpool. Von dort gelangte es in die Chemical Society of London, die eine Kopie davon im Jahre 1929 als Geschenk der Deutschen Chemischen Gesellschaft vermachte, von wo aus es über Darmstadt in das Liebig-Museum in Giessen gelangte. Vom Bild im Besitz des Moritz CARRIÈRE wurden 1906 durch die Berliner Malerin PICHON ebenfalls Kopien angefertigt, die sich im Deutschen Museum in München und in der Aula der Universität Giessen befinden. Weitere bekannte Werke von Wilhelm TRAUTSCHOLD, der sich mehrere Jahre in London aufhielt, sind z.B. die Portraits von James Sheridan KNOWLES (nach dem Edmund MUSPRATT seinen zweiten Namen hat) sowie Thomas GRAHAM, dem bekannten Chemiker aus dieser Zeit. Die Vergabe von Zweitnamen nach Freunden der Familie ist nicht ungewöhnlich in Großbritannien, siehe Text. Nicht nur die Söhne von James MUSPRATT, sondern auch der Schwiegersohn von MUSPRATT, George HARLEY, war zwei Jahre in Giessen, siehe: WINGFIELD, Howard: Liebig in London : the years 1837 – 1855. In: The biomedical scientist (2006), Febr., S. 137-138; siehe auch: FRUTON, Joseph S.: The Liebig research group : a reappraisal. In: Proc. Amer. Philos. Soc. 132 (1988), No. 1, Mar., S. 1-66.

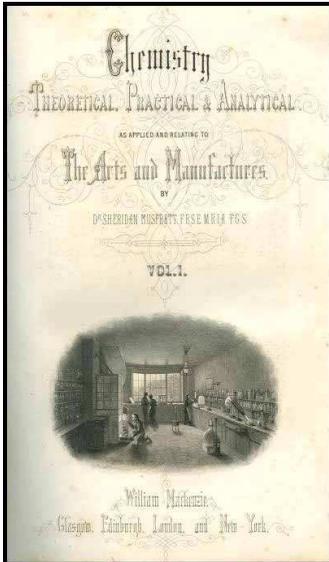


Abb. 3. Titel der ersten (und einzigen) Ausgabe von MUSPRATT*s Chemistry.

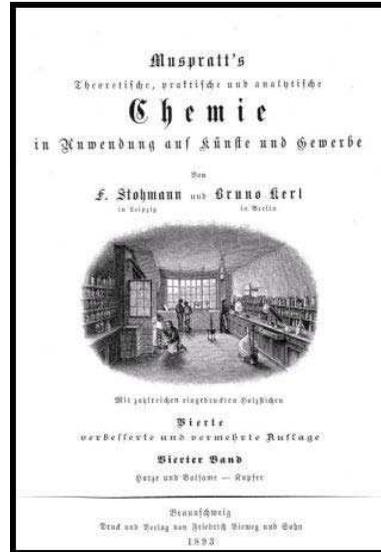


Abb. 4. Titel der deutschen Ausgabe von MUSPRATT*s Chemie (4. Aufl., 4. Bd, 1893), die ebenfalls noch von Strohmann und Kerl übersetzt wurde.



Abb. 5. Letzte Ergänzungsbände (1926) zur deutschen Ausgabe von MUSPRATT*s Encyklopädie.

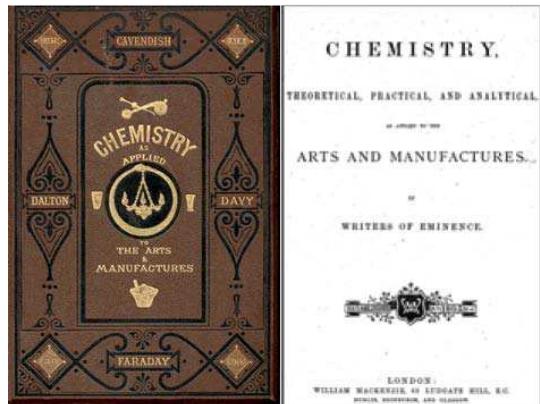


Abb. 6. Vincent's Chemistry [877], der Nachfolger von Muspratt's Werk.(links) Geprägter Kunstlederband mit den vier Elementen Erde, Luft, Feuer und Wasser, sowie den Namen Cavendish, Dalton, Davy und Faraday. (rechts) Innentitel der Teilbände.

Andere über Ostwald

Andere über OSTWALD

An den 75. Todestag von WILHELM OSTWALD gedachte das Leipziger Tourismus-Magazin näher >dran (Nr. 15, März – Mai 07) mit beiliegendem Artikel:

im fokus

Das Kalenderblatt – 4. April 1932

75. Todestag von Wilhelm Ostwald



Wilhelm Ostwald machte Leipzig zum Mekka der Physikalischen Chemie und lehrte auf dem Gebiet der Farblehre. Pionierarbeit. Für seine grundlegenden Arbeiten zur Katalyse erhielt er 1909 den Nobelpreis für Chemie und war damit der erste Nobelpreisträger der Universität Leipzig. Ostwald wurde am 2.9.1853 als Sohn einer deutschstämmigen Handwerkerfamilie in Riga geboren und studierte ab 1872 Chemie in Göttingen. 1882 erhielt er eine Professur

am Polytechnikum Riga. Im Jahr 1887 wurde Ostwald als Nachfolger von Gustav Wiedemann auf den seit 1871 existierenden Lehrstuhl für Physikalische Chemie an die Universität Leipzig berufen, dem in der damaligen Zeit einzigen in der Welt. Dieses Jahr gilt als Geburtsjahr des damals neuen Grenzgebietes zwischen Physik und Chemie. Aus seiner bedeutenden wissenschaftlichen Schule gingen über 70 spätere Professoren für physikalische Chemie hervor, u.a. Walther Nernst und Max Le Blanc. Bedeutam war vor allem auch die Gründung und Herausgabe einer eigenen „Zeitschrift für physikalische Chemie“, dessen erstes Heft am 15.12.1887 im Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig herauskam. 1898 konnte Ostwald den Neubau des Physikalisch-chemischen Instituts der Uni-

versität Leipzig einweihen. Dieser bot günstige Voraussetzungen für seine Experimentalarbeiten. Hier gelang ihm auch die Reklierung der katalytischen Oxidation von Ammoniak (Ostwald-Verfahren, 1902/03). Um 1900 war sein Institut das Weltzentrum physikalischer Lehre und Forschung, an dem sich im März 1901 sogar Albert Einstein bewarb. Ostwalds anschauliches „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ wurde in alle Welt-sprachen übersetzt. Da sich Ostwald nur noch seinen Forschungen widmen wollte, ließ sich der Wissenschaftler Ende August 1906 vorzeitig in den Ruhestand versetzen. Er zog sich auf sein 1901 erworbenes Landhaus „Energie“ in Großbothen zurück und baute sein eigenes Laboratorium aus. Das Anwesen wuchs bis 1921 auf 7 ha Park und Wiesen. Mit



