

Inhalt

Zur 46. Ausgabe der „Mitteilungen“	3
Vorlesungen über Naturphilosophie (Vorlesung 15)	
<i>Wilhelm Ostwald</i>	5
Ostwalds biologische Energetik als Substrat der psychologischen Farbenlehre	
<i>Eckhard Bendin</i>	19
Das Kapillarviskosimeter nach Wilhelm Ostwald	
<i>Ulf Messow</i>	32
Zum Wilhelm Ostwald-Nachwuchspreis	
<i>Wolfgang Höhle</i>	47
Spitzenverstärkte Ramanspektroskopie: Einblick in Form und Funktionalität von Molekülen an Metalloberflächen	
<i>Katrin F. Domke</i>	54
Avantgarde und Psychotechnik. Wissenschaft, Kunst und Technik der Wahrnehmungsexperimente im postrevolutionären Russland	
<i>Margarete Vöhringer</i>	60
Gretel Brauer	
<i>Beate Bahnert</i>	64
Andere über Ostwald: e-books von Wilhelm Ostwald	
<i>Wolfgang Höhle</i>	71
Gesellschaftsnachrichten	76
Autorenhinweise.....	84

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2008, 13. Jg.

Herausgeber der „Mitteilungen“ ist der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., verantwortlich:
Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Schmelzer/Ira Ebert
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 Autorenhinweise auf der letzten Seite zu beachten.
Einzelpreis pro Heft € 6,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer.
Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Zur 46. Ausgabe der „Mitteilungen“

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

die Endphase der Herausgabe dieses Heftes war überschattet vom Tod des Gründungs- und langjährigen Ehrenmitglieds unserer Gesellschaft Frau Margarete Brauer. Ohne Gretel Brauer, die ich vor mehr als 30 Jahren kennen und schätzen gelernt habe, gebe es sicher heute weder unsere Gesellschaft noch den Landsitz „Energie“ einschließlich der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte. Wir werden ihr deshalb sicher am besten gerecht, indem wir in unseren Bemühungen um den wissenschaftlichen Nachlass Wilhelm Ostwalds und für den Erhalt und die sinnvolle Nutzung des Landsitzes „Energie“ nicht nachlassen.

Beate Bahnert hat einen sehr lesenswerten Beitrag über Gretel Brauer geschrieben, der zeigt, welche vielseitige Persönlichkeit, welchen wunderbaren Menschen wir verloren haben.

In diesem Heft setzen wir den Abdruck von Ostwalds Vorlesungen zur Naturphilosophie an der Universität Leipzig vom Sommer 1901 mit der 15. Vorlesung: DAS LEBEN fort. Eckhard Bendin würdigt in seiner Arbeit den Beitrag Wilhelm Ostwalds in seiner „biologischen Energetik“ zum heutigen Verständnis der biologischen Psychologie zur Entstehung von Farbempfindung als selbstregulierende Energiewandlung und –wirkung. Der Autor kommt zu dem Fazit, dass Ostwalds Energetik als fruchtbares Substrat der heute allseits anerkannten energetischen Begründung einer Psychologischen Farbenlehre anzusehen ist und seine Vorleistungen als visionär anzuerkennen sind. In dem Beitrag von Ulf Messow wird die Entwicklung der Kapillarviskosimeter vorgestellt. Im Mittelpunkt steht natürlich das heute noch verwendete Kapillarviskosimeter nach Wilhelm Ostwald. Vorläufer, Modifizierungen und Weiterentwicklungen sowie mögliche Fehlerquellen werden diskutiert.

In seiner Eigenschaft als ehemaliger Vorsitzender unserer Gesellschaft berichtet Wolfgang Höhle über das Zustandekommen, die Auslobung, die Auswahl und schließlich die Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises. Kurzreferate der Preisträgerinnen Katrin F. Domke und Margarete Vöhringer über ihre ausgezeichneten Arbeiten sowie Bilder von der Preisverleihung runden den Beitrag ab. Schon im letzten Heft hat Wolfgang Höhle in seinem Beitrag „Andere über Ostwald“ über verschiedene Nachdrucke von Werken Wilhelm Ostwalds berichtet. In diesem Heft sind Werke von Ostwald zusammengestellt, die in elektronischer Form über frei zugängliche Server verfügbar sind.

In eigener Sache soll noch auf die Autorenhinweise am Schluss des Heftes verwiesen werden. Wir bitten alle zukünftigen Autoren sich möglichst daran zu orientieren, um unsere Arbeit zu erleichtern.

Jürgen Schmelzer

VORLESUNGEN

ÜBER

NATURPHILOSOPHIE

GEHALTEN

IM SOMMER 1901 AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

VON

WILHELM OSTWALD



LEIHBÜCHEREI
Wilhelm Ostwald Archiv

LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1902

Vorlesungen über Naturphilosophie¹

Wilhelm Ostwald

FÜNFZEHNTE VORLESUNG:

DAS LEBEN

Wenn auch die Erscheinungen der nichtorganischen Welt, die wir bisher betrachtet hatten, noch mancherlei Schwierigkeiten und Probleme boten, so darf doch das energetische Weltbild als ein im Grossen und Ganzen zureichendes bezeichnet werden. Denn wir haben dieser Welt gegenüber die Überzeugung, bereits eine Summe von allgemeinen Begriffen zu besitzen, welche uns die Beurteilung der vorhandenen und die Voraussicht künftiger Verhältnisse erheblich erleichtern, und uns insbesondere nirgends vor „Rätseln“ oder hoffnungslosen Aufgaben lassen.

Wesentlich anders finden wir uns der organischen Welt gegenüber. Obwohl sie uns eigentlich näher steht, denn unser eigener Leib gehört in dies Gebiet, so fühlen wir uns in der Beurteilung ihrer Erscheinungen doch unverhältnismäßig viel unsicherer, und unsere Hilflosigkeit gegenüber Misswachs, Seuchen und anderen Schädigungen des organischen Lebens steht in auffallendem Gegensatz zu der Sicherheit, mit welcher wir die anorganischen Bedingungen unserer Existenz handhaben.

Die Ursache hierfür liegt in der unverhältnismäßig viel größeren Verwicklung der organischen Geschehnisse gegenüber den anorganischen. Leben, Fortpflanzung, Tod sind Vorgänge, denen im unbelebten Reiche nichts wesentlich gleiches gegenübersteht, und die Bedingungen, unter denen jene erfolgen, sind so mannigfaltig und schwierig zu erkennen, geschweige zu beherrschen, dass die verhältnismäßige Langsamkeit der wissenschaftlichen Fortschritte diesen großen Problemen gegenüber sehr erklärlich ist. So werde ich mir auch nicht die Aufgabe stellen können, eine Theorie des Lebens zu entwickeln, durch welche alle diese schwierigen Fragen erschöpfend beantwortet werden können. Ich werde mich vielmehr mit der bescheideneren Aufgabe begnügen, die bisher gewonnenen allgemeinen Anschauungen auf die Lebensfragen anzuwenden, damit wir wenigstens gewisse Richtungen dabei erkennen, in denen die Forschung ihnen näher kommen kann. Es ist natürlich, dass wir dabei im wesentlichen die Richtungen wieder finden werden, welche die Wissenschaft bereits eingeschlagen hat. Denn die Philoso-

¹ Der Abdruck erfolgt nach dem Text der ersten Ausgabe von 1902. Die Rechtschreibung wurde den heutigen Regeln angenähert. Der Wortlaut wiederholt das Original, auch wenn einige von OSTWALD verwendeten Worte nicht dem heutigen Sprachgebrauch entsprechen. Um einen Überblick über den Inhalt des Zyklus zu vermitteln, wurde das vollständige Inhaltsverzeichnis sowie die Vorlesungen 1-3 im Heft 1/2004 der „Mitteilung“ abgedruckt. Kontinuierlich folgten weitere Vorlesungen, die 14. finden sie im Heft 1/2008.

phie kann niemals der Spezialforschung ihre Aufgabe abnehmen wollen; versucht sie es, so sind die schwersten Irrtümer die alsbald oder doch nach kurzer Frist eintretende Folge. Vielmehr ist das Beste, was sie leisten kann, die Benutzung anderweit gewonnener Einsichten, um die von der Forschung gewonnenen Ergebnisse in nähere Beziehung zu einander zu bringen, und dadurch das Vorhandene zu gegenseitiger Beleuchtung und Unterstützung zu verwerthen.

In solchem Sinne wollen wir uns zunächst die Frage vorlegen, nicht was das Leben „ist“, sondern wodurch sich lebende Gebilde von nicht lebenden unterscheiden.

Für alle Lebewesen ist ein nie fehlendes Kennzeichen der Energiestrom. Meist bezeichnet man den hier stattfindenden Vorgang mit dem Namen Stoffwechsel; dieses Wort trifft aber nicht die Hauptsache. Es ist nicht unmittelbar einzusehen, wozu der tatsächlich stattfindende beständige Ersatz der Stoffe, aus denen ein Organismus besteht, durch andere Mengen des gleichen Stoffes dienen soll; zweckmäßiger würde es erscheinen, wenn der einmal geformte Stoff den Leib des Lebewesens dauernd bildete, und sich nur dem etwaigen Wachstum entsprechend vervollständigte. Statt dessen sehen wir, dass diese bessere Einrichtung nur für einige wenige Körperteile, beim Menschen die Knochen, beim Baume das Holz, angewendet wird, während der größte Teil des Körpers einem beständigen Stoffwechsel unterliegt, der an den verschiedenen Teilen allerdings mit sehr verschiedener Geschwindigkeit erfolgt.

In der Tat ist der Stoffwechsel nur die Begleiterscheinung des Energiestromes. Da die Organismen ganz vorwiegend chemische Energie verwenden, deren Gewinnung an die chemische Umwandlung von Stoffen gebunden ist, so tritt unaufhörlich die Notwendigkeit ein, einerseits die ihrer Energievorräte beraubten Stoffe wieder aus dem Organismus zu entfernen, andererseits neue Energievorräte in Gestalt von Stoffen aufzunehmen, die dann das gleiche Schicksal erfahren.

Der Energiestrom aber ist die Betätigung des Lebens. Wir haben gesehen, dass alles Geschehen sich auf die Änderung der Energie in dem betrachteten Gebiete zurückführen lässt. Somit sind auch die Lebensvorgänge nur Energievorgänge. Während aber das nichtorganisierte Gebilde nur solche Energieänderungen erfährt, die ihm durch seine Beschaffenheit und die seiner Umgebung auferlegt werden, ohne dass irgend welche auf seine Erhaltung oder Wiedererzeugung gerichtete Tendenz in diesen Änderungen zu bemerken wäre, verhalten sich die Lebewesen anders. Ob eine gegebene Wassermenge als flüssiges Wasser oder als Eis besteht, ist nur eine Sache der Temperatur der Umgebung, und das Wasser geht je nach derselben ebenso gern von dem einen Zustand in den zweiten über, wie vom zweiten in den ersten. Ganz entgegengesetzt betätigen sich die Lebewesen. Sie haben die Fähigkeit einen gewissen Zustand zu behaupten, auch wenn die Einflüsse der Umgebung sich ändern. Ein Warmblüter behält seine Temperatur von etwa 37° bei, auch wenn die Außentemperatur, wie dies in unseren Breiten geschieht, um ganze 50° wechselt, und erst bei weitgehenden Überschreitungen hört die Fähigkeit des Organismus auf, sich gegen die Umgebungseinflüsse zu schüt-

zen. In dieser Fähigkeit der Selbsterhaltung werden wir die wesentlichste Eigenschaft der Lebewesen zu erkennen haben.²

Zu dieser Selbsterhaltung dient in erster Linie der Energiestrom. Es ist einleuchtend, dass ein im Energiegleichgewicht befindliches Gebilde gegen die Einflüsse der Umgebung nicht aktiv reagieren kann; es geht nur, wenn auch mehr oder weniger langsam in die neue Gleichgewichtslage über, in welche die veränderte Umgebung es hineinzwingt. Die kompensierten Intensitätssprünge, durch welche sich das Gebilde gegen seine Umgebung abgrenzt, nehmen andere Werte an, und darnach gestaltet es sich um. Damit eine selbsttätige Erhaltung möglich wird, muss die andere Form der dauernden Existenz, die stationäre (im Gegensatz zur stabilen), bestehen.³ Das heißt, das Gebilde muss seine Beschaffenheit dadurch aufrecht erhalten, dass es nicht kompensierte Intensitätssprünge vermittelt beständiger Nachlieferung der Energie, die zerstreut wurde, erhält. -

Wir haben die allgemeinen Bedingungen der stationären Gebilde bereits⁴ kennen gelernt, und uns auch überzeugt, dass diese überaus leicht zu periodischen Erscheinungen führen. Die Erhaltung des stationären Zustandes beruht auf Selbstregulierung, indem durch die Wirkung des Energieverbrauches die Zuführung weiterer Energie so beeinflusst wird, dass immer annähernd der gleiche Zustand erhalten bleibt. Sowie nun diese gegenseitige Bedingtheit nicht völlig gleichzeitig ist, treten Schwankungen um einen mittleren Zustand, d. h. periodische Änderungen desselben ein. Demgemäß finden wir auch, abgesehen von den durch den Wechsel der Tages- und Jahreszeiten bewirkten äußeren Perioden überall bei den Organismen innere Perioden verbreitet, die aus der angegebenen Quelle stammen.