Landitz „Energie“ in Großbothen

dem Beginn des Ersten Weltkrieges arbeitete der künstlerisch begabte Ostwald, der sich auch als Landschaftsmaler betätigte, an einer eigenständigen Farblehre. Er propagierte sie durch Vorträge, Publikationen sowie mit der von ihm gegründeten Zeitschrift „Die Farbe“ (1921). Am 4.4.1932 starb der bedeutende Wissenschaftler in einer Klinik. Seine Urne wurde in einem Steinbruch auf seinem Landitz beigesetzt. Die Söhne Wolfgang Ostwald – Milibegründer der Kolloidchemie – und Walter Ostwald – Treibstoffpatentist und Schöpfer des Begriffes APAL – traten erfolgreich in die wissen-

schaftlichen Fußstapfen des Vaters. In rund 30 km von Leipzig entfernten Großbothen ist Ostwalds ehemalige Landitz heute ein touristischer Anziehungspunkt. Die 1974 eröffnete Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte „Haus Energie“ kann Do.-Sa. von 10-16 Uhr besichtigt werden.
Kontakt: Tel. 034384-71429
www.ostwaldgedenkstaette.de



Überwachpunkt

Auch die Leipziger Volkszeitung erinnerte am 2. April 2007 (Seite 23) an den Todestag von WILHELM OSTWALD:

FORSCHUNG UND HOCHSCHULE

Vater der physikalischen Chemie

Uni-Professor Wilhelm Ostwald schrieb Wissenschaftsgeschichte / Todestag jährt sich zum 75. Mal

Sein Landitz „Energie“ in Großbothen bei Grimma ist bis heute ein Ort der Wissenschaft geblieben, sein Ruf als herausragender Gelehrter hat die Zeiten überdauert – nächste Woche jährt sich zum 75. Mal der Todestag des Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald, der am 4. April 1932 in einer Leipziger Klinik starb. Anno 1887 war der Begründer der physikalischen Chemie als ordentlicher Professor an die Leipziger Universität berufen worden und gab noch im selben Jahr zusammen mit Jacobus van't Hoff die erste Fachzeitschrift für die neue Wissenschaftsdisziplin heraus. In ihr publizierte wenig später auch Max Planck über seine elektrochemischen Untersuchungen.

Der aus Riga stammende Ostwald prägte nicht nur den Begriff Katalyse, mit seinem Namen verbinden sich auch das Verdünnungsgesetz, die Reifung von Feststoffen oder die katalytische Ammoniakoxidation. 1909 brachten ihm seine Arbeiten den Nobelpreis für Chemie ein. Da stand er schon nicht mehr in Diensten der Alma mater, sondern ging als freiberuflicher Wissenschaftler in Großbothen seiner eigenen Wege, wandte sich der Naturphilosophie und später der Farblehre zu. Hatte sich der junge Albert Ein-

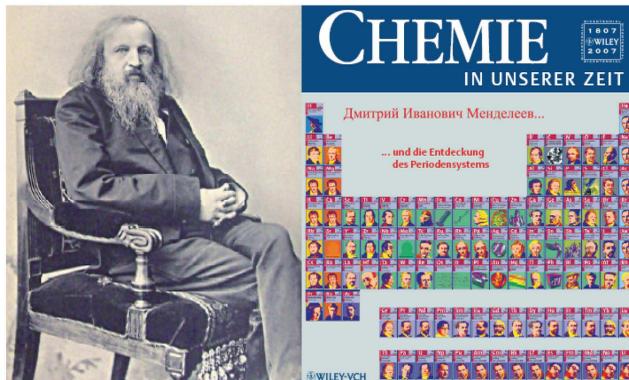


Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald Foto: Uni

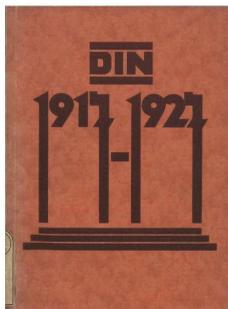
stein 1901 noch vergeblich auf eine Assistentenstelle beim Ostwald im Jahre 1916 beim inzwischen naheliegenderen Einstein mit der Zusendung einer Schrift zur Farblehre. Worauf Einstein erwiderte, dass die Wissenschaft Ostwald hier „einen bedeutenden Fortschritt“ verdanke.

Ostwald, nach dem an der Uni ein chemisches Institut benannt ist, tat sich aber auch an der Spitze des Deutschen Monistenbundes als antikerklicher

Wortführer hervor. Drei Jahre vor seinem Tod stellte der renommierte Gelehrte sein Manuskript „Praktische Ordnungsgelichte“ fertig, in dem er sich von der Philosophie Emanuel Kants und damit zugleich seinen eigenen naturphilosophischen Ansichten abwandte, die er 1902 formuliert hatte. Die sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig plant derzeit ein Projekt, bei dem Ostwalds Wissenschaftsphilosophie beleuchtet werden soll. Was kann bekannt ist – er war auch der erste deutsche Austauschprofessor. 1905 wollte Ostwald in dieser Funktion an der US-amerikanischen Harvard University. Nach seiner Rückkehr ließ er sich 1906 in Leipzig vorzeitig emeritieren. *mev*



Zum 100. Todestag von DMITRIJ IVANOVIČ MENDELEEV (1834 – 1907) erschien ein Artikel von G. BOECK und R. ZOTT (Chemie in unserer Zeit **41**(2007)12-20), in dem auch kurz auf die Wechselwirkungen zwischen OSTWALD und MENDELEEV eingegangen wird, wir sind gespannt auf die angekündigte Veröffentlichung des Briefwechsels zwischen MENDELEEV und OSTWALD (Ref. 16), zumal beide als Wissenschaftsorganisatoren gewirkt haben.



Wir hatten bereits in Heft 1/2007 (Farbbeilage) der Mitteilungen über den Kontakt zwischen PAUL WÖLFEL und WILHELM OSTWALD berichtet. Bei ihren Arbeiten stieß E. REINEKE nun auch auf den beigefügten Artikel von PAUL WÖLFEL über die Farbnormung von WILHELM OSTWALD in der Ingenieur-Zeitschrift (WÖLFEL, PAUL: Die Farbnormung nach W. OSTWALD. In: Ingenieur-Zeitschrift. Das Blatt der Deutschen Techniker in der Tschl. Rep. HPN. Hauptstelle für Planwirtschaft und Normung im PVR. Jg. 4. 1924. H. 10, S. 127 – 129. 210: ZB 309.; auch erschienen in den VDI-Nachrichten Jg. 4. 1924.

Nr.11 vom 12. 3. 1924. 210: ZC 1577.