Dass die Organismen stationäre Energiegebilde sind, ist zunächst eine notwendige Bedingung des Lebens, aber keine zureichende. In der stationären Beschaffenheit liegt die Ähnlichkeit, welche man von jeher zwischen dem Leben und verschiedenen stationären Zuständen nichtorganischer Gebilde, z. B. einer Flamme gefunden hat. Aber die Organismen enthalten noch etwas mehr, was durch das Wort Selbsterhaltung ausgedrückt wird. Sie haben die Fähigkeit, sich der Energievorräte selbsttätig zu bemächtigen, deren sie zur Aufrechterhaltung ihres stationären Zustandes bedürfen. Sie wären also einer Lampe vergleichbar, welche sich das Öl, das sie braucht, auf irgendeine Weise immer wieder neu beschaffte.

² Fußnote im Original: Eine rudimentäre Form des Selbstschutzes ist allerdings auch bei nichtorganisierten Gebilden vorhanden, wenn sie sich im stabilen Gleichgewicht befinden, insofern sie dieses nicht freiwillig verlassen, und im allgemeinen einen um so größeren Widerstand ausüben, d. h. Energiewechsel beanspruchen, je weiter sie aus diesem Gleichgewicht entfernt werden sollen. So wird eine Wassermenge, wenn sie in eine Umgebung unter 0° gebracht wird, nicht sofort sich in Eis verwandeln, sondern bei der Eisbildung wird Wärme frei, welche die weitere Umwandlung verzögert. Aber es handelt sich doch immer nur um ein Verzögern, nicht Verhindern; während der Organismus gegen die Umgebungseinflüsse aktiv reagiert, reagiert das unorganische Gebilde passiv.

³ Hier verweist OSTWALD auf die zwölfte Vorlesung, in unseren Mitteilungen 11 (2006), H. 1., S. 23-24.

⁴ Hier verweist OSTWALD erneut auf die zwölfte Vorlesung.

Hiermit glaube ich die wesentlichen energetischen Kennzeichen des Lebens ausgesprochen zu haben. Denn unter den Begriff der Selbsterhaltung fallen nicht nur die einfachen Vorgänge der Aufnahme aus vorhandener Nahrung, sondern auch alle die Vorgänge, welche zur Erbeutung solcher, zur Anlegung von Vorräten, zur Sicherung gegen Natureinflüsse und Feinde, zur Erleichterung der Lebenstätigkeit getroffen werden. In solchem Sinne gehören auch diese unsere gemeinsam angestellten Überlegungen philosophischer Natur zur Selbsterhaltung des menschlichen Geschlechtes wenn ich mir auch nicht die mindesten Illusionen über den Betrag mache, den ich hierbei für diese Angelegenheit liefere.

Man könnte die Tatsache der Fortpflanzung der Organismen als ein weiteres wesentliches Kennzeichen des Lebens ansehen, da es niemals fehlt. Doch scheint es mir methodisch zweckmäßiger, auch die Fortpflanzung als einen Teil der Selbsterhaltung aufzufassen, wie das ja wiederholt ausgesprochen worden ist. Die Aufgabe der Erhaltung geht dabei von dem auf das Individuum gerichteten Zweck auf die der Familie, des Stammes, schließlich der gesamten Lebewesen hinaus; doch ist dieser Übergang so naturgemäß und wird durch eine Fülle entsprechender Lebenserscheinungen so stetig vermittelt, dass die Durchführung einer grundsätzlichen Trennung zwischen Individuum und Gemeinschaft viel schwieriger erscheint, als die der Annahme eines stetigen Überganges.

Indem auf solche Weise die wesentlichen Kennzeichen der Lebenserscheinungen angegeben worden sind, soll damit nicht der Anspruch erhoben werden, als sei das Leben hierdurch „erklärt“, wie man dies Wort gewöhnlich nimmt. Eine so ungeheuer vielgestaltige Erscheinung, wie das Leben, lässt sich durch einige kurze Definitionen nicht erschöpfen. Wohl aber dienen diese dazu, die Fragestellung einzugrenzen und bestimmter zu gestalten, und darin liegt allerdings ein wissenschaftlicher Fortschritt. Wenn man in jedem einzelnen Falle angeben kann, durch welche Mittel, d.h. unter Betätigung welcher Energien die fundamentale Aufgabe der Erhaltung des Stromes gelöst wird, so wird man über das Problem des Lebens in jedem dieser Fälle gesagt haben, was gefragt werden kann. Es ist nur zu gut bekannt, wie weit wir noch überall von diesem Ziele entfernt sind; aber es muss gewissen neueren Strömungen gegenüber ausgesprochen werden, dass auch die reiche Mannigfaltigkeit der Lebenserscheinungen nach meiner Überzeugung nichts enthält, was sich einer solchen energetischen Darstellung entzieht. Ich sehe mit anderen Worten kein unlösbares Welträtsel in der Tatsache des Lebens und kann keinen Grund erkennen, der die Hoffnung auf zunehmendes Eindringen in die Gesetzmäßigkeiten der Lebenserscheinungen als trügerisch erscheinen ließe. Und in dem Maße, wie wir angeben können, welche Energien bei den Lebenserscheinungen beteiligt sind, und worauf die Mittel der Selbstregulierung und damit Selbsterhaltung beruhen, gelangen wir auch zu einer Erklärung des Lebens. „Ist einmal eine Tatsache nach allen ihren Seiten bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendet.“⁵

⁵ Hier verweist OSTWALD auf: MAYER, J. R.: Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme. 1850.

Diese Erörterungen sind gegen die Lehre der „Neovitalisten“ gerichtet, welche die „Unerklärlichkeit“ der Lebenserscheinungen behaupten. Man kann die Stimmung dieser Naturforscher ganz wohl verstehen, wenn man die geschichtliche Entwicklung der Physiologie und ihre gegenwärtige Epoche ins Auge fast. Nachdem vor etwa 50 Jahren der Grundsatz, dass alle Vorgänge im lebenden Organismus den gleichen Gesetzen der Physik und Chemie unterliegen, wie die Vorgänge der anorganischen Welt, zu einem außerordentlichen Aufschwunge dieser Wissenschaft geführt hatte, findet sich heute der weitere Fortschritt durch den Mangel neuer Gesichtspunkte einigermaßen beschränkt, und an Stelle des Bewusstseins, „wie wir's schon so herrlich weit gebracht“, tritt ein lebhaftes Gefühl für die noch vorhandenen Lücken und für die gegenwärtige Hilflosigkeit der Wissenschaft gegenüber vielen von ihnen. Da entwickelt sich nun leicht der Gedanke, dass das, was uns zurzeit unzugänglich erscheint, überhaupt unzugänglich ist.

Dem gegenüber ist folgendes zu sagen: Der Organismus arbeitet hauptsächlich mit chemischer Energie und ist daher in erster Linie von deren Gesetzen abhängig. Nun ist die Zeit, während wir eine wissenschaftliche Kenntnis von den Gesetzen der chemischen Vorgänge haben, eine überaus kurze, denn erst seit etwa anderthalb Dezennien hat die Forschung sich mit Erfolg dieser Aufgaben zu bemächtigen begonnen. So hat die Chemie noch heute so viel im eigenen Hause zu tun, dass sie noch kaum die Zeit gefunden hat, die Bedürfnisse der Nachbarinnen ins Auge zu fassen. Wenn daher die Physiologie den Vorgängen des Energiestromes und des für diesen betätigten Stoffwechsels noch vielfach ratlos gegenübersteht, so rührt dies eben daher, dass die erforderlichen chemischen Hilfsmittel teils noch nicht vorhanden, teils den betreffenden Physiologen noch nicht geläufig sind. Besinnt man sich aber darauf, welchen enormen Fortschritt die Physiologie ihrerseits bei der Einführung der chemischen Betrachtungen durch LIEBIG gemacht hat, der die eben aufblühende organische Chemie in solchem Sinne zu verwerten lehrte, so wird man einen nicht geringeren Fortschritt durch die Einführung der allgemeinen Gesetze der chemischen Reaktionen und Gleichgewichte in die Physiologie erwarten dürfen. Dass die Aufgabe der Physiologie nicht in einer bestimmten Zeit vollständig zu lösen ist, und dass immer noch unerledigte Rückstände verbleiben, ist ein Schicksal, welches diese Wissenschaft mit allen anderen teilt. Weiter als die Philosophie hat es die Physiologie jedenfalls schon gebracht.

Haben wir uns dergestalt über die allgemeinen Grundsätze geeinigt,⁶ unter denen wir die Erscheinungen des Lebens betrachten wollen, so werden wir uns nun zu der Erörterung einiger der wichtigsten Tatsachen zu wenden haben. Hierbei muss ich Ihre Nachsicht noch mehr in Anspruch nehmen, als bei den bisherigen Darlegungen, weil ich in der philosophischen Betrachtung des Lebens in doppeltem Sinne ein Laie bin. Dass ich alsdann nicht lieber überhaupt die Finger von der Sache lasse, hat seinen Grund in dem Wunsche, durch den Versuch der Anwendung der allgemeinen Grundsätze, welche uns bisher die Zeichnung eines hypothe-

⁶ Hier verweist OSTWALD auf: PFEFFER, W., Studien zur Energetik der Pflanze. Abhandl. d. Kgl. Sächs. Ges. der Wiss. 18 (1892) 3.

senfreien Weltbildes ermöglicht haben, auf die Lebenserscheinungen die Fachmänner zu einer Prüfung der Frage zu veranlassen, ob sich auf diese Weise überhaupt eine haltbare Auffassung erzielen lässt. Dabei muss ich noch die weitere Bitte aussprechen, die etwaige Unhaltbarkeit der von mir versuchten Aufstellungen nicht alsbald als einen Beweis für die Unbrauchbarkeit jener Grundlagen selbst anzusehen, sondern noch die Möglichkeit zu erwägen, dass die Grundlagen zwar richtig, meine Anwendungen derselben aber verfehlt sein können.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung des Energiehaushaltes der Lebewesen, so tritt uns die Tatsache entgegen, dass als Ausgangsform für alle anderen Betätigungen ausschließlich die chemische Energie dient. Der Organismus ist also wesentlich ein Komplex chemischer Energien, deren Umwandlung in andere Formen sich derart regelt, dass ein stationärer Zustand entsteht. Alle anderen Energieformen, welche im Organismus auftreten, insbesondere alle Arbeiten, welche er außen leistet, rühren von der Umwandlung chemischer Energie her.

Wie gelangen nun die Organismen in den Besitz dieser Energie? Der Überblick über das gesamte Leben, das wir kennen, lehrt uns, dass es nur zwei Wege dazu gibt. Die eine Gruppe der Organismen, die chromophyllhaltigen Pflanzen, nährt sich von strahlender Energie, alle anderen von chemischer.

Was zunächst die Organismen der ersten Gruppe anlangt, so gehören sie zu den Pflanzen. Sie besitzen Apparate, die durch starke Färbung gekennzeichnet sind. Die Farbe ist in den weitaus häufigsten Fällen grün, doch gibt es auch gelbe, rote und braune. In diesen Apparaten wird die strahlende Energie, welche in Form von Sonnenlicht zur Verfügung steht, in chemische Energie umgewandelt und in Gestalt chemischer Verbindungen gespeichert. Bei den besonderen Eigentümlichkeiten der chemischen Energie in Bezug auf ihre Fähigkeit, sich in engem Raume zusammendrängen und ohne erhebliche Verminderung sich aufbewahren zu lassen, die schon früher⁷ dargelegt worden ist, muss man diese Wahl als überaus zweckmäßig anerkennen, denn von allen Formen, in denen Energie aufgesammelt und für bestimmte Verwendungen verfügbar gehalten werden soll, ist die Sammlung der überall auf der Erdoberfläche erhältlichen strahlenden Energie und ihre Umwandlung in chemische die wirksamste.

Die chemischen Vorgänge, durch welche die Speicherung stattfindet, sind in ihren letzten Ergebnissen ziemlich mannigfaltig; in Bezug auf die Ausgangsstoffe dagegen äußerst einfach. Man kann den allergrößten Teil dieser Vorgänge in einen Begriff fassen: Reduktion der Kohlensäure. Diese in der Natur überall vorhandene Verbindung von Sauerstoff mit Kohlenstoff wird unter Aufnahme von strahlender Energie so verändert, dass der Sauerstoff gasförmig der Atmosphäre zugewiesen wird, während der Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers (und zum geringeren Teil auch noch mit anderen Elementen, wie Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium usw.) in Verbindungen übergeht. Diese sind ihrerseits wieder fähig, durch Oxydation oder Umsetzung mit freiem Sauerstoff die aufgespeicherte Energie auszugeben und so den Energiebedarf des Organismus zu bestreiten.

⁷ Hier verweist OSTWALD auf die elfte Vorlesung, in den Mitteilungen 10 (2005), H. 4., S. 27.

Eine solche Verwendung findet zunächst in der Pflanze selbst statt. Alle Verrichtungen, durch welche sie ihr Dasein und das ihrer Nachkommenschaft sichert, erfordern den Aufwand entsprechender freier Energie: Wasser und anorganische gelöste Stoffe müssen aus dem Boden durch die Wurzeln nach oben gepumpt werden, Blätter, Blüten und Früchte müssen gebildet werden, durch Herstellung eines mechanisch widerstandsfähigen Körpers müssen die zerstörenden Einwirkungen von Wind und Wetter unwirksam gemacht werden. Alle diese Dinge erfordern Energie, und diese wird aus dem chemischen Vorrat hergenommen, der durch die „Assimilation“, d. h. durch die Aufnahme der strahlenden Energie und ihre Speicherung als chemische beschafft worden ist.

So sehen wir bei der grünen Pflanze die Voraussetzungen des selbsterhaltenden stationären Zustandes vereinigt. Die strahlende Energie allein würde hierzu nicht genügen, da sie während der Nachtstunden nicht zur Verfügung steht, und, wenigstens in den höheren Breiten, auch während des Winters sehr viel sparsamer zugemessen wird. Um also den stationären Energiestrom aufrecht zu erhalten, ist die Zwischenschaltung einer anderen Sammelform notwendig. Andererseits sind die Organismen auf die Verwendung der strahlenden Energie als erster Quelle angewiesen. Denn auf und in der Erdrinde, soweit sie uns zugänglich ist, sind andere Vorräte freier Energie nicht auffindbar, die nicht von gegenwärtiger oder früherer Sammlung der strahlenden herrührten. Von den verhältnismäßig nicht großen Mengen verbrennlicher Stoffe, die wir in der Erde finden, wissen wir, zum Teil bestimmt, zum Teil mit großer Wahrscheinlichkeit, dass sie keine andere Quelle haben. Es sind dies die fossilen Kohlen, deren pflanzliche Abstammung keinem Zweifel unterliegt, und die nicht großen Mengen von brennbaren Metallsulfiden und ähnlichen Stoffen, bei denen eine mittelbare Entstehung unter Mitwirkung der fossilen Kohle oft wahrscheinlich ist. Hierzu kommen allerdings möglicherweise noch oxydierbare Stoffe im Innern der Erde; über diese wissen wir aber wenig, und sie haben keinen nachweisbaren Einfluss auf den Energieverkehr der Erdoberfläche.

Da somit das Bestehen stationärer Energiegebilde an die Benutzung der Strahlung gebunden ist, erklärt sich, dass das Leben an der festen Erdrinde auf eine äußerst dünne Schicht beschränkt ist, tatsächlich auf einige Meter an der Grenze zwischen Luft und Erde, wo die Umwandlung der strahlenden Energie fast ausschließlich stattfindet. Ein wenig anders verhält sich der Teil der Erdoberfläche, der mit Wasser bedeckt ist. Auch das Wasser, insbesondere das der Ozeane, ist der Sitz solcher Umwandlungen durch assimilierende Pflanzen. Da aber das Wasser durchsichtig ist, d. h. von der strahlenden Energie unter mäßiger Umwandlung bis zu ziemlich großen Tiefen durchdrungen wird, so ist die Schicht, innerhalb deren hier assimilierende Pflanzen gedeihen, bedeutend dicker anzusetzen. Das Leben erstreckt sich außerdem noch erheblich tiefer, als die strahlende Energie dringt. Dies beruht darauf, dass die in den oberen Schichten gebildeten Pflanzenkörper, deren Stoffe dichter als Wasser sind, beständig, insbesondere nach dem Absterben, in die Tiefe sinken. Hierdurch setzt der Strom der strahlenden Energie sich in einen aus chemischer Energie bestehenden um, dessen untere Begrenzung erst der Mee-

resboden ist, und der die Existenz des Lebens auch in sehr großen Tiefen ermöglicht. Allerdings ist dies Leben an die Bedingung geknüpft, dass es sich auf Kosten chemischer und nicht strahlender Energie erhält. Hierbei kommt noch ferner in Betracht, dass die chemische Energie der Pflanzenkörper der Mitwirkung des freien Sauerstoffs bedarf, um verfügbar zu werden,⁸ und dass daher auch für dessen Anwesenheit gesorgt sein muss. Dies geschieht durch die senkrechten Anteile der Meeresströmungen und durch Diffusion aus den oberen Schichten des Wassers, in denen durch die Aufnahme aus der Luft und durch die Abscheidung seitens grüner Pflanzen ein reichlicher Vorrat von gelöstem freiem Sauerstoff vorhanden ist.

Das große Heer der nicht assimilierenden Organismen ist nun auf die Verwendung von chemischer Energie für die Zwecke des Lebens angewiesen. Während die einfachsten derartigen Gebilde, Bakterien, Pilze und andere, in Bezug auf die chemische Energie, die sie verwerten können, d. h. auf ihre Nahrung wenig wählerisch sind, werden im allgemeinen die Ansprüche an besondere Formen derselben, d. h. an besondere Stoffe, immer größer und bestimmter, je höher die Stellung des Organismus in der Entwicklungsreihe und je verwickelter und mannigfaltiger demgemäß seine Funktionen sind. Ähnliche Verschiedenheiten bestehen in der Weise, die Nahrung zu erlangen. Pflanzen und niederste tierische Organismen sind hierbei fast passiv; sie siedeln sich dort an, wo sich hinreichend Nahrung findet, und wenn diese ausgeht, so wandeln sie sich in Formen (Samen, Sporen) um, in welchen der Energieverbrauch des gesammelten Vorrates durch Einschränkung aller Funktionen auf ein Minimum herabgesetzt ist. Gelangen diese wieder unter günstige Ernährungsbedingungen, so treten wieder tätige Formen auf, welche sich auf Kosten der Nahrung schnell vermehren, bis wieder Mangel und damit die Notwendigkeit der Sporenbildung eintritt. Man sieht, wie diese beiden Eigenschaften, chemische Anspruchslosigkeit und die Fähigkeit, bei Nahrungsmangel untätige Dauerformen zu bilden, der zufälligen Weise angepasst sind, in welcher diese Gebilde zu ihrer Nahrung gelangen.

In dem Maße, als die Mittel, selbsttätig die Nahrung zu erreichen, sich entwickeln, kann auch eine sorgfältigere Auswahl derselben stattfinden, und hiermit sind im allgemeinen gesteigerte Leistungen verbunden. Als erste Stufe solcher Mittel werden wir die Organe zur Festhaltung von zufällig herangekommener Beute anzusehen haben; die Herstellung von Lockmitteln zur Heranziehung der Beute stellt eine weitere Entwicklung auf diesem Wege dar. Diese Verrichtungen können noch von Organismen ausgeübt werden, denen keine freie Ortsbewegung zukommt. Wird diese erlangt, zugleich mit der Ausbildung des erforderlichen Bewegungsapparates, so finden sich dadurch die Mittel der Nahrungsauffindung und -erbeutung außerordentlich vermehrt, und die Auswahl der Nahrung kann eine noch viel bestimmtere werden. Dies sind die Voraussetzungen für die Existenz der höheren und höchsten Organismen.

⁸ Fußnote im Original: Auch durch „Spaltung“ (d. h. chemische Umwandlung ohne Oxydation) organischer Verbindungen, ohne die Mitwirkung des freien Sauerstoffs, werden chemische Energiemengen verfügbar, und es gibt Lebewesen, deren Verbrauch auf solche Weise bestritten wird. Diese Mengen sind aber verhältnismäßig viel geringer, als die durch Oxydation freiwerdenden.

Es ist nun die allgemeine Frage zu beantworten, durch welche Mittel die Organismen die Geschwindigkeit der Umwandlung der chemischen Energie in die anderen, von ihnen gebrauchten Formen regeln. Wenn wie angegeben die Oxydation verbrennlicher, insbesondere kohlenstoffhaltiger Stoffe mittelst freien Sauerstoffes die wesentlichste Quelle ist, aus der sie ihre Energie schöpfen, so sieht man sich vor der Schwierigkeit, dass bei den mittleren Temperaturen, bei denen die Organismen leben, eben diese Stoffe durch den Sauerstoff nur langsam, meist unmerklich oxydiert werden. Die Organismen müssen also über Mittel verfügen, die Oxydation und daneben die anderen chemischen Vorgänge, deren sie bedürfen, in angemessener Weise zu beschleunigen, und sie gegebenenfalls auch wieder zu verzögern.

Solcher Mittel, die Geschwindigkeit bestimmter chemischer Reaktionen zu beeinflussen, gibt es drei. Das eine ist die Temperatur; bei höherer Temperatur werden ganz allgemein die chemischen Vorgänge schneller, bei niedriger langsamer. Die Erzielung einer passenden Temperatur wäre also ein Mittel für den Zweck.

Wiewohl uns dieses Mittel als das einfachste erscheint und in der Technik wie im Laboratorium fast ausschließlich angewendet wird, wenn es sich um die Herstellung geeigneter Geschwindigkeitsverhältnisse für bestimmte chemische Zwecke handelt, so finden wir seine Anwendung bei den Organismen doch verhältnismäßig beschränkt. Nur bei den höchstentwickelten Wirbeltieren, den Warmblütern, sind Einrichtungen zur Einregulierung bestimmter Temperaturen vorhanden, und zwar solcher, die oberhalb der Temperatur der Umgebung liegen. Dabei beschränken sich diese Einrichtungen aber auf die Erhaltung einer bestimmten Temperatur innerhalb recht enger Grenzen; thermostatische Einrichtungen, und nicht Öfen, bzw. Kühlapparate sind es, welche die Organismen ausbilden. Während wir, wenn wir die Oxydation unseres Brennmaterials hinreichend schnell verlaufen lassen wollen, hierzu eine hohe Temperatur durch Einrichtung einer die Wärme zusammenhaltenden Feuerstelle und einer Zug- oder Blasevorrichtung für die Luft erzeugen, besitzen die Organismen keinerlei derartige Einrichtung und sorgen höchstens durch Erhaltung einer konstanten, von der Umgebung unabhängigen Temperatur für die Konstanterhaltung der Geschwindigkeit ihrer wichtigsten chemischen Vorgänge.

Das zweite Mittel zum Einregulieren der Geschwindigkeit wird gleichmäßig in der menschlichen Technik wie im Haushalt der Organismen angewendet; es liegt in den Raumverhältnissen der reagierenden Stoffe. Ein gegebener Vorgang verläuft umso langsamer, je geringer die Mengen der beteiligten Stoffe sind, die im Reaktionsgebiete zur Wirkung kommen. Handelt es sich um die Wechselwirkung gelöster Stoffe, so werden diese Mengen durch die Konzentration, d. h. das Verhältnis zwischen wirksamen Stoffen und dem durch Lösungsmittel und dergleichen bestimmten Gesamtraum ausgedrückt. Handelt es sich um die Wechselwirkung zwischen gelösten und festen Stoffen, so kommt außer der Konzentration des gelösten Stoffes noch die Berührungsfläche mit dem festen Stoffe in Betracht. Zwi-

schen lauter festen Stoffen sind die Berührungen so gering, dass diese im allgemeinen überhaupt nicht messbar auf einander wirken.

Diese Abhängigkeit des Umsatzes von den räumlichen Verhältnissen ist nun ein weit reichendes Mittel für die Selbstregulierung. Im Falle, dass gelöste Stoffe vorliegen, bewirkt der Einfluss der Konzentration auf die Geschwindigkeit, dass der Organismus umso sparsamer arbeitet, je mehr von den Stoffen verbraucht ist. Die allgemeine Eigenschaft gelöster Stoffe, dass sich die Unterschiede der Konzentration stets durch Diffusion auszugleichen streben, hat die weitere Wirkung, dass örtlicher Verbrauch sofort das Zuströmen des verbrauchten Stoffes von anderen Stellen zur Folge hat. Ist der Stoff in Gestalt einer gesättigten Lösung neben fester Substanz vorhanden, so löst sich bei eintretendem Verbrauch stets soviel aus der festen Form auf, als verbraucht worden war, und die Konzentration und damit die Geschwindigkeit kann unverändert erhalten werden, so weit der feste Vorrat reicht. Wird umgekehrt der Stoff erzeugt, so setzt sich von ihm so viel in fester Gestalt ab, dass die Konzentration konstant bleibt, und die sonst durch Anhäufung des gelösten Stoffes eintretende Verringerung der Bildungsgeschwindigkeit wird vermieden. Diese wenigen Hindeutungen genügen, um auf die mannigfaltigen Hilfsmittel hinzuweisen, die dem Organismus durch die Kombination von festen und gelösten Stoffen für die Zwecke der Erhaltung stationärer Zustände zur Verfügung stehen.

Die Ausscheidung in fester Gestalt bringt die Möglichkeit des chemischen Umsatzes auf ihren geringsten Wert, und tritt daher zweckmäßig in allen Fällen ein, wo ein solcher vermieden werden soll. So werden insbesondere die Reservestoffe für spätere Lebensperioden, wo laufende Energiequellen nicht zu Gebote stehen, und die für die Nachkommen vielfach in fester Gestalt aufgespeichert. Ebenso nehmen die Stoffe, die nicht mehr am Energieverkehr teilzunehmen brauchen, sondern zu mechanischen Zwecken dienen, wie Skeletteile, Stämme usw. feste Gestalt an und sind dadurch gegen chemische Angriffe geschützt.

Dass endlich durch die mechanische Gestaltung des Gebildes und dessen Ausstattung mit Wänden, Röhren, Öffnungen der Umfang und die Richtung des chemischen Verkehrs in der mannigfaltigsten Weise geregelt werden kann, braucht nur erwähnt zu werden. Die Anwendungen dieses Mittels sind so außerordentlich häufig, dass auch die flüchtigste Betrachtung irgendeiner Pflanze oder eines Tieres eine beliebige Anzahl von Beispielen und Erläuterungen liefert.

Das dritte Mittel endlich für die Regelung der Geschwindigkeit chemischer Reaktionen wird von den Organismen viel mehr gebraucht, als in der Technik, und die letztere beginnt eben erst, die außerordentlichen Vorteile gewahr zu werden, die hiermit erreicht werden können. Es liegt dies daran, dass erst in neuester Zeit die wissenschaftliche Erforschung dieses Hilfsmittels begonnen hat, und die Grundlagen für seine rationelle Benutzung erst geschaffen werden müssen. Dieses Hilfsmittel heißt Katalyse.