E. REINEKE bereitet eine PAUL WÖLFEL-Gedenkausstellung vor (25. Mai – 6. Juni 2007, Gemeindebücherei Murnau), das von ihr anlässlich dieser Ausstellung zusammengestellte Material zur Normung etc. wird auf Anforderung beim Verfasser (hoenle@cpfs.mpg.de) gern als *.pdf-Dokument zur Verfügung gestellt.

Von E. REINEKE erschien auch ein kurzer Artikel über ihre PAUL-WÖLFEL-Ausstellung im deutschen Malermagazin: Der Maler und Lackiermeister, Heft 5, Mai 2007, S. 52-53 unter dem Titel: Farb-Apostel und Zuckerrüben – Die Farbenfibel im Dialog von WILHELM OSTWALD und PAUL WÖLFEL. Da die dazu gehörigen Abbildungen bereits gezeigt worden sind (Mitt. Heft 1 /2007), verzichten wir an dieser Stelle auf eine Wiederholung.

Letters To A Painter
On The Theory And
Practice Of Painting

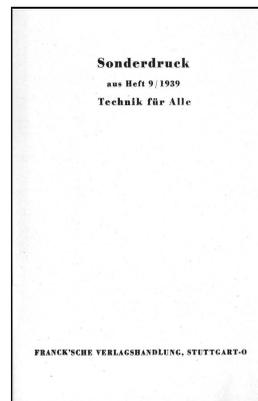


Wilhelm Ostwald and H. W. Morse

Im Januar 2007 erschien beim Verlag Kessinger Publishing eine Neuauflage des Werkes:

Letters to a Painter on the Theory and Practice of Painting von Wilhelm Ostwald (Autor), H. W. Morse (Übersetzer) als Taschenbuch. Das englische Werk hat 176 Seiten und die ISBN-Nummern: ISBN-10: 1430457686 bzw. ISBN-13: 978-1430457688

Im Jahre 1939 veröffentlichte GRETE OSTWALD in Heft 9 der Technik für Alle, Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart-O den Aufsatz: **In Farbe setzen** (Seite 3 -7), in dem sie in einfacher Weise die Farbenlehre von OSTWALD erläutert und kleine Regeln aus der Praxis gibt und auch auf die Modefarbe im Jahre 1939 eingeht. Wir geben hier einen Abdruck dieses Sonderdrucks wieder.



In Farbe setzen

Grete Ostwald¹

In Farbe setzen nannte Wilhelm Ostwald jenes täglich an uns herankommende Auswählen und Entscheiden in Farbdingen. Er meinte damit nicht nur das Umgehen mit Pinsel und Tünche, das färben von Geweben usw. als Werkvorgang, sondern vor allem den immer vorausgehenden geistigen Vorgang: welche von den Millionen Farbmöglichkeiten für diesen besonderen Anlaß?

Das klingt hoffnungslos schwierig! Es ist aber nicht schwieriger, als auf der Landkarte eine Gedankenreise zu planen, und das Verwirklichen ist sehr viel leichter. „Gegebenheiten“ beschränken hier wie dort sofort Art und Zahl der Möglichkeiten.

Die Übersichtskarte der Farben

Auch für die Millionen Farben, die der Mensch zu unterscheiden gelernt hat, haben wir in Deutschland seit 1918 einen Plan, eine Übersichtskarte² zum Zurechtfinden. Anfangs hängt man ängstlich an der Karte, je öfter man denselben Weg zu gehen hat, um so seltener guckt man darauf, schließlich weiß man die Hauptwege und Hauptpunkte auch ohne Karte.

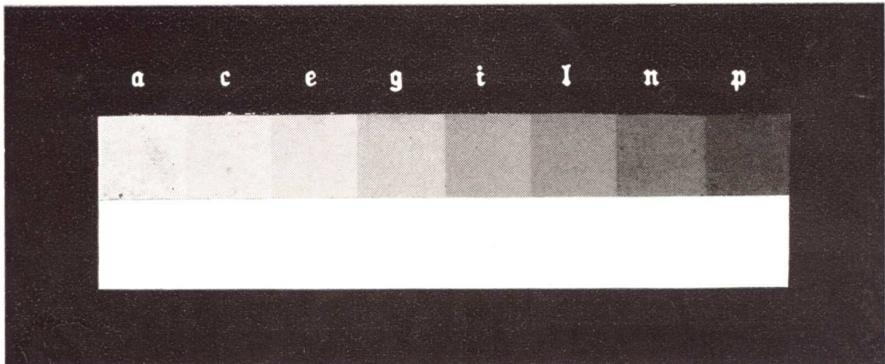


Abb. 1.

Tafel der „Grauleiter“. Jeweils eine Sprosse der Leiter ist übersprungen, der oder die Zwischenwerte sind aber leicht festzustellen.

Am einfachsten ist die Karte für die Unbunten (Abb. 1), d.h. die buntfreien Farben von Weiß über Hell-, Mittel-, Dunkelgrau bis Schwarz. Eigentlich ist das eine stetige, weich ineinander übergehende Reihe, mit der man ebenso wenig

¹ OSTWALD, Grete: In Farbe setzen. Sonderdruck aus: Technik für Alle (1939), H. 9. Stuttgart : Franck´sche Verlagshandlung, 1939. – 6 S.

² Fußnote im Original: Schriftenverzeichnis zur Farblehre Wilhelm Ostwald ; erhältlich im Wilhelm-Ostwald-Archiv, Großbothen in Sachsen.

anfangen kann wie mit einem Metermaß ohne Teilung und Bezeichnung. Die geteilten und bezeichneten Graustufen kann man dagegen nennen, schreiben, telegraphieren und wiedererkennen.

Die Graustufen

Sie heißen nach dem Alphabet:

Weiß	= a	Dunkelgrau	= i
Grauweiß	= c	Schwarzgrau	= l
Weißgrau	= e	Grauschwarz	= n
Hellgrau	= g	Schwarz	= p

Zwischenstufen sind bei Bedarf leicht einzuschalten. Mit einem kleinen Graustufenmaß (Grauleiter) kann man aber nicht nur irgend ein Grau feststellen, man kann auch irgend einen Grauplan aufstellen, mit engen, gleichmäßigen oder weiten Abständen.

Z.B.: a, c, e wäre eine enge, a, g, n eine weite Grauordnung. Man erhält so eine anständige Wirkung bei unwichtigen Belangen und man kann künstlerische Absichten bis zu einer Feinheit vortreiben und sichern, die bisher nicht vorstellbar war.

Die Farbwelt

Die zwischen völlig buntfreiem Unbunt und stärkstem Bunt (Vollfarbe) denkbaren und möglichen Übergänge werden auch erst durch eine gerechte Stufung und Bezeichnung zu einem übersichtlichen, stets bereiten Bestand.