Der Ablauf eines chemischen Vorganges und die Beschaffenheit seiner einzelnen Stufen ist im allgemeinen durch die Art und Menge der Stoffe, sowie durch die äußeren Bedingungen, wie Temperatur und Druck so weit gegeben, dass

die Reihenfolge der Vorgänge und die verhältnismäßigen Zeiträume, welche die einzelnen Stadien beanspruchen, fest bestimmt sind. Dagegen ist die Dauer der Zeit, in der diese feste Folge von chemischen Ereignissen abläuft, durch die Natur der sich umwandelnden Stoffe und die äußeren Umstände noch nicht bestimmt, sondern sie hängt noch von der Anwesenheit anderer Stoffe ab, die durch den Vorgang selbst keine bleibende Änderung zu erfahren brauchen (wenn sie auch eine solche zuweilen erfahren können), und die sich hernach unvermindert wieder finden. Man nennt solche Stoffe Katalysatoren. Sie wirken so, als würde durch sie die Einheit der Zeit geändert, während die gegenseitigen Verhältnisse der für die verschiedenen Stufen des Vorganges erforderlichen Zeiten keine Änderung erfahren. Man verstellt also gleichsam mittelst eines Katalysators die Pendellinse an der Uhr des Vorganges.

Man sieht die Möglichkeit einer solchen Wirkung und ihre Verträglichkeit mit den Grundgesetzen der Energetik ein, wenn man sich überlegt, dass die chemische Energie als solche keine Zeitgröße enthält. Wenn also ein chemisches Gebilde gegeben ist, so kann man allerdings aus seinen Energieverhältnissen entnehmen, ob es eine chemische Umwandlung erfahren wird; dies tritt ein, wenn durch die Umwandlung die Menge der freien Energie abnehmen kann. Ist der Anfangszustand gegeben, so ist auch der Endzustand bestimmt: es ist der, in welchem die freie Energie nicht mehr abnehmen kann oder Gleichgewicht eingetreten ist. Ebenso kann man nachweisen, dass auch alle Zwischenzustände gegeben sind, insbesondere kann auch jeder Zwischenzustand nur in einen anderen mit geringerer freier Energie übergehen. Aber die Zeit, in welcher alle diese Ereignisse stattfinden, ist nicht gegeben. Es handelt sich ja hier nicht um eine durch Bewegungsenergie mechanisch bestimmte Zeit, sondern um eine durch einen Zerstreuungs- oder Dissipationsvorgang geregelte, und von dieser letzteren haben wir gesehen⁹, dass sie je nach der Beschaffenheit des Gebildes ihr eigenes Maß hat, und nicht durch die Energieunterschiede allein bestimmt ist.

Haben wir uns so über die Möglichkeit, die katalytischen Wirkungen in die Gesamtheit unserer Anschauungen einzuordnen, Beruhigung verschafft, so werden wir uns leicht über den von oberflächlichen Beurteilern immer wiederholten Vorwurf hinwegsetzen können, dass die Annahme der katalytischen Wirkung keine Erklärung der zeitlichen Veränderung der Vorgänge enthalte. Es handelt sich nicht um eine Erklärung, sondern um eine Bezeichnung und Zusammenfassung der Tatsachen. Auf Grund unzweckmäßiger mechanischer Analogien hatte man sich in die Vorstellung hineingearbeitet, die Tatsache der Beschleunigung oder Verzögerung chemischer Vorgänge durch die Anwesenheit unverändert bleibender Stoffe bedürfe einer besonderen Erklärung, da sie eigentlich nicht möglich sei. Haben wir eingesehen, dass für chemische Vorgänge die Zeiteinheit noch frei ist, so ist es die natürlichste Sache von der Welt, dass durch die Anwesenheit fremder Stoffe über diese freie Zeiteinheit eine bestimmte Verfügung getroffen werden kann. Die Sache wird allerdings anders, wenn man die chemischen Gebilde als

⁹ Hier verweist OSTWALD auf die zwölfte Vorlesung, in unseren Mitteilungen 11 (2006), H. 1.

hypothetisch-mechanische auffasst, die nur wegen der Kleinheit ihrer Glieder, der Atome, nicht als solche unmittelbar erkennbar sind. Dann ist es freilich nicht einzusehen, wie fremde Stoffe, die keine chemischen „Kräfte“ auf die am Umsetze beteiligten Stoffe ausüben, deren Geschwindigkeit sollen beeinflussen können. Dies ist aber kein Einwand gegen den Begriff der Katalyse, der ja eine experimentelle Tatsache bezeichnet, sondern ist nur ein Beweis mehr für die Unzulänglichkeit der atomistischen und mechanistischen Hypothesen gegenüber den höheren Aufgaben der Wissenschaft.

Der Organismus benutzt nun die Freiheit in der Wahl der Reaktionsgeschwindigkeit durch die Anwesenheit katalytisch wirkender Stoffe in ausgiebigster Weise, um seine Energiebedürfnisse zweckmäßig zu befriedigen. Während in dem trocken aufbewahrten Gerstenkorn die unlösliche Stärke neben den gleichfalls in fester oder halbfester Gestalt vorhandenen Keimbestandteilen nahezu unverändert ruht,¹⁰ so beginnt beim Zuführen von Wasser (genügend hohe Temperatur vorausgesetzt) eine Reihe chemischer Reaktionen, bei welchen die Stärke durch die vom Keim ausgeschiedenen Katalysatoren (Diastase) in lösliche Formen übergeführt wird, während andere Enzyme, wie man die organischen Katalysatoren zu nennen pflegt, deren Verbrennung durch den Luftsauerstoff beschleunigen.

Solche Oxydationskatalysatoren oder Oxydasen sind nun in den Organismen, den Pflanzen wie den Tieren, ungemein verbreitet, denn da die Kohlenstoffverbindungen, deren Verbrennung den Energiebedarf für die verschiedenen Verrichtungen dieser Organismen liefert, bei der gewöhnlichen Temperatur viel zu langsam verbrennen, so muss der Vorgang durch entsprechende Katalysatoren beschleunigt werden, um physiologisch brauchbar zu sein. Trotz dieser grundlegenden Wichtigkeit, und trotzdem die Anwesenheit solcher Stoffe durch SCHÖNBEIN seit einem halben Jahrhundert nachgewiesen ist, hat die exakte Forschung diese Fragen erst in jüngster Zeit zu bearbeiten begonnen. Die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung war die theoretische Scheu, welche man auf Grund der mechanistischen Bedenken gegen die katalytischen Erscheinungen überhaupt empfand. Es ist dies eines der auffallendsten Beispiele für die schädigende Wirkung der mechanistischen Hypothesen, und es ist nützlich, auf solche Beispiele hinzuweisen, da sonst nur die vorteilhaften Seiten derselben betont zu werden pflegen.

Welche Arbeiten hat nun der Organismus mit seinem Energiebesitz zu bestreiten?

Zunächst muss er seinen Bestand erhalten. Die Stoffe, aus denen er besteht, sind dem Einflusse des Luftsauerstoffs, oft dem des Wassers dauernd ausgesetzt, und unterliegen einer unaufhörlichen Oxydation, bzw. Lösung. Wenn auch die Organisation im allgemeinen derart ist, dass die Verluste von dieser oder anderer Seite möglichst gering werden, so sind sie doch niemals gleich Null, und müs-

¹⁰ Fußnote im Original: So lange das Korn keimfähig bleibt, verlaufen in demselben notwendig auch Lebensvorgänge, d.h. Energiewechsel, so dass auch der Stoffwechsel und insbesondere die Oxydation keineswegs Null wird, sondern nur einen sehr geringen Wert annimmt. Dies wird dadurch bestätigt, dass sich die Samen verschiedener Pflanzen sehr verschieden lange keimfähig erhalten, und dass schließlich alle nach kürzerer oder längerer Zeit ihre Keimfähigkeit verlieren.

sen daher ersetzt werden. Wir haben ja von vornherein den Organismus als einen stationären Energiezustand definiert, d.h. es ist ein beständiger Verlust und Widerersatz der Energie und der Stoffe notwendig.

Dann pflegt der junge Organismus bis zu einem bestimmten Betrage zu wachsen, d.h. seinen Körper zu vergrößern. Hiermit ist gleichzeitig die Anlage von stofflichen Vorräten verbunden, auf deren Kosten die späteren Energiebedürfnisse befriedigt werden können, namentlich, wenn der Organismus durch anderweite Beanspruchung sich nicht mehr vorwiegend mit der Nahrungserlangung befassen kann.

Endlich ist für die Nachkommenschaft vorzusorgen. Es sind anscheinend Ursachen vorhanden, welche verhindern, dass ein und derselbe Organismus dauernd seinen stationären Zustand aufrecht erhält. Da keine Selbstregulierung vollkommen genau wirken kann, so tritt früher oder später eine Abweichung von dem Zustande ein, der allein die Dauer verbürgt. Insbesondere scheinen gewisse Störungen auch durch die Selbstregulierung nicht sicher ausgeschlossen werden zu können, denn sie häufen sich in einem Sinne mehr und mehr an. Dann geht schließlich die Möglichkeit des Dauerzustandes verloren, und der Organismus versagt an irgendeiner Stelle. Bei dem engen Zusammenhänge, in welchem die verschiedenen Teile des Organismus in der Abmessung ihrer Wirkungen mit einander stehen, pflegt durch eine solche Störung zugleich auch eine größere Anzahl weiterer Störungen gegeben zu sein, und der Bestand kann nicht mehr aufrecht gehalten werden. Dann erlangen die energiezerstreuenden Wirkungen die Oberhand über die energiesammelnden, und der Organismus stirbt.

Diesen sehr allgemeinen Voraussetzungen gegenüber hat sich ein ebenso allgemeines Verhalten der organischen Welt dahin entwickelt, dass jeder Organismus durch Vervielfältigung seiner Individualität für seine mittelbare Fortdauer, d.h. für die Erhaltung seiner Art sorgt. Wie dies im Einzelnen ausgeführt wird, wollen wir später eingehender betrachten; hier ist nur hervorzuheben, dass auch diese wichtige Verrichtung nicht ohne Energieaufwand ausführbar ist. Es ist der Körper des neuen Individuums anzulegen, und es ist meist auch erforderlich, für die erste Zeit von dessen selbstständigem Bestehen eine gewisse Menge verfügbarer Energie in Gestalt von Nährstoffen bereit zu stellen, bis der junge Organismus selbst im Stande ist, seine Nahrung zu beschaffen. Diese letztere Arbeit fällt dann fort, wenn dieser alsbald in günstige Nährverhältnisse gelangt.

So sehen wir denn jedes Lebewesen die Zeitdauer seines Bestehens mit einer unaufhörlichen Beschäftigung zur Erlangung seiner Nahrung und zur Abwehr von Schädlichkeiten erfüllen. Es wendet immer wieder einen Teil der Energie, die es bereits besitzt, dazu auf, um größere Mengen davon zu erwerben, und arbeitet daher mit seinem Energievorrat nicht anders, als der wirtschaftende Mensch mit seinem Kapital. Je größer dieses Kapital ist und je mannigfaltigere Verwendung es zulässt, um so mehr ist das Lebewesen im Stande, störende Eingriffe von außen unschädlich zu machen. Doch gibt es gewisse Grenzen dieser Widerstandsfähigkeit, und plötzliche Eingriffe in die gegenseitigen Abgleichungen der Vorgänge

wirken ebenso todbringend, wie die langsamen Anhäufungen der Störungen mit dem Alter.



OSTWALDS biologische Energetik als Substrat der psychologischen Farbenlehre¹

Eckhard Bendin

Abstract

Vor dem Hintergrund des heutigen Verständnisses der biologischen Psychologie zur Entstehung von Farbempfindung als selbstregulierende Energiewandlung und -wirkung wird der Beitrag gewürdigt, den WILHELM OSTWALD vor über 100 Jahren mit seiner ‚biologischen Energetik‘ einbrachte. Energetische Intentionen und Interpretationen bestimmten auch OSTWALDS ‚Psychologische Farbenlehre‘ als das erklärte Kernstück einer modernen Farbenlehre. Obwohl im Sinne einer kritischen Rezeption Grenzen jener Farbenlehre aufgezeigt werden, offenbart sich aber OSTWALDS energetische Konzeption durchaus als visionäre Vorleistung, die sich in vielen Aspekten mit heutigen einschlägigen Wissensbeständen deckt.

Aus der Perspektive enger Beziehungen zwischen Wissenschaft und Kunst wird zudem auf befruchtende Wechselwirkungen, insbesondere die Ausstrahlung der OSTWALD'schen ‚Energetik‘ auf die visuellen Künste im 20. Jahrhundert hingewiesen.

1 Biologische Psychologie und Psychologische Farbenlehre

Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen biologischen Prozessen und Verhalten steht im Zentrum der Aufmerksamkeit der heutigen ‚Biologischen Psychologie‘, in der Methoden und Erkenntnisse der ‚Physiologischen Psychologie‘, Neuropsychologie und Psychophysiologie zusammengeführt werden. Diese interdisziplinär erweiterte Perspektive bemüht sich um das Verständnis des Gesamtorganismus. Insofern betrachtet sie nicht nur die Lebensprozesse des Gehirns, sondern aller Organe des menschlichen Körpers und erfordert naturgemäß, auch die Wechselwirkungen mit der Umwelt sowie die Phylogenese einzubeziehen.