Die vier Bunttafeln

Hier kommt es jedoch zu Hunderten von bunten Stufen oder Normen, denn es gibt ja nicht nur ein Bunt, wie ein Weiß und ein Schwarz, sondern vier bunte Urfarben:

GELB ROT BLAU GRÜN mit vielen verwandten Zwischenfarben, die sie so verbinden, daß keine Lücke (wie beim Spektrum) bleibt und ein Farbkreis entsteht, nicht eine Farbreihe. Da jeder Farbton 28mal mit Weiß und Schwarz abgestuft wurde, enthält die allgemeine Farbordnung 28 wertgleiche Farbkreise.

Wie bei der Landkarte, wurden auch bei der Farbkarte (neu erschienen 1939 im Verlag Muster-Schmid, Berlin-Göttingen) die Kreise aufgeschnitten und eben ausgebreitet, damit man sie gleichzeitig überblicken kann.

Der Anblick ist überraschend schön; nirgends ein Mißton, keine Farbe stört die andere, trotzdem es 680 verschiedene Töne sind. Schönheit wurde nicht angestrebt, sie stellte sich ein als Ergebnis einer erfolgreichen Ordnung. Schönheit und Ordnung hängen doch enger zusammen als man gemeinhin weiß.

Der stetig verlaufende, anfanglose Farbkreis wurde in 24 Farbtöne unterteilt und beziffert (Abb. 2).

Warme Farben sind Laubgrün, Gelb, Kreß und Rot.
Kalte Farben sind Veil, U-blau, Eisblau und Seegrün.

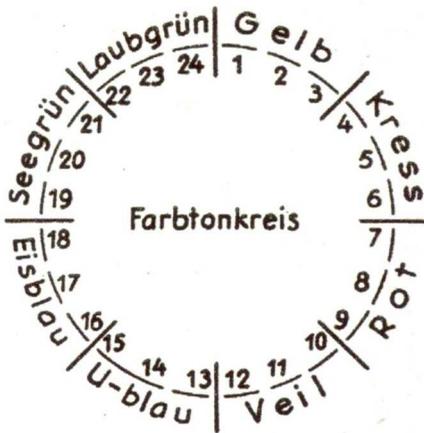
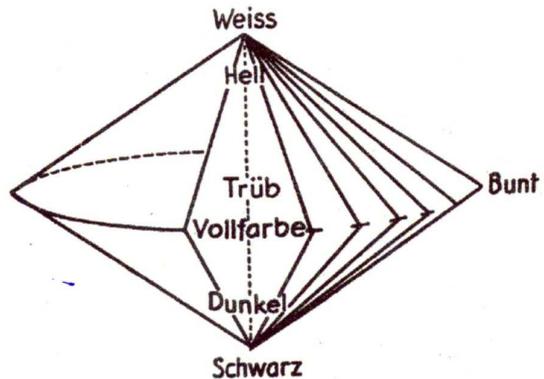


Abb. 2.
Der Farbtonkreis, kurz „Farbkreis“
in 24 Farbtönen, als erster wichtigster
Bestandteil der Bezeichnung der
Buntfarben.

Das farbtongleiche Dreieck und der Kegel

Die mit der Graureihe verbindenden Stufen tragen für ihre Weiß-(zuerst) und Schwarzanteile (zuzweit) die Buchstaben der Graureihe. Die Ordnungsfäche zwischen Graureihe und reinstem Buntpunkt ist ein Dreieck (Abb. 3).

Abb. 3.
Die 24 farbtongleichen Dreiecke mit der Graureihe als Achse bilden den „Farbkörper“, einen Doppelkegel mit Weiß und den hellen Kreisen an der oberen Spitze, mit Schwarz und den dunklen Kreisen an der unteren Spitze. Die Vollfarben und ihre „gesättigten“ Kreise liegen am Äquator, die trüben Kreise nach der Mitte zu.



Das Ordnungsgefüge der Farbgesamtheit sieht demnach wie ein Doppelkegel aus, gebildet aus den 24 zu den 24 Farbtönen gehörenden, um die Grauchse geordneten farbtongleichen Dreiecken (Abb. 4).

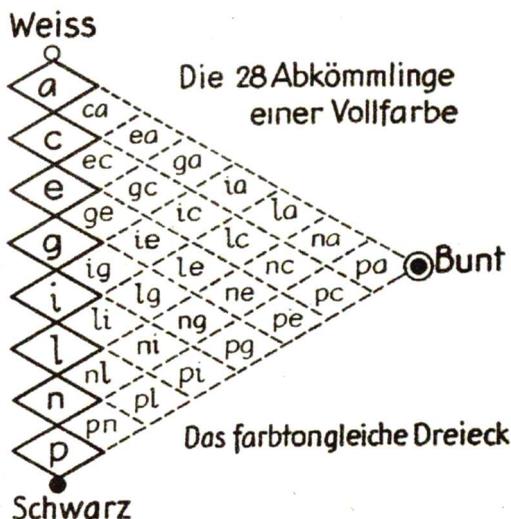


Abb. 4.

Alle Abkömmlinge eines Farbtones lassen sich zu einem farbtongleichen Dreieck ordnen, das ihre gegenseitigen Beziehungen zum Ausdruck bringt. Der Farbtonnummer werden die beiden Buchstaben zugefügt, die den Weißgehalt (1. Buchstabe) und den Schwarzgehalt (2. Buchstabe) angeben.

Die letzterschienenen Farbmeßtafeln nach Wilhelm Ostwald

Jede der vier Tafeln veranschaulicht zwei Hauptfarben mit je drei Vertretern. Das sind sechs Farbtöne mit ihren je 28 Abkömmlingen in sieben Reinheitsgruppen, zusammen 168 Buntfarben auf jeder Tafel.

Wer zum ersten Male mit seinen Augen auf der Karte Gelb - Kreß umherwandert, wird unerwartet erleben, daß Olivgrün, Beige, Lind, Feldgrau mehr oder weniger schwärzliche Gelb sind, daß Kaffeebraun ein starkschwarzes Kreß (Orange) ist und daß sich alle Hautfarben im weißnahen, leicht vergrauten Kreß vorfinden.

Auf der rot-veilen Karte interessieren vielleicht die 28 Möglichkeiten des Rot sieben. Es kann aussehen wie ein rosa Kinderkleidchen, wie vollfarbiges Fahnentuch, wie rötlich graues Porphyrgestein und auch wie das Purpurschwarz vom Flügel des Trauermantels.

Eine „Fahrt ins Blaue“ macht jeder, der zum ersten Male die blaue Karte in die Hand nimmt. Wie viele blaue Farben kannte er noch gar nicht! Mancher wird auch ausrufen: Die sehen alle zu ähnlich aus, die kann ich nicht unterscheiden! Dasselbe würde er ausrufen vor einer Schar Neger oder Chinesen. Bei zunehmender Bekanntschaft erweist sich jeder als Persönlichkeit, auch jede der blauen Farben, die durch die Wissenschaft als Gegenfarben zu alle den wohlbekannten gelben und kressen Farben ihr Dasein anmeldeten und bewiesen.