Demgegenüber geht es der ‚Farbenlehre‘ als multidisziplinärem Erkenntnisfeld mit vergleichsweise langer Geschichte im Kern um Darstellung und Verständnis der mannigfaltigen Natur und komplexen Erscheinungs- und Wirkungsweise von Licht und Farbe in unserer Lebenswelt. Obwohl die Farbenlehre durch ihren Bezug zu morphologischen, ästhetischen, ethischen, pädagogischen, soziokulturellen und philosophischen Fragen über den Gegenstand der ‚Biologischen Psychologie‘ weit hinausgeht, bildet jene aber doch zugleich deren Kern und Fundament. So kann sie uns ein grundlegendes Verständnis für das visuelle System des Menschen und die energetischen Vorgänge in Wechselwirkung mit der Umwelt vermitteln und dadurch zum Schlüssel auch für die Beantwortung peripherer und komplementärer Fragen werden. Es liegt auf der Hand, dass man durch ein umfassenderes Verständnis z.B. der Anpassungs- und

¹ Genehmigter Nachdruck eines Beitrages aus der Wiss. Z. TU Dresden 56 (2007) 3-4, S. 161-166.

Ergänzungsvorgänge (Hell- und Dunkeladaptation, Kontrast- und Konstanzleistungen, Gestaltwahrnehmung etc.) auch Aufschlüsse hinsichtlich der Klassifikation der Empfindungen und Gefühle sowie deren Einordnung in ästhetische und ethische Bewertungen gewinnen kann. So verwundert es nicht, dass J. W. v. GOETHE 1810 in seinem Entwurf einer Farbenlehre [1] letztlich auf die „sinnlich-sittlichen Wirkungen“ zielte und in der Folge beispielsweise auch A. SCHOPENHAUER aus der ‚qualitativ geteilten Tätigkeit der Retina‘ [2] sowie M. E. CHEVREUL aus den physiologisch bedingten Kontrasterscheinungen [3] für die Farbpfindung polar gepaarte, sich gegenseitig bedingende Zusammenhänge ableiteten und zur Grundlage ihrer philosophischen bzw. ästhetischen Wertungen erhoben. Etwa 100 Jahre später betont auch W. OSTWALD in der Einführung zu seiner Farbenlehre, wesentlich auf Erkenntnissen von G. T. FECHNER und E. HERING aufbauend, die Bedeutung der psychologischen Farbenlehre als ‚Hauptfach‘, in welches Psychophysik wie Umweltbedingungen einzuschließen seien [4].

2 Farbtheorien und visuelle Künste

Das menschliche Bemühen um Erkenntnis elementarer Gegebenheiten und Lebensvorgänge strahlt seit jeher auch auf künstlerische Fragestellungen und Experimente aus. Die Geschichte der visuellen Künste ist reich an Beispielen, bei denen speziell neue Farbtheorien aufgegriffen und künstlerisch ausgelotet wurden. Denken wir nur an G. SEURATS pointillistischen Bilder, die auf eine „optische Mischung von Helldunkelwerten und Farbtönen“ der auf die Netzhaut des Betrachters auftreffenden Farbpunkte abzielten [5] (Abb. 1a), oder die Serie von J. ALBERS „Huldigung an das Quadrat“, in der er den Simultankontrast durch variabel benachbarte Farbflächen künstlerisch „durchgespielt“ hat (Abb. 1b). Nicht selten haben aber vor allem auch Maler und Architekten, denen es um das Verhältnis von Licht, Farbe, Form, Bewegung und Raum ging, durch ihr Experimentieren Rückkopplungen zu weiterführender wissenschaftlicher Auseinandersetzung ausgelöst, nicht nur in den nahe liegenden Bereichen der Kunstpsychologie und Experimentellen Ästhetik, sondern auch zu Fragen der Phänomenologie, Wahrnehmungspsychologie oder Informationstheorie.

Durch das Zusammenwachsen natur- und geisteswissenschaftlicher Disziplinen prägte sich insbesondere zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine Tendenz zur Einheit von Wissenschaft und Kunst aus. Ausdruck hierfür war eine intensive Hinwendung der Künstler und Theoretiker der „Russischen Avantgarde“, der holländischen „de Stijl“- Bewegung sowie des „Bauhauses“ in Deutschland zu Theorien von YOUNG / HELMHOLTZ (Trichromatisches Sehen), FECHNER (Ästhetik von unten/ Psychophysik), MACH (Analyse der Empfindungen/ Optisch-akustische Versuche), WUNDT (Grundriß der Psychologie/ Experimentelle Psychologie), HERING (Lehre vom Lichtsinn/ Opponententheorie) und OSTWALD (Energetik/ Farbenlehre).²

² Weiterführende Aussagen dazu bei DOUGLAS [6], REITZ [7] und TILLBERG [8].

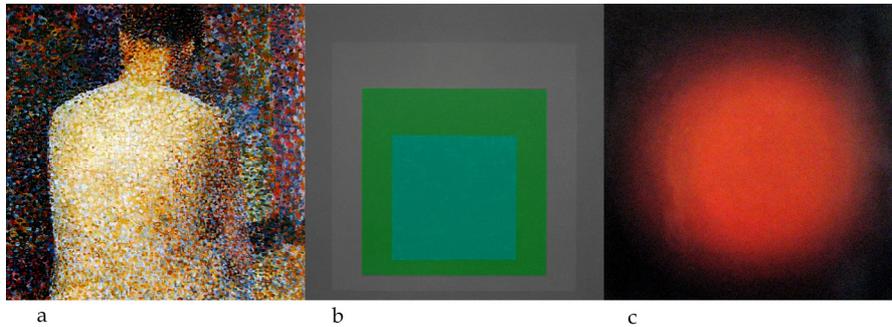


Abb. 1

Künstlerische Auslotung farbtheoretischer Grundlagen

- a) G. Seurat: Studie zu „Modelle“, 1887/88, Ausschnitt (Pointillistische Malerei)
- b) J. Albers: aus der Serie „Homage to the Square“, 1950 (Simultane Interaktion)
- c) I. Kljun: „Rotes Licht, Sphärenkomposition“, 1922/23 (Atmosphärische Erscheinung)

Insbesondere die Naturphilosophie OSTWALDS, die „Energetik“ [9, 10], übte durch ihr unitaristisches Postulat „*Alles, was in der Welt geschieht, ist nichts als ein Energiewandel*“ [11] große Faszination auf die künstlerische Avantgarde aus. Der Begriff der strahlenden Energie, zu der das Licht zählt, forderte zu künstlerischer Imagination heraus. So führten beispielsweise die Versuche des russischen Malers I. KLJUN, atmosphärische Lichterscheinungen zu malen, 1922 zu kosmisch anmutenden ‚Sphärenkompositionen‘, in denen sich „*dynamisch glühende Farbmassen in einem tiefen elektrischen Raum verbinden*“ [6] (Abb. 1c).

Die neuen Theorien boten für das Verständnis der Künstler anfangs vor allem Impulse für ein metaphorisches Einfühlen und symbolisches Verarbeiten, selten schon für eine methodische Ausbeute der visuellen Phänomene, wie wir sie später bei H. HINTERREITER, J. WEDER und J. ALBERS oder Künstlern der OP-ART finden bzw. in den 1980er Jahren in den künstlerischen Exkursen der ‚Informationsästhetiker‘.³

Mitunter folgte der Auseinandersetzung aber auch eine skeptische Distanz. So empfand zum Beispiel der Protagonist der Leningrader Avantgarde, M. MATJUSCHIN, seinerzeit die analytische OSTWALD’sche Bestimmung der visuellen Anteile eines Farbeindrucks (Vollfarbenanteil + Schwarzanteil + Weißanteil = 1) als zu statisch für seine dynamische Auffassung und seine an Wechselwirkungen der Farbe orientierten künstlerischen Experimente [8]. Jene damals als zu statisch empfundene OSTWALD’sche Differenzierung visueller Anteile ist allerdings inzwischen zum Prinzip einer weit verbreiteten, ästhetischen Farbenordnung, dem Natural Colour System (NCS), avanciert und heute jedem Farbdesigner willkommen, der mit dem visuellen Abgleich von Farbzusammenstellungen zu tun hat. Bevor wir jedoch auf OSTWALDS Farbenlehre näher eingehen, muss deren biologisch-energetische Grundlage skizziert werden.

³ Weiterführende Aussagen dazu bei ALBRECHT [12] und BENDIN [13].

3 Ostwalds biologische Energetik

Für OSTWALD war die Energetik und Selbstregulation des Geistes die natürliche Fortsetzung von Physik, Chemie, Biologie und Medizin. Mit seiner biologischen Energetik, d.h. der Lehre von Organismen im ‚stationären Gleichgewicht‘, die zu Selbstreproduktion und Selbstregulation fähig sind, sollten sowohl Materialismus als auch Vitalismus überwunden werden. Im Gegensatz zur mechanischen Weltauffassung besteht nach OSTWALD *„für die energetische Weltauffassung ein stetiger Zusammenhang zwischen den einfachsten Energiebestätigungen, den mechanischen und den verwickeltsten, den psychischen“* [10]. Nach OSTWALD sind lebende Organismen auf der Grundlage der Autokatalyse (Selbstkatalyse) dissipative chemische Systeme, die sich durch Umwandlung freier Energie ihrer Umwelt in einem ‚stationären Gleichgewicht‘ (Fließgleichgewicht) halten. Auf der Suche nach einem entscheidenden Unterschied zwischen lebender und toter Materie fand OSTWALD die überschießenden Reizreaktionen auf Störungen des Gleichgewichtes charakteristisch und bezeichnete jenes Reizantwort-Prinzip als ‚Überheilung‘ und biologisches Urphänomen. Jene Fähigkeit ermöglicht Lebewesen die ‚Selbstheilung‘ und somit die Selbsterhaltung (Abb. 2). Praxisorientiert empfahl OSTWALD Ärzten, Hygienikern und ‚Eodynamikern‘ jenes Prinzip zur Anwendung.⁴

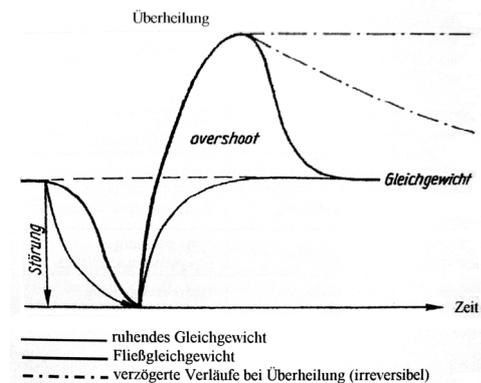


Abb. 2
Ostwalds Modell der
‚Überheilung‘ nach BERG [14]

Eine auf das Engste damit verbundene biologische Fähigkeit ist für OSTWALD die Erinnerung, das Gedächtnis, als besondere Eigentümlichkeit des Geistes.

Er nimmt dabei Bezug auf Ewald HERING und dessen 1870 in Wien gehaltenen Vortrag *„Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie“* [17]. HERING behandelt darin unser Gedächtnis als durch Wiederholung relevanter Vorgänge angeeignetes, zum großen Teil unbewusstes Reproduktionsvermögen der Gehirns substanz, das sich vererben und so auch zum ‚angeborenen

⁴ Weiterführende Aussagen dazu bei BERG [14], MAINZER [15] und HANSEL [16].

Reproduktionsvermögen' werden kann. Nach HERING werden „*Ketten unbewusster Nervenprozesse, an welche sich schließlich ein von bewusster Wahrnehmung begleitetes Glied anreihet, zu unbewussten Vorstellungsreihen*“ [17].

OSTWALD greift in seiner unveröffentlichten Schrift „Die Energetik der Psyche“ von 1913 [18] die fundamentale Erkenntnis HERINGS auf, nach der sich einmal ausgeführte Vorgänge leichter wiederholen als beim ersten Mal, und erkennt in der Bevorzugung von Wiederholungen gegenüber neuen Vorgängen, dass „*dadurch allen organischen Vorgängen eine bestimmte Stabilität, ein Gleichbleiben im Wechsel, gesichert (ist). Diese psychologische Eigenschaft wirkt stetigend auf den Lauf des Lebens ein, wie der Kiel stetigend auf den Lauf des Schiffes...*“. Visionär nimmt OSTWALD an gleicher Stelle den Aspekt der Informationsspeicherung als Grundlage geistiger Tätigkeit auf: „*Die Möglichkeit, einen bereits nicht mehr vorhandenen Eindruck doch noch soweit wirksam bleiben oder gar werden zu lassen, dass dieser mit einem neu eingetretenen in Beziehung gesetzt und auf Gleichheit oder Verschiedenheit empfunden werden kann, liegt aller übrigen geistigen Tätigkeit als wesentliches und entscheidendes Kennzeichen zugrunde*“ [18].

Die biologische Energetik OSTWALDS stellt offensichtlich einen Zusammenhang her zwischen dem selbstregulierenden Vorgang der ‚Überheilung‘ als Reizreaktion und einer durch das ‚Gedächtnis der Nervensubstanz‘ vermittelten Reproduktion organischer Prozesse.

4 Ostwalds „Psychologische Farbenlehre“ als eine energetische Farbenlehre

OSTWALDS energetische Weltansicht durchdrang auch seine Farbenlehre. Er hatte 1918 erste Entwürfe zu seiner „Psychologischen Farbenlehre“ verfasst [19] und 1920 deren Grundzüge unter der Überschrift „Die Farbenpsychologie“ veröffentlicht [20]. Zahlreiche Veröffentlichungen zur Ordnung und Harmonie der Farbe begleiteten diese. Erst Ende der 1920er Jahre wandte sich der Forscher noch einmal im Zusammenhang mit den Entwürfen zu einer neuen Wissenschaft vom Schönen, der ‚Kalik‘, und der ebenfalls energetisch durchdrungenen ‚Kunstlehre‘ jener psychologischen Dimension zu und erweiterte 1930 seine psychologische Farbenlehre durch den Entwurf „Über psychophysische Farbenordnungen“, der ebenfalls unveröffentlicht blieb.⁵ Bei all dem behandelt er Farbe als Empfindung und Gegenstand der Psychophysik unter energetisch-biologischen Aspekten, aber auch praxisorientiert mathetisch⁶ und harmonikal.