Auch unter den kalten Tönen der grünen Karte sind viele solche Neulinge. Beglückt schwelgen wir in dem reichen Grünbestand, den die Geschmackskultur eben erst auszuwerten beginnt.

Feststellen von Farben

Um zu irgend einer gegebenen Farbe ihresgleichen, Verwandte oder Gegenfarben aufstellen zu können, muß man zuerst sie selbst feststellen. Ob die Farbe auf der gelben, roten, blauen oder grünen Karte liegen wird, werden die meisten sofort wissen, die anderen werden es an Hand der Farbtafeln schnell lernen. Auch, ob es eine weiß-nahe oder eine trübe oder eine schwarz-nahe, oder ob es eine volle, gesättigte Farbe ist, sagt ein Blick.

Nun legt man auf gut Glück die vermutete Reinheitsgruppe auf den Meßling, fährt nach rechts oder links, um den Farbton einzustellen und nach oben und unten, um die Helligkeit an der Schattenreihe einzustellen, bis man dieselbe oder die ähnlichste Farbe festgestellt hat. Meist wird es eine „ähnlichste“ sein, denn wie es kaum vorkommt, daß von den hunderttausend Blättern eines Baumes zwei vollkommen gleich sind, so auch bei zwei Zufallsfarben, die sich sehr ähnlich sind.

Aufstellen von Paßfarben

Ist die maßgebende Farbe festgestellt, so merke man sie sich genau mit ihrem Farbzeichen. Z. B. 3 le, ein trübes, drittes Gelb.

Braucht man eine unauffällige, weiche Paßfarbe also Ton in Ton, so stehen die Stufen senkrecht darüber und darunter zur Auswahl: die Farben der Schattenreihe.

Braucht man ausgefallener, ungewöhnlichere Zusammenstellungen Ton in Ton, oder verlangt es eine „Gegebenheit“, so stehen die Farben mit dem gleichen ersten Buchstaben und Weißgehalt die Weißgleichen (auf der Karte eine schräge Reihe) und die Schwarzgleichen mit gleichem zweiten Buchstaben und Schwarzgehalt (auf der Karte eine waagerechte Reihe) zur sicheren Auswahl.

Braucht man noch eine oder mehrere Buntfarben zum 3. Gelb le, so stehen gleich alle restlichen 23 Buntfarben des Kreises le zur Auswahl. Beißen würde keine der Farben, aber ihre Wirkung wäre sehr verschieden. Für eine weiche Wirkung können nahe verwandte Buntfarben, z.B. 1, 3, 5 aus demselben oder einem naheliegenden Kreise, für lebhaftere Wirkung entferntere Farben, z. B. 23, 3, 7 (Abstand vier Stufen) oder 3, 11, 19 (Abstand acht Stufen) in Frage. Die lauteste Wirkung wird durch die Gegenfarbe oder ihren Ersatz durch gespaltene Gegenfarben erreicht. Für Gelb 3 wären dies entweder Blau 15 (Abstand zwölf Stufen) oder Blau 14 und 16, die Nachbarfarben der genauen Gegenfarbe.

Reichste und breiteste Buntwirkung, z. B. für Wandteppiche, erhält man, wenn man die gewählten Buntfarben in Schattenreihen, Weiß oder Schwarzgleichen gliedert. Versuch und Erfahrung werden den „Farbsetzer“ bald belehren, daß solche Gliederungen nach selbst zu wählender, aber dann auch einzuhaltender Regel aufzustellen sind.

Die wichtigste Regel ist: geordnete Beziehungen der Farben.
 Die einfachste Regel ist: Gleichabständigkeit.
 Die nicht zu vergessende Regel ist: Verständlichkeit.

Kleine Regeln aus der Praxis

Große Flächen vertragen keine reinen, vollsatten Farben, sie würden unerträglich schreien. Kleinste Flächen vertragen dagegen sehr weiße, helle, reine, vollsatte Farben, um zur Wirkung zu kommen. Hell und dunkel sind nicht nur Eigenschaften der Graustufen und der mit Weiß, Grau, Schwarz gebrochenen Buntfarben, sie sind auch Eigenschaften der Buntfarben an sich. Gelb ist die hellste, Blau die dunkelste Buntfarbe, Rot und Grün sind etwa gleich hell bzw. dunkel.

Hellste Farbwirkung wird erreicht durch Weiß und weißnahe Farben, Gelb und gelbnahe Farben.

Dunkelste Farbwirkung wird erreicht durch Schwarz oder schwarznahe Farben, Blau und blaunahe Farben.

Mittelhelle Farbwirkung wird erreicht durch Grau und graunahe Farben, Rot und rotnahe, Grün und grünnahe

Vielbunte Farbwirkung ist nicht schreiend, wenn die Farben geordnet aus denselben oder aus verwandten Kreisen oder Reihen genommen sind. Auf den Karten sind dies vor allem die Farben mit ein oder zwei gleichen Buchstaben hinter den Zahlen 1-24.

Gegenfarben bestehen gewöhnlich aus einer warmen und aus einer kalten Farbe.

Farbdreier, Abstand acht Stufen, enthalten entweder zwei warme und eine kalte Farbe oder zwei kalte und eine warme Farbe.

Bei engeren Abständen, 6, 4, 3 Stufen, kann man warme, kalte oder gemischte Harmonie wählen, je nachdem man den Farbkreis ganz oder nur streckenweise benutzt.

Weißgleiche Reihen zeigen ein seltsames Glühen, weil sie in Grau bzw. Schwarz beginnen und in einer ganz schwarzfreien Farbe enden - oder umgekehrt.

Schwarzgleiche Reihen sind weich und kontrastarm, die sogenannten Pastelltöne. Die bisher üblichen Stickgarne zeigen in ihren „Schattierungen“ solche Schwarzgleichen statt echter Schattenreihen.

Die Schattenreihen zeigen die richtigen Beschattungen der hellklaren Farben und liefern die ruhigsten und zuverlässigsten Harmonien der Farbwelt.

Nach vorne kommen warme, reine, dunkelklare Farben.

Nach hinten weichen kalte, trübe, hellklare Farben. Doch gibt es hier bemerkenswerte Ausnahmen.

Arbeitsbeispiele

Um irgend etwas wohltuend in Farbe zu setzen, braucht es durchaus nicht immer neue Farben. Oft genügt schon ein Farbordnungsmachen, sei es durch

Fortnehmen unharmonischer Farben, sei es durch Zurechtrücken der vorhandenen. Man kann jede mit jeder Farbe durch geeignete Zwischenglieder verbinden¹, die Farbkarte hilft. Nur chaotische Sprünge beleidigen das Auge. Leider ist dies noch die Regel.

Auch in der Natur ist durchaus nicht alles farbschön. Wenn es aber schön ist, so hat gewiß ein Farbgesetz angenehm und deutlich gesprochen. Merken wir uns die Wirkung, schreiben wir die Farben auf, die Farbkarte hilft.