Eine entscheidende Grundlage für den energetischen Aspekt sieht OSTWALD in dem von Johannes MÜLLER 1829/1838 entdeckten ‚Gesetz der spezifischen Sinnesenergien‘, aus dem für OSTWALD folgt, „*dass für die Natur der Empfindung nur der energetische Vorgang in dem zugehörigen Hirngebiet maßgebend ist und nicht die Natur des am äußeren Nervenende einwirkenden Reizes*“. Und weiter umreißt er dies als Kette energetischer Transformationen, die

⁵ Weiterführende Aussagen dazu bei BENDIN [21]

⁶ Unter ‚mathetisch‘ bzw. ‚Mathetik‘ versteht OSTWALD ‚ordnungswissenschaftlich‘ bzw. ‚Ordnungswissenschaft‘ als Teil der Mathematik.

schließlich zur Empfindung führen, in der Einleitung seiner Schrift von 1918: *„Ein Reiz ist immer ein energetischer Vorgang, welcher ein Sinnesorgan trifft und dort Arbeit (...) leistet. Diese Arbeit bewirkt eine verhältnismäßige Auslösung organischer Energie (wohl meist chemischer Natur), welche im Sinnesorgan bereit liegt und sich in eine noch nicht sehr genau bekannte Energieform umwandelt, die Nervenenergie, welche längs einer vorgebildeten Bahn, der Nervenfasern, bis zum Zentralorgan, dem Gehirn, fortschreitet. ...Im Zentralorgan teilen und vereinigen sich die Leitungsbahnen in sehr mannigfaltiger Weise, wobei mehrfach die ankommende Nervenenergie wieder zur Auslösung bereit liegender organischer Energien dient. Von diesen Wegen hängt es ab, welches die endliche Wirkung dieser Kette von Auslösungen ist. (...) Für uns hat der Fall Bedeutung, dass bewusste Empfindung entsteht“* [19].

Auch in seiner „Energetik der Psyche“ hatte OSTWALD schon allgemein das energetische Prinzip in Bezug auf das selbstregulierende, biologische ‚System Mensch‘ als eine Kopplung der Energietransformationen mit der Auslösung von Energievorräten in den Stationen zwischen Außenenergie und Empfindung begründet. Aus der Tatsache, dass die Neuronen an ihren Verbindungsstellen nicht stetig ineinander übergehen, *„sondern vielmehr anatomisch selbständig enden und anfangen“* schlussfolgert er, dass neue Energieströme im angrenzenden Neuron ausgelöst werden und zwischen eintretenden und weitergeleiteten, transformierten Energieströmen proportionale Verhältnisse unwahrscheinlich sind, sondern vielmehr ‚symbat‘⁷ Verhältnisse angenommen werden müssen (d.h. korrelative Veränderungen in nur stets gleichem Sinne).

Für OSTWALD ist jene Erkenntnis einer ‚verhältnismäßigen Auslösung organischer Energievorräte‘ bei der Reizreaktion (Energietransformation) auch grundlegend für das Verständnis von Farbempfindungen. Die theoretische Ableitung der Farbphänomene in seiner „Psychologischen Farbenlehre“ macht uns dies aber nicht immer bewusst. Nur an einigen Phänomenen, zum Teil nur in seiner Fassung von 1918, führt OSTWALD dies eingehender vor, wie beispielsweise in der Ursachendarlegung der FECHNER’schen Reiz-Empfindungs-Reaktion oder der Farbkonstanz aus Zuordnung (Assoziation) bei ‚bezogenen Farben‘ sowie ‚Gedächtnisfarben‘. Auch seinen Interpretationen des Augengrau, der Grenzverstärkung beim Simultankontrast sowie der räumlichen Verschmelzung bei Farbdarbietungen in kurzen zeitlichen oder räumlichen Abständen gibt er entsprechende Begründungen.

Für OSTWALD ist neben der Unterschiedsempfindlichkeit/ Reizschwelle, die ihm besonders wichtig für Gleichwertig- und Gleichabständigkeitsbetrachtungen in visuellen Ordnungen erscheint, insbesondere die ‚Bezogenheit‘ der Farbwahrnehmung auf gewöhnlich vorherrschende Umwelt- und Beleuchtungsverhältnisse entscheidend, somit die Wahrnehmung der ‚Körperfarben‘. In seinem späten Entwurf „Über Psychophysische Farbenordnungen“ [19] vertieft OSTWALD den evolutionären Aspekt des Sehens

⁷ OSTWALD bezieht sich hier auf die Begriffsprägung ‚symbat‘ durch Robert LUTHER.

durch die Theorie der Schluckung (Absorption) breiter Lichtwellengruppen durch drei Empfindungspaare (Schwarz/Weiß, Blau/Gelb, Rot/Grün), denen er offensichtlich HERINGS Opponententheorie zugrunde legt. Grundlage sind für ihn auch hier die Anpassung des Sehorgans und die Umwelt-Bezogenheit der Farbwahrnehmung. Unter diesem Ansatz ist es allerdings kaum verständlich, warum OSTWALD auf das Herausarbeiten energetischer Grundlagen für Hell-Dunkel-Adaptationen wenig Wert gelegt hat. Dies erscheint heute um so bedauerlicher, als gerade jene Anpassungsvorgänge zu Kronzeugen einer energetisch-biologischen Auffassung des Sehens geworden sind, die man durchaus im Sinne OSTWALDS verstehen kann.

5 Zur heutigen Auffassung farbrelevanter Vorgänge in der Netzhaut

Auf dem Boden der eingangs skizzierten ‚Biologischen Psychologie‘ stützt sich unser Verständnis der Transformation der Lichtenergie zur Farbempfindung heute auf komplexe Kenntnisfelder aus energetischen, umwelt- und entwicklungspezifischen, genetischen, anatomischen, physiologischen, informationstheoretischen und natürlich auch psychologischen Fakten und Zusammenhängen. Einen Gesamtüberblick vermitteln u. a. BIRBAUMER und SCHMIDT [23], detaillierte Einblicke in das visuelle System und die Farbwahrnehmung geben u. a. von CAMPENHAUSEN [24], BACKHAUS, KLIEGL und WERNER [25], MAUSFELD und HEYER [26], auch WELSCH und LIEBMANN [27]. Erwähnt werden muss, dass bereits in den 1950er Jahren Untersuchungen der Einflussnahme des Augenlichts auf die Regulation des Stoffwechsels durch HOLLWICH [28] zur Annahme einer von der optischen Sehbahn unabhängigen ‚energetischen Sehbahn‘ führten (Abb. 3).

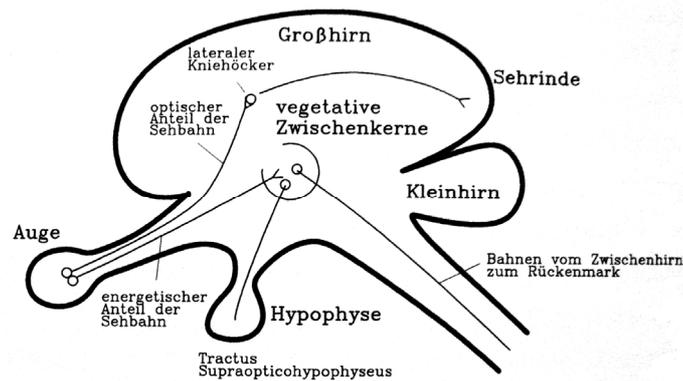


Abb. 3
Schematische Darstellung der Sehbahnen nach Hollwich [28]

Wenn wir uns hier aber auf das visuelle System und die Lichtsignalverarbeitung in der Netzhaut beschränken, haben wir es schon beim ersten Schritt mit einer komplexen Disposition zu tun. Seit Aufklärung der geschlechtsspezifischen Ursachen von Farbfehlsichtigkeit zweifelt man nicht mehr daran, dass bestimmte Gene für den molekularen Bau der visuellen Pigmente (Sehfarbstoffe) in den Photosensoren, den Lichtsinneszellen des Auges, verantwortlich sind.⁸ Vier verschiedenartige Sensortypen, etwa 120 Millionen Stäbchen und 6 Millionen Zapfen, sind in der Sensorschicht (Retina) zur Aufnahme der Lichtenergie verteilt. Dabei unterscheiden sich drei verschiedene Zapfentypen voneinander und von den Stäbchen durch den Proteinanteil (Opsin), der das Absorptionsspektrum (kurz-, mittel- oder langwellig) beeinflusst, sowie in der neuronalen Verschaltung, die ebenfalls für das Farbsehen von entscheidender Bedeutung ist. Während die drei Zapfentypen (s-, m- und l- Zapfen⁹ der selektiven Absorption sich überlappenden Wellenbereiche des sichtbaren Spektrums dienen und damit der trichromatischen Theorie des Farbsehens nach YOUNG/HELMHOLTZ genügen, entsprechen die heute bekannten antagonistischen Erregungs- und Hemmprozesse in den nachgeschalteten Neuronen der ‚Opponententheorie‘ von HERING. Sie erklärt das physiologisch antagonistische Verhalten der Gegenfarben Rot/Grün, Gelb/Blau und Schwarz/Weiß. Damit wurde der scheinbare Widerspruch zwischen den beiden Theorien aufgehoben.

Aber auch unter energetischem Aspekt erscheinen beide Sachverhalte von grundlegender Bedeutung. Sobald Lichtenergie von Sehfarbstoff absorbiert wird, zerfällt dieser in Vorstufen. Als erste Stufe der so genannten ‚Transduktion‘ verändert der Zerfallsprozess die Membrandurchlässigkeit der Photosensoren. Dies hat Änderungen des Membranpotenzials, das so genannte ‚Sensorpotenzial‘, zur Folge. Nach BIRBAUMER und SCHMIDT ist *„ein wichtiger Teilaspekt der Transduktion des Reizes (...) der energetische. Mit der Transduktion ist ein Verstärkungsprozess verbunden. Eine Sonderstellung nehmen die Sensorpotenziale der primären Sehzellen der Netzhaut (Zapfen, Stäbchen) ein, die bei Belichtung hyperpolarisieren [23] (Abb. 4 links). Dabei konnte übrigens für mittlere Intensitätsbereiche gezeigt werden, dass die Amplitude des Sensorpotenzials der logarithmischen Beziehung zwischen Reizstärke und Amplitude folgt (WEBER-FECHNER-Gesetz). Der Sehfarbstoff der Stäbchen, das Rhodopsin (Sehpurpur), muss nach seinem infolge Belichtung eingetretenen Zerfall unter Energieaufwand wieder aufgebaut werden. Dabei stellt sich für eine gegebene Lichtstärke ein Gleichgewicht zwischen Zerfall und Wiederaufbau ein: „Das Reaktionsgleichgewicht zwischen dem Sehpurpur und seinen Zerfallsprodukten ist (...) die physikochemische Grundlage der Hell-Dunkel-Adaptation.“* In großer Helligkeit ist der Sehfarbstoff nahezu ‚ausgebleicht‘, die Stäbchen sind kaum noch lichtempfindlich; bei Dunkelheit regeneriert der Sehpurpur zur Maximalkonzentration, was eine

⁸ Rot- und Grün-Gene z.B. befinden sich direkt nebeneinander auf dem X-Chromosom, von denen Frauen zwei, Männer aber nur eines besitzen. Während Fehler auf einem X-Chromosom bei Frauen durch das zweite korrigiert werden können, wirkt sich jeder Fehler bei Männern als Farbanomalie aus.

⁹ Nach „short, middle, long“.

Erhöhung der Lichtempfindlichkeit bewirkt. Das Anpassungsvermögen der Photosensoren, bei hoher Beleuchtungsstärke ihre Aktivität zu drosseln und bei geringer Beleuchtungsstärke zu erhöhen, schafft jeweils ein „vermitteltes Niveau“, von dem aus die wechselnden Lichtreize einschließlich deren Über- und Unterangebote energetisch effizient behandelt und weitergeleitet werden können.

Auf eine andere Art effizient und anpassungsfähig ist auch die spätere Signalverarbeitung in den Zentrums- und Peripheriebereichen der ‚rezeptiven Felder (RF)‘ der Netzhaut, die aus den antagonistisch reagierenden Ganglienzellen (ON- bzw. OFF-Neurone) bestehen, deren Axone über den Sehnerv schließlich die visuelle Information (Aktionspotenziale) in das Gehirn weiterleiten (Abb. 4 rechts).

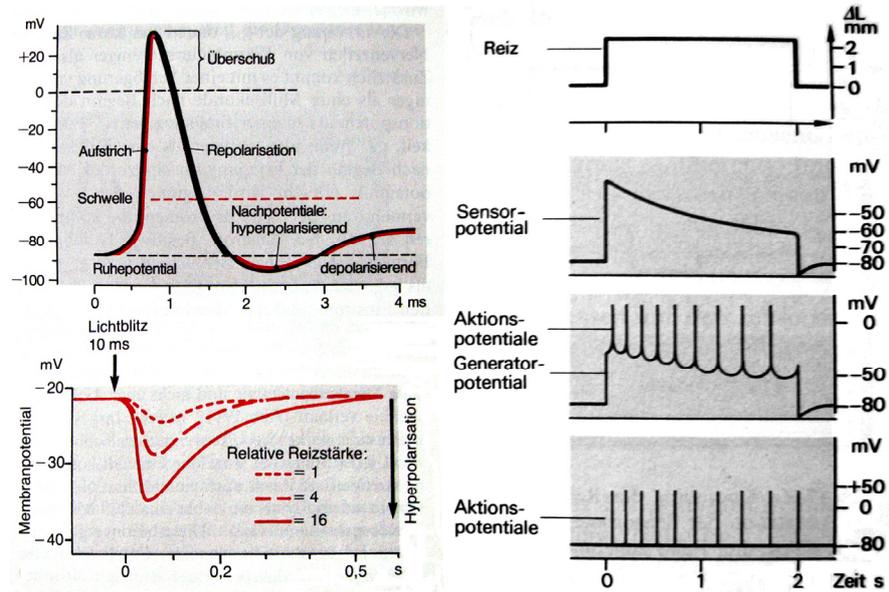


Abb. 4

Sensor- und Aktionspotenziale nach Birbaumer/Schmidt [23]

a) links oben: Reguläres Aktionspotenzial eines Neurons (zum Vergleich)

links unten: Hyperpolarisierendes Sensorpotenzial bei Transduktion

b) rechts: Allgemeines Schema zur Folge von Reiz, Sensor- und Aktionspotenzialen

Auf diesen Vorgang gründet sich die heutige Theorie des Kontrastsehens (Simultankontrast, Lateralinhibition). Ein Neuron kann durch Reizung seines rezeptiven Feldes erregt oder gehemmt werden. Bei einer ‚an-Reaktion‘ in einem ON-Zentrum-Feld zum Beispiel nimmt die Impulsfrequenz des Aktionspotenzials zu und wird nach dem Reiz für einige Zeit kleiner als das Ruhepotential. Gleichzeitig führen hier die Reize in der OFF-Peripherie umgekehrt zu einer ‚aus-Reaktion‘. Genau so häufig wie die ON-Zentrum-Felder kommen jedoch

umgekehrt organisierte OFF-Zentrum-Felder vor. Größe und Organisation der rezeptiven Felder sind der Natur der Sensor- und Membranpotenziale angepasst. So sind die rezeptiven Felder nicht in allen Teilen der Netzhaut gleich groß. Ihre Größe nimmt von der Fovea zur Netzhautperipherie zu. Aber auch die relative Größe von RF-Zentrum und RF-Peripherie können sich verschieden einstellen und damit indirekt auf die ursächlichen Reize selbstregulierend reagieren. Bei Helladaptation ist zum Beispiel das Zentrum klein und die Peripherie groß, bei Dunkeladaptation im Extremfall überhaupt keine Peripherie mehr nachzuweisen.

6 Schlussfolgerungen

Die dargestellte genetische Disposition, ebenso die Transduktion (mehrstufige biochemische Verstärkung) wie die nachgeschaltete neuronale Transformation als selbstregulierende Organisationen zeigen, dass es im visuellen System durchaus im OSTWALD'schen Sinne zu energetischen Wirkungen kommt. Diese sind verbunden mit dem von ihm angenommenen selbstregulierenden Vorgang überschießender Reizreaktionen bei Störungen des Gleichgewichts (Überheilung), der ‚verhältnismäßigen Auslösung organischer Energiereserven‘, einer offensichtlich durch das ‚Gedächtnis der Nervensubstanz‘ vermittelten Reproduktion organischer Prozesse sowie den damit verbundenen Phänomenen des Kontrastsehens. Durch die neuronale Verarbeitung wird die von OSTWALD angenommene ‚Schluckung‘ und entsprechende Differenzierung der Rezeptoren zu drei ‚Empfindungspaaren‘ [19] bestätigt. Insbesondere die Bedeutung der Vorgänge für die Hell-Dunkel-Adaptation sowie das Kontrastsehen ist nachgewiesen. Ebenso kann die Relevanz der von OSTWALD zugrunde gelegten FECHNER'schen Reiz-Empfindungs-Relation sowie die Bedeutung der gewohnten Umweltbedingungen für die Reizverarbeitung als bestätigt angesehen werden.

Auf der Grundlage eines neuen ‚Physiologischen Farbsystems (PCS)‘, welches über die trichromatischen Absorptionsgrößen S, M und L der Zapfen und die entsprechenden Erregungsgrößen ES, EM und EL den Rezeptorerregungsraum abbildet, konnten von CAMPENHAUSEN, SCHRAMME u.a. [29, 30] neuerdings deutlich machen, dass OSTWALDS Farbordnungssystem hinsichtlich der Helligkeits- und Sättigungsstufen auf der Grundlage des WEBER-FECHNER-Gesetzes den heute bekannten physiologischen Gegebenheiten hinreichend genau entspricht und spätere, auf anderer Grundlage aufgebaute ästhetische Systeme (z.B. DIN 6164) diese Entsprechung nicht wesentlich übertroffen haben (Abb. 5a – c).

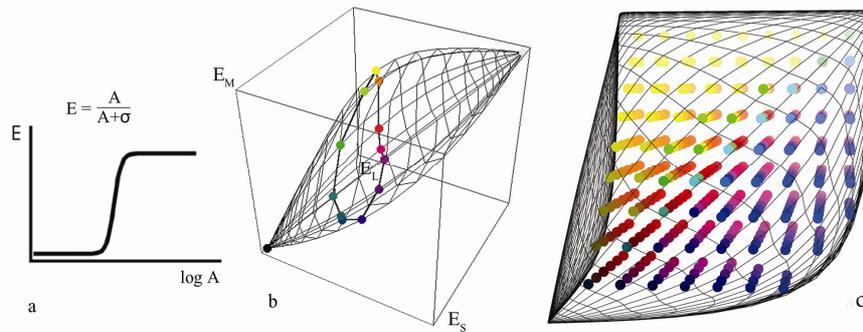


Abb. 5

Physiologisches Farbsystem PCS von Campenhausen/Schramme [29]

- a) Zapfenerregung E aus der Absorption A nach der Naka-Rushton-Beziehung
 b) Rezeptorerregungsraum (Linienzüge infolge verschiedener Reizintensitäten)
 c) Farbkörper des PCS (Gitter: Spektralfarben bei verschiedenen Intensitäten)

Da heute die Reizaufnahme und neuronale Signalverarbeitung im visuellen System insbesondere im Zusammenhang mit der Entstehung von Farbempfindungen weitgehend aufgeklärt und allgemein auch als selbstregulierende Energiewandlung und -wirkung aufgefasst wird, entspricht sie im Wesentlichen der biologischen Energetik Wilhelm OSTWALDS. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Intentionen und Interpretationen OSTWALDS auch im Detail noch große Nähe aufweisen zur heutigen Interpretation der Vorgänge auf dem Hintergrund fortgeschrittener Biogenetik und Neurobiologie. So muss man OSTWALDS Energetik durchaus als fruchtbares Substrat der heute allseits anerkannten energetischen Begründung einer ‚Psychologischen Farbenlehre‘ ansehen und seine Vorleistungen als visionär anerkennen.

Literatur

- [1] GOETHE, J. W. v.: Zur Farbenlehre. Weimar, 1810.
 [2] SCHOPENHAUER, A.: Über das Sehn und die Farben. Leipzig, 1816.
 [3] CHEVREUL, M. E.: De la loi de contraste simultanè de couleurs. Paris, 1839. Deutsche Ausg. Ein deutscher Techniker: Die Farbenharmonie in ihrer Anwendung. Stuttgart, 1840.
 [4] OSTWALD, W.: Die Farbenlehre in fünf Büchern. Großbothen/ Leipzig.
 [5] GAGE, J.: Seurats Methoden, eine Neubewertung. In: Die Sprache der Farben. Ravensburg, 1999, S. 210.
 [6] DOUGLAS, Ch.: Wilhelm Ostwald und die russische Avantgarde. In: Papanikolaou, M. (Hrsg.): Licht und Farbe in der russischen Avantgarde. Die Sammlung Costakis. Köln, 2004, S. 30-39.
 [7] REITZ, M.: Wilhelm Ostwald und die ‚de Stijl‘-Bewegung. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 4 (1999), 4, S. 46-49.

- [8] TILLBERG, M.: Michael Matjuschin und das Studium der Farbe. In: PAPANIKOLAOU, M. (Hrsg.): Licht und Farbe in der russischen Avantgarde: Die Sammlung Costakis. Köln, 2004, S. 194-197.
- [9] OSTWALD, W.: Grundriß der Naturphilosophie. Leipzig, 1908.
- [10] OSTWALD, W.: Die Energie. Leipzig, 1908.
- [11] OSTWALD, W.: Elektrochemie. Leipzig, 1896.
- [12] ALBRECHT, H.-J.: Systematik der Farben - Kunst der Farbe. In: BENDIN, E. (Hrsg.): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden; Großbothen; Düsseldorf, 2003, S. 30-35.
- [13] BENDIN, E.: Resonanzen – Farbe als System. In: BENDIN, E. (Hrsg.): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden; Großbothen; Düsseldorf, 2003, S. 30-35.
- [14] BERG, H.: Ostwalds Ideen zum Energiefluss in der Biosphäre. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 9 (2004), Sonderheft 18, S. 32-41.
- [15] MAINZER, K.: Energie und Katalyse. Wilhelm Ostwalds Naturphilosophie gestern und heute. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 11 (2006), 2, S. 19-36.
- [16] HANSEL, K.: Wilhelm Ostwald über ein Grundgesetz der belebten Welt. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 8 (2003), 1, S. 31-33.
- [17] HERING, E.: Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie (Vortrag 1870 in Wien). In: HERING, H. E. (Hrsg.): Fünf Reden von Ewald Hering. Leipzig: Engelmann, 1921.
- [18] OSTWALD, W.: Zur Energetik der Psyche. Unveröff. Ms. Großbothen, 1913. (Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss., Nachlass Ostwald Nr. 4519).
- [19] OSTWALD, W.: Psychologische Farbenlehre. Unveröff. Ms. Großbothen, 1918. (Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss., Nachlass Ostwald Nr. 4667).
- [20] OSTWALD, W.: Farbenpsychologie. In: Giese, H. G. (Hrsg.): Deutsche Psychologie. Bd. 3. H. 1. Langensalza, 1920.
- [21] BENDIN, E.: Über Anliegen und Schicksal der ‚Psychologischen Farbenlehre‘ Wilhelm Ostwalds. Die Farbe 44 (1998), 4-6, S. 107-126.
- [22] OSTWALD, W.: Über psychophysische Farbenordnungen Unveröff. Ms. Großbothen, 1930. (Akademiearchiv d. Berlin-Brandenburg. Akad. d. Wiss., Nachlass Ostwald. Nr. 5010).
- [23] BIRBAUMER, N.; SCHMIDT, R. F.: Biologische Psychologie. 2. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York, 1991.
- [24] CAMPENHAUSEN, C. v.: Psychophysik des Farbensehens. In: Bloch-Jahrbuch. Mössingen, 1998/99, S. 57-75.
- [25] BACKHAUS, W. G. K.; KLIÉGL, R.; WERNER, J. S.: Colour vision: perspectives from different disciplines. 2. Aufl. Berlin; New York, 1991.
- [26] MAUSFELD, R.; HEYER, D.: Colour perception: mind and the physical world. New York, 2003.

- [27] WELSCH, N.; LIEBMANN, C. C.: Farben: Natur, Technik, Kunst. München, 2003 /Heidelberg, 2004.
- [28] HOLLWICH, F.: Der Einfluss des Augenlichtes auf die Regulation des Stoffwechsels. Bücherei des Augenarztes 23 (1955), S. 95-136.
- [29] CAMPENHAUSEN, C. v.; SCHRAMME, J.: Vor- und Nachgeschichte von Wilhelm Ostwalds Farbsystem. In: BENDIN, E. (Hrsg): Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 150. Geburtstag Wilhelm Ostwalds. Dresden; Großbothen; Düsseldorf, 2003, S. 14-20.
- [30] SCHULER, M. B.; HEINEMANN, A.; WETZEL, E.; SCHRAMME, J.: Quantitativer Vergleich des Ostwald'schen Farbsystems mit dem DIN-Farbsystem auf der Basis des Physiologischen Farbsystems (PCS). Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 10 (2005), 1, S. 5-22.

Das Kapillarviskosimeter nach Wilhelm Ostwald

Ulf Messow

Es gibt kaum Messgeräte in der Laborpraxis, die sich in ihrer „Urform“ bis in die heutige Zeit erhalten haben. Das nach Wilhelm OSTWALD (1853-1932) benannte Kapillarviskosimeter gehört zu diesen, dem wie bei fast jeder Erfindung oder Entdeckung theoretische Betrachtungen und Experimente vorausgegangen sind. So befassten sich zuvor namhafte Gelehrte mit der Bestimmung der Flüssigkeitsreibung in Röhren und trugen zum Erkenntnisprozess bei. Anliegen des vorliegenden Beitrages ist aber auch die Beantwortung der wissenschaftlichen Zielstellung der innerhalb der ostwaldschen Schule durchgeführten Viskositätsmessungen. Abschließend wird auf mögliche Fehlerquellen, Modifizierungen und Weiterentwicklungen des Ostwald-Viskosimeters eingegangen.

In seiner Leipziger Zeit als Professor der Chemie und Direktor des „Zweiten chemischen Laboratoriums“ an der Universität Leipzig beschrieb W. OSTWALD im umfangreichen „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ [1a] das Kapillarviskosimeter 1891 wie folgt:

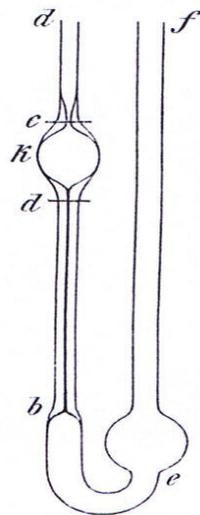


Fig. 35.