Ein Geschenk soll hübsch verpackt werden. Es sei ein Buch in einem vollgelben Einband, 2 na nach der Karte. Finden wir ein hellgelbes Seidenpapier ca oder ea und ein Seidenbändchen etwa 1 a, so haben wir eine sichere, gute Toninton-Wirkung. Dieselbe Lösung gilt natürlich für alle nur möglichen Einbandfarben als eine von vielen. Die Farbkarte hilft weitere suchen. Ganz unverbraucht wäre z.B. zum Gelb 2 ein blasses Eisblau 18 oder See grün 20 als hellste kalte Farben, also eine ganz lichte Farbfreude. Aber auch eine warme Verwandtschaft nach Kreß und Rot ist schön und mit der richtigen Gegenfarbe Blau 14 erreicht man die lebhafteste Wirkung.

Farbkunde beim Anziehen

Ein Herr will einen Schlips kaufen. Sein Anzug ist Grau g. Zuerst passen Weiß, Schwarz und Schwarz-Weiß gemustert. Dann passen alle Buntfarben, die den Buchstaben g im Farbzeichen haben. Das sind je 24 Farben ga, gc, ge, ig, lg, ng, pg = 168 Farben. Dazu kommen noch die Buntfarben, die mit der Grauleiter gemessen die Helligkeit g haben.

Ein hellgelber Anzug wird in der Schattenreihe seines Farbzeichens den vornehmsten Schlips finden. Steht dies Gelb oder Kreß jedoch ungünstig zur Gesichtsfarbe, so wählt man gegen farbiges Blau oder rötliche oder grünliche Verwandte oder ein Buntfarbengemisch gleicher Reinheit.

Der Anzug ist dunkelblau. Zuerst paßt jedes Blau vom gleichen Farbton, sei es hell, trüb, dunkel oder rein. Nimmt man das Blau des Anzugs und das Kreß der Gesichtsfarbe als zwei Teile eines Farbdreiers, so würde ein eben kaltes Grün den schönen Farbdreier Kreß - Blau - Grün vollenden. Schwarz wird passen; wenn es nicht tiefer ist - die Grauleiter sagt es genau - als das Dunkelblau, sonst bekommt das Dunkelblau einen grauen Schimmer. Aber auch ein Ostereierkunterbunt ist möglich, wenn der Träger Jung ist und das Dunkelblau praktisch gleich Schwarz gewertet wird. Ein schwarzhaltiges Rot kann sehr harmonisch wirken, ein grelles wird man eher für ein Signal halten.

Dekorative Farbkunde

Ein Zimmer wirkt trübe und verwaschen und soll in Farbe gesetzt werden, Die Möbel zeigen ein Braun 5 pi, die Wände sind Blaugrau gemustert, Hauptfarbwirkung 14 ie. Soll der Gesamteindruck ruhig bleiben, so wird man kein

¹ Fußnote im Original: Jeder Gärtner weiß, daß man unangenehme Farbgegensätze auf einem Blumenbeet sofort beseitigt, wenn man Weiß dazwischen setzt.

neues Bunt dazu bringen. Man kann aber das Graublau der Wände durch Gardinen und Decken in einem reineren Blau, z.B. 14 ic oder gc, zum Teil einer freundlichen Farbreihe machen. Ist es ein sonnenloses Zimmer, so wird man die warme Möbelfarbe zur Grundlage nehmen und mit Kreß 5 pe, ja 5 pa, oder mit den hellen Stufen der Schattenreihe von pi in Gardinen, Decken, Kissen und Vasen verblüffende Erfolge haben. Es wurden in diesem Falle also die gegebene n Farben U-blau und Kreß festgehalten und eine harmonische Belebung durch reinere Vertreter der beiden Farben erreicht.

Sind die braunen Möbel vielleicht zu groß und feierlich für ein Wohnzimmer, dann würde ein buntgemusterter Stoff die Feierlichkeit auflockern. Welche Farben kommen in Betracht? Außer Kreß und U-blau ein Grün auf der Grenze zwischen See= und Laubgrün; oder die Farben 1, 5, 9, um nur im Warmen zu bleiben.

Eine Modefarbe kommt auf

Lupinenblau ist ein rötliches, etwas trübes Blau, nach der Farbkarte Farbton 12 na, das letzte Veil. Natürlich ist's eine Herbst- und Winterfarbe. Das Bekleidungs-gewerbe stellt an Hand der Farbkarten die möglichen Paßfarben leicht fest. Z. B.: Hellere und dunklere Farben des gleichen Farbtons für Ausputz, Hüte, Handschuhe, Handtaschen. Für abstechende Farben (Gürtel, Stickereien, Hutgesteck, Schmuck) lassen sich sofort Vorschläge machen und ausprobieren. Die Gegenfarbe 24 na, leuchtendes Gelbgrün, wird nur mit größter Vorsicht und in kleinster Menge zu verwenden sein. Zusammen mit schwarznahen Abkömmlingen 24 ist dagegen ein Farberfolg gesichert. Näher liegen würden Eisblau 18 und Kreß (Gold) 4, beides Abstand 6 Stufen. Als Schmuckstück Gold mit Türkis oder Emaillefluß in Eisblau leicht zu verwirklichen. Eisblau steht besonders gut zur Hautfarbe (Gegenfarbe) und Farbton 4 ist in Lederwaren leicht zu finden.

Wir sehen also: In Deutschland braucht niemand in der allgemeinen Farbunsicherheit und Farbscheu stecken zu bleiben, er kann sich eine fröhliche, schließlich wagemutige Farbsicherheit aneignen. Das Handwerkszeug ist da.

Gesellschaftsnachrichten

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen
trauert um ihr Mitglied

Herrn Prof. Dr. rer. nat. Peter Möbius

Er verstarb im Februar 2007.

Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen
trauert um ihr Mitglied

Herrn Klaus E. Anders

Er verstarb im April 2007.

Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Wir gratulieren

- **zum 95. Geburtstag**
Frau Wilhelmine Willkomm
- **zum 85. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr. Dietrich Schulze
- **zum 75. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fratzscher,
Herrn Prof. Dr. med. Arno Hecht
Frau Dr. Hella Huth,
Herrn Prof. Dr. Fritz Mauer,
- **zum 70. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr. habil. Horst Hennig
- **zum 65. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr.-Ing. Werner Ostritz
Herrn Dr. Achim Barth,
- **zum 60. Geburtstag**
Herrn Dr. rer. nat. Heiner Hegewald
Herrn Dr. Wolfgang Quapp
Herrn Dr. Rainer Stumpe

Wir begrüßen neue Mitglieder

- Nr. 228 Herrn Dr. rer. nat. habil. Achim Barth, Leipzig
Nr. 229 Herrn Prof. Dr. Herbert Klenk, Oberdürenbach

**Protokoll
der Mitgliederversammlung
der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.**

Datum: 10.02.2007

Zeit: 10:00 – 13:55 Uhr

Ort: Landsitz Energie, Haus Werk, Großbothen

Vorgeschlagene Tagesordnung:

1. Begrüßung
2. Feststellung der Beschlussfähigkeit und der Tagesordnung
3. Tätigkeitsbericht: Vorstand / Beirat / Kuratorium
4. Kassenbericht und Bericht der Kassenprüfer
5. Aktueller Finanzbericht
6. Zur Personalsituation des Vorstandes
7. Aussprache zu den Berichten
8. Entlastung des Vorstandes
9. Neuwahl des Vorstandes
10. Anträge an die Mitgliederversammlung
11. Jahresplanung / Vorschau auf die Aktivitäten des Jahres 2007
12. Verschiedenes

Verlauf:

Zu 1. Begrüßung

Der amtierende Vorsitzende der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (WOG), Herr Dr. W. Höhle, begrüßte die Teilnehmer der Mitgliederversammlung. Besonders gewürdigt wurde die Anwesenheit von zwei Ehrenmitgliedern der WOG, namentlich Frau G. Brauer und Herr Prof. H. Bärnighausen.

Zu 2. Feststellung der Beschlussfähigkeit und Festlegung der Tagesordnung

Es wurde festgestellt, dass die Einladungen zur Jahresmitgliederversammlung fristgerecht laut Satzung versandt wurden. Zu Beginn der Mitgliederversammlung waren 27 Mitglieder der WOG anwesend. Zwei anwesende Personen (Herr H.-J. Mude und Frau Hansel) nahmen mit Einverständnis der anwesenden Mitglieder ohne Mitgliedschaft in der WOG an der Mitgliederversammlung teil.

Damit konnte die Beschlussfähigkeit festgestellt werden. Zum Protokollführer wurde PD Dr. F.-M. Matysik ernannt.

Zu 3. Tätigkeitsbericht

Herr Dr. W. Höhle berichtete auf der Grundlage eines als Tischvorlage (siehe Anlage) ausgeführten Berichtes über die Aktivitäten der WOG im Kalenderjahr 2006. Schwerpunkte waren:

- Personelle Änderungen im Vorstand der WOG
- Öffentlichkeitsarbeit:

Publikationstätigkeit, Ausstellungen, Großbothener Gespräche, Projektarbeit, Projekttage mit Schulen / Öffentlichkeitsarbeit, Wilhelm-Ostwald-Festtage, Museumsarbeit, Tagungsstätte, Pflegearbeiten / Grundstück, EDV-Technik

- Gremienarbeit:

Vorstand, Beirat, Kuratorium, Arbeitsgruppe SMWK

- Mitglieder
- Beschäftigte
- Finanzielle Lage
- Situation der WOG
- Arbeitsplan für 2007

Zu 4. Kassenbericht / Bericht der Kassenprüfer

Die finanzielle Situation der WOG wurde unter Verwendung einer Tischvorlage von Dr. W. Hönle erläutert. Er wies darauf hin, dass einzelne Verbuchungen nicht immer exakt der zutreffenden Rubrik zugeordnet wurden, was teilweise zu eingeschränkter Transparenz führte. Einzelne Mängel im Rechnungswesen wurden angesprochen, wobei es insgesamt jedoch keine gravierenden Bedenken gab.

Zu 5. Aktueller Finanzbericht

Herr Dr. Hönle kommentierte die Tischvorlage zum Finanzvergleich 2005 / 2006. Es wurde betont, dass die Finanzplanung für 2007 bezüglich der zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben „vorsichtig“ vorgenommen wurde, um die finanzielle Absicherung der WOG zu gewährleisten. Als wesentlicher Gesichtspunkt sollte jedoch beachtet werden, einen zu hohen Vermögensstand der WOG zu vermeiden, um den Gemeinnützigkeitsanspruch der Gesellschaft nicht zu gefährden.

Die Notwendigkeit der Hinzuziehung der IQ-Steuerberatungsgesellschaft mbH zur externen Kassenprüfung wurde begründet.

Zu 6. Zur Personalsituation des Vorstandes

Die dramatischen Veränderungen in der personellen Besetzung des Vorstandes der WOG im Kalenderjahr 2006 wurden resümiert. Der Tod von Dr. K. Hansel und das gesundheitsbedingte Ausscheiden von Prof. W. Reschetilowski rissen gravierende Lücken in die Vorstandsstruktur. Im Laufe des vergangenen Jahres wurden deshalb Herr Prof. Domschke und Herr Prof. Papp in den Vorstand kooptiert. Herr Prof. Domschke übernahm die Funktion des Schriftführers. Herr Dr. Hönle verlas ein Schreiben, in dem Herr Prof. Domschke mitteilte, dass er aus beruflichen Gründen diese Tätigkeit nicht weiter ausüben könne. Er zeichnet noch für die Hefte 1/2007 und 2/2007 als Schriftführer verantwortlich.

Nach einer ca. halbstündigen Pause wurde die Mitgliederversammlung fortgesetzt. Die Mitgliederversammlung gedachte der verstorbenen Mitglieder Prof. Dr. Hildburg Bethke (gest. Februar 2006), Prof. Dr. Klaus-Jürgen Bethke (gest. April 2006) und Dr.-Ing. Karl Hansel (gest. Mai 2006).

Zu 7. Aussprache zu den Berichten

Zu Beginn der Aussprache begrüßte die Mitgliederversammlung Herrn Dr. Molzahn, der seine Vorstellungen zur Umgestaltung und Führung des musealen Teils der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte darlegte. Nach einer persönlichen Vorstellung führte Herr Dr. Molzahn folgende Gedanken aus:

- Nach den bisherigen Erfahrungen war eine sehr vielschichtige Interessenslage festzustellen.
- Es war problematisch für die Umgestaltung des Museums, dass die Fördergelder erst Ende November zur Verfügung standen und dann schnell ausgegeben werden mussten.
- Die ersten Schritte zur Umgestaltung wurden unternommen, wobei die Konzeption auf eine Kombination aus „Original“ und „Veränderung“ setzte und den Charakter eines Führungsmuseums beibehielt.
- Der obere Bereich des Museums wurde bisher vorwiegend für die Betreuung von Schulklassen genutzt.
- Als weiteres Betätigungsfeld führte Herr Dr. Molzahn seine Bemühungen um die Betreuung des wissenschaftlichen Nachlasses von Wilhelm Ostwald aus.
- Von der Mitgliederversammlung wurde die Wichtigkeit einer baldigen Erstellung eines Vertrages zur Kooperation der WOG mit dem Museumsbetrieb ausgesprochen. Dieser Einschätzung schloss sich Herr Dr. Molzahn an.
- Der Museumsleiter berichtete über seine Bemühungen, Projektförderungen zu beantragen.
- Auf Anfragen aus der Mitgliederversammlung bezüglich der möglichen Aktivitäten zur Rückführung von Originaldokumenten des wissenschaftlichen Nachlasses von Wilhelm Ostwald aus dem Archiv in Berlin bekräftigte Herr Dr. Molzahn seine in diese Richtung weisenden Intentionen.
- Herr Dr. Bendin äußerte sich kritisch zur ästhetischen Komponente der Neugestaltung des Museums, wobei ein Substanzverlust eingetreten sei und Image und Identität nicht mehr den Erwartungen der Besucher entsprächen. Er verwies auf Angebote der Deutschen Werkstätten Hellerau, die eine wesentlich glücklichere Lösung der Gestaltungsaufgaben möglich gemacht hätten.
- Die Mitgliederversammlung regte an, die wissenschaftliche Öffentlichkeit über die Veränderungen der Museumsgestaltung zu informieren und bat Herrn Dr. Molzahn einen Bericht für die Mitteilung an die Gesellschaften (GDCh, Bunsengesellschaft) zu entwerfen (Frist: 1 Woche).