„In neuester Zeit habe ich den Apparat noch weiter dahin umgestaltet, dass er bequem bei höheren Temperaturen benutzt werden kann und wiederholte Bestimmungen mit derselben Flüssigkeitsmenge gestattet, ohne dass diese dem Verdunsten u. dgl. ausgesetzt ist. Die Änderung besteht darin, dass das untere Rohr be umgebogen und parallel db nach oben geführt wird; auch kann es nahe über der Umbiegung zu einer Kugel erweitert werden. Die Vorrichtung hat dann die Gestalt Fig. 35. Man füllt bei f ein mit einer Pipette abgemessenes Flüssigkeitsvolumen ein, saugt bei d, bis die Flüssigkeit über c steht, und bestimmt die Ausflusszeit zwischen c und d. Die einzubringende Flüssigkeitsmenge wird am besten so bemessen, dass bei gefüllter Kugel k in der unteren Kugel noch etwas Flüssigkeit enthalten ist.“

Abb. 1

Das Kapillarviskosimeter nach W. Ostwald [1a]

Die Umgestaltung bezieht sich auf das zuvor in Riga am Polytechnikum gebräuchliche Pipettenskosimeter. Das in Abb. 1 dargestellte Kapillarviskosime-

ter wird im Handel von Laboratoriumsgeräten auch heute noch als „Ostwald-Viskosimeter“ geführt und für Lehre und Forschung angeboten [2, 3, 4]. Es besteht durch seine einfache Handhabung und erfordert bei Kenntnis der Viskositätskonstanten k lediglich die Ermittlung der Dichte d der zu untersuchenden Flüssigkeit und der Ausflusszeit t .

$$\eta = k d t \quad (1)$$

Die Konstante k erübrigt sich, wenn die Ausflusszeit einer unbekanntes auf die einer bekannten Flüssigkeit, z. B. Wasser (η_o) bezogen wird. Für die dimensionslose relative Viskosität oder Zähigkeit gilt dann:

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_o} = \frac{d t}{d_o t_o} \quad (2)$$

Bei Lösungen von Makromolekülen interessiert gerade die dem Lösungsmittel erteilte Viskositätssteigerung. Empirisch wurde für die auf unendliche Verdünnung

bezogene reduzierte spezifische Viskosität $\eta_{spez} = \frac{\eta - \eta_o}{\eta_o}$ der Zusammenhang

gefunden:

$$\lim \left(\frac{\eta_{spez.}}{c} \right)_{c \rightarrow 0} = [\eta] = K M^\alpha \quad (3)$$

Die Grenzviskosität (intrinsic viscosity) $[\eta]$ bei $c \rightarrow 0$ hat die Dimension Volumen pro g der gelösten Teilchen und korreliert mit der Molmasse. Die Gl. (3) ist als Kuhn-Mark-Houwink-Sakurada -Gleichung in die Literatur eingegangen [5] und entspricht dem von Hermann STAUDINGER (1881-1965) und seinen Mitarbeitern 1930 aufgestellten „Viskositätsgesetz“ für $\alpha = 1$ und „Linearkolloide“ wie Polystyrole oder Zellosederivate [6a]. Je kugelig und verknäuelter das Makromolekül ist, um so kleiner ist der Exponent α .

Die originale Form des obigen Kapillarviskosimeters wurde im Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig noch bis 1968, dem Jahr seiner Auflösung, verwendet. Im Rahmen des dortigen kolloidchemischen Praktikums enthielt der Versuch „Viskosimetrische Molmassebestimmung an Hochpolymeren“ die Teilaufgaben:

1. *Der biologische Vorgang des Abbaus von Stärkemizellen soll viskosimetrisch in vitro verfolgt werden. Dabei soll die relative Viskosität in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen werden.*
2. *Es ist eine viskosimetrische Molmassebestimmung von Polystyrol und Polymethacrylsäureester durchzuführen.*

Das von H.-D. FÖRSTERLING und H. KUHN herausgegebene und heute an Universitäten genutzte Praktikumsbuch enthält eine ähnliche Aufgabenstellung [7]. Dies gilt auch für die im aktuellen Phywe-Katalog „Chemistry laboratory experi-

ments“ enthaltene Versuchsbeschreibung [2] für Versuch 1.06 „Determination of the molecular weight of a polymer from intrinsic viscosity measurements“.



Abb. 2
Versuchsanordnung [2] zur Messung der relativen Viskosität mit Hilfe des Kapillarviskosimeters nach W. Ostwald

Wirkungsweise des Ostwald-Viskosimeters und Anmerkungen zur Bestimmung der Viskosität

Die treibende Kraft für das Fließen der Flüssigkeit im Ostwald-Viskosimeter ist der hydrostatische Druck. Die potentielle Energie der Lage wird dabei zu einem Teil in Reibungsenergie und zu einem anderen Teil für die Beschleunigung der Flüssigkeit von der Ruhe auf die Geschwindigkeit v umgesetzt. In der unteren Kugel kann sich kinetische Energie durch Wirbelbildung in Wärme umwandeln. Wladimir PHILIPPOFF geht ausführlich auf mögliche Fehlerquellen [6b] ein:

- *ungenauere Füllung des Viskosimeters (Änderung der wirksamen treibenden Flüssigkeitssäule durch verschiedene Füllmengen)*
- *Korrektur für die kinetische Energie (Hagenbach-Korrektur)*
- *Berücksichtigung der an der Wand anhaftenden Flüssigkeit*
- *Wirkung der Oberflächenspannung auf die wirksame Höhe*

Durch die auf das Lösungsmittel bezogene Relativmessung lassen sich die obigen Fehlerquellen teilweise eliminieren oder verringern, und η_{rel} ist dann auf 0,1 % bis 0,2 % reproduzierbar bestimmbar [6c].

Die Erforschung von Fließphänomenen begann mit Untersuchungen von Robert HOOKE (1635-1703), Isaac NEWTON (1642-1727), Leonhard EULER (1707-1783), Claude NAVIER (1785-1836) und Gabriel STOKES (1819-1903) [4]. Erste Beziehungen zwischen der inneren Reibung und den chemischen Eigenschaften der Untersuchungsflüssigkeit stellte Thomas GRAHAM (1805-1869) auf. So unterstreicht W. OSTWALD in seinem Lehrbuch, dass die Durchflusszeit innerhalb der homologen Reihe der Alkohole, der Ester und Säuren mit dem Molekulargewicht

steigt, und er zitiert GRAHAM mit „Dass eine Beziehung besteht zwischen der Transpirabilität der Flüssigkeiten und ihrer chemischen Zusammensetzung ist wohl nach dem Vorangehenden als festgestellt zu betrachten. Diese Beziehung ist ähnlicher Art wie die zwischen dem Siedepunkte und der Zusammensetzung bestehende, welche von Kopp so gut festgestellt worden ist.“ [1b].

Verschiedene Autoren begannen das Viskositätsverhalten von Gemischen unterschiedlicher Fluide zu studieren und suchten nach stöchiometrischen Gesetzmäßigkeiten zur Beschreibung der Abweichungen von der Idealität, die sich aus der bloßen Addition der Eigenschaften der reinen Komponenten ergibt. W. OSTWALD geht sogar auf mögliche Maxima und Minima im Viskositätsverhalten von Mischungen ein [1c]. Gustav WIEDEMANN (1826-1899) schloss in seinen Experimenten über die Leitfähigkeit auch erste Messungen der Viskosität von Elektrolytlösungen ein. Zunehmend interessierte die Viskosität im Zusammenhang mit der von Svante ARRHENIUS (1859-1927) aufgestellten Dissoziationstheorie und den in Leipzig unter W. OSTWALD und Ernst BECKMANN (1853-1923) beobachteten kolligativen Eigenschaften.

Vorläufer des Ostwald-Viskosimeters: Das Pipettenskosimeter

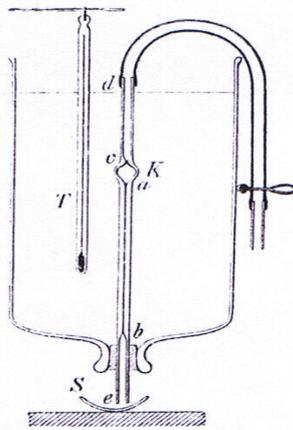


Fig. 34.

Mit dem Dank an den Vorstand des chemischen Laboratoriums des Polytechnikums zu Riga, Herrn Prof. OSTWALD, für die Überlassung der Versuchsmethode und die benötigten Chemikalien hat S. ARRHENIUS 1887 das in Abb. 3 dargestellte Pipettenskosimeter beschrieben [8]. Er verwendete es zunächst bei seinem Arbeitsaufenthalt in Riga 1886 und dann in Würzburg zum Studium der „aktiven“ (Elektrolyte) und „nichtaktiven“ Moleküle (Nichtelektrolyten). Unter anderem führte er aus:

Abb. 3
Das in Riga verwendete Pipettenskosimeter [1d]

„Da die Flüssigkeit bei e ohne merkbare Geschwindigkeit [1] ausfließt, so wird die ganze Arbeit, die durch das Hinabfallen von den $0,9486 \text{ cm}^3$ Flüssigkeit (Flüssigkeit in der Kugel k) geleistet wird, nur zur Überwindung der Reibungswiderstände verwendet; wenn man annimmt, dass keine Arbeit durch Wirbelbewegungen der Flüssigkeit bei b, wo der Übergang vom kapillaren zum nichtkapillaren Rohr-

teil ist, absorbiert wird. Wäre diese Annahme richtig, so würde man also nicht die Ausflusszeit zu korrigieren brauchen, wie es gewöhnlich der Fall ist.“ Und in der Fußnote vermerkt er [1]: *Die Korrektur der Ausflusszeit für die Geschwindigkeit bei e beträgt nicht 0,001 Prozent, wie man leicht aus der unten stehenden Hagenbachschen Formel erkennt.*“ Mit dem Hinweis auf die Bestimmung der relativen Viskosität vernachlässigte S. ARRHENIUS bei seinen Messungen diese Korrektur. In der Schlussbetrachtung stellt er fest: *„Da nach den in meiner zitierten Arbeit niedergelegten Anschauungen alle Salze in äußerster Verdünnung in lauter aktive Moleküle zerfallen, so ist es nicht undenkbar, dass alle Salze (wenigstens diejenigen, deren Ionen ziemlich einfach sind) in äußerst kleinem Zusatz die innere Reibung des Wassers verkleinern. Leider kann man aber dieses Phänomen in den allermeisten Fällen nicht studieren, ...“*

Erst genauere Messungen der relativen Viskosität führten zu einem tieferen Verständnis über das Viskositätsverhalten von Elektrolyten. So steht der A-Koeffizient in der 1929 von G. JONES und M. DOLE publizierten Gleichung [9] für die Konzentrationsabhängigkeit der relativen Viskosität

$$\eta_{rel} = 1 + A\sqrt{c} + Bc^2 \quad (4)$$

in Beziehung zu den interionischen Wechselwirkungen. Hans FALKENHAGEN (1895-1971) leitete über das „Bild der Ionenwolke“ aus den Ionenleitfähigkeiten, der Wertigkeit, der Temperatur und der Dielektrizitätskonstanten des Lösungsmittels für A einen entsprechenden theoretischen Ausdruck ab [10].

B drückt dagegen die Ion-Lösungsmittel-Wechselwirkungen aus. Je nach dem Überwiegen der Ionensolvatation (Ansteigen der Viskosität) oder der Strukturbrechung durch Ionenfelder bzw. sterischer Effekte der Ionen (Viskosität sinkt) beobachtete Christiane HÄRTLING [11] für verschiedene Elektrolytlösungen sowohl positive als auch negative Abweichungen gegenüber der Viskosität von Wasser an Hand von Präzisionsmessungen mit einem Uppelohde-Kapillarviskosimeter in dem niedrigen Konzentrationsbereich 0,000006 mol/l bis 0,04 mol/l.

Viskosimeter mit horizontal liegender Kapillare und Messung bei konstantem Druck

Auch das Pipettenskosimeter (Abb. 3) hatte einen „Vorläufer“ und geht auf Jean Louis POISEUILLE (1799-1869) zurück, der 1846 eine rechtwinklig waagrecht abgebogene Kapillare verwendete. Noch 1890 schildert R. GARTENMEISTER [12] ein derartiges Viskosimeter, benutzt dann aber ein eigenes Pipettenskosimeter, wobei er auf das erst kürzlich zuvor von ARRHENIUS beschriebene hinweist: *„Diese Vorrichtung war nicht bequem zu handhaben. Im Verlaufe der zu Anfang dieser Abhandlung angeführten Versuche hatte sich ergeben, dass man die Zähigkeit mit gleicher Genauigkeit bestimmen könne, wenn man die Flüssigkeit aus einfachen Pipetten ausfließen lässt, wenn bestimmte Bedingungen eingehalten werden“.*

W. OSTWALD beschreibt ausführlich [1e] die von G. WIEDEMANN 1856 [13a] genutzte Versuchsanordnung mit einer horizontal liegenden Kapillare. Um-

fangreiche Experimente hatte WIEDEMANN an der Universität Basel durchgeführt. 1854 war er hier zum ordentlichen Professor der Physik berufen worden. 1863 wechselte er an die Technische Hochschule Braunschweig und folgte 1866