Fortsetzung Aussprache zu den Berichten

Es wurden Diskussionen zur Wirksamkeit des Kuratoriums in der Frage der Beschaffung von Finanzen für die WOG und zur Einrichtung eines Energetikums

geführt. Zur Gestaltung des Energetikums wurden verschiedene Vorstellungen geäußert.

Von Prof. H. Hennig wurde der Antrag gestellt, über die Annahme der Neufassung der Satzung der WOG abzustimmen. Von den anwesenden Mitgliedern stimmten diesem Antrag 21 Mitglieder zu, es gab 2 Gegenstimmen und 4 Enthaltungen.

Die nachfolgende Abstimmung über die Annahme der neuen Satzung der WOG in der Fassung vom 02.09.2006 führte zu folgendem Ergebnis:

Ja-Stimmen: 17

Nein-Stimmen: 4

Enthaltungen: 6

Die Mitgliederversammlung war auf der Grundlage dieses Abstimmungsergebnisses von einer Annahme der neuen Satzung ausgegangen.

Anmerkung zum Protokoll: Auf der Vorstandssitzung vom 03.04.2007 wurde das Abstimmungsergebnis nochmals im Kontext der Bestimmungen der alten Satzung diskutiert. Die Vorstandsmitglieder waren mehrheitlich der Auffassung, dass die Forderung einer Zustimmung von 75% auf die Gesamtzahl der abgegebenen Stimmen zu beziehen ist. Damit wäre die neue Satzung nicht angenommen.

Die Mitgliederversammlung fasste weiterhin den einstimmigen Beschluss, eine Satzungskommission zur Mitgliederversammlung im nächsten Jahr zu bilden, der Herr Prof. Mauer, Herr Prof. Wetzel und zwei weitere Mitglieder aus dem Vorstand angehören sollen. Die Kommission hat den Auftrag, Vorbereitungen für eine unter Umständen notwendig werdende weitere Bearbeitung der Satzung (im Hinblick auf mögliche Veränderungen auf dem Landsitz Energie in Großbothen) in etwa zwei Jahren zu treffen.

Zu 8. Entlastung des Vorstandes

Herr Prof. Fanghänel stellte den Antrag auf Entlastung des alten Vorstandes. Die Entlastung des Vorstandes unter dem Vorbehalt des bescheinigten Jahresabschlusses wurde einstimmig (unter Stimmenthaltung des alten Vorstandes) vorgenommen.

Zu 9. Neuwahl des Vorstandes

Die Kandidaten für den neuen Vorstand der WOG wurden vorgestellt:

1. Vorsitzender: Prof. Dr. H. Papp (Leipzig)
2. Vorsitzender: Prof. Dr. W.-D. Einicke (Leipzig)
 - PD Dr. F.-M. Matysik (Leipzig)
 - Prof. Dr. J. Schmelzer (Dresden)
 - Dr. W. Hönle (Dresden)

Bis auf Herrn Prof. Einicke gehörten alle Kandidaten bereits dem bisherigen Vorstand der WOG an. Herr Prof. Einicke berichtete über seinen wissenschaftlichen Werdegang und seine fachlichen und wissenschaftshistorischen Interessen sowie andere Gremientätigkeiten.

Herr Prof. F. Mauer führte als Wahlleiter die Wahl durch. Es gab keine weiteren Vorschläge für die Kandidatenliste, die somit geschlossen wurde.

Bei der Wahl wurden 29 gültige Stimmen abgegeben. Die Auszählung ergab eine eindeutige Zustimmung zu allen Kandidaten (28 bzw. 29 Stimmen).

Damit wurde der neue Vorstand der WOG in obiger Konstellation für zwei Jahre gewählt.

Zu 10. Anträge an die Mitgliederversammlung

Es wurden keine weiteren Anträge an die Mitgliederversammlung behandelt.

Zu 11. Jahresplanung / Vorschau auf die Aktivitäten des Jahres 2007

Herr Dr. Hönle legte anhand der entsprechenden Tischvorlage (siehe Anlage) die Planungen von Aktivitäten der WOG für 2007 dar.

Zu 12. Verschiedenes

Frau Brauer wies darauf hin, dass für die Referenten im Rahmen der Großbothener Gespräche eine gute Betreuung nach den jeweiligen Veranstaltungen abgesichert werden muss.

Es wurde der Vorschlag eingebracht, dass der Beirat Überlegungen zur Planung eines weiteren Termins zur Durchführung eines Großbothener Gespräches mit einem aktuellen Thema anstellen sollte. Herr Prof. Fratzscher wies darauf hin, dass dies entsprechend der früheren Gepflogenheit im Anschluss an die Jahresmitgliederversammlung erfolgen könnte.

Die Mitgliederversammlung sprach den ehemaligen Mitgliedern des Vorstandes (Prof. Dr. Reschetilowski, Prof. Dr. Oehme, Prof. Dr. Domschke) ihren Dank für die geleistete Arbeit aus.

gez.:

Dr. W. Hönle

amt. Vorsitzender

PD Dr. F.-M. Matysik

Protokollführer

GGI

GEWERBE WOHNEN FREIZEIT SPORT

Ihr Immobilienpartner in Grimma und Wurzen



TLG Gewerbepark Grimma

**TLG Gewerbepark Grimma GmbH
Bahnhofstraße 5, 04668 Grimma
Tel. 03437/97 3323, Fax 97 2024
Internet: www.ggi-gewerbepark.de**



**Großbothen/Sachsen
des sächsischen Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald
- seit 100 Jahren ein Ort kreativen Arbeitens**

Sie finden beste Arbeitsbedingungen für:

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

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

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

Bei Bedarf können Gästezimmer im Ort vermittelt werden.

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

Rufen Sie an: Ebert, Tel.: 034384/7 12 83

e-Mail-Adresse: ostwaldenergie@aol.com

Internet-Adresse: <http://www.wilhelm-ostwald.de>

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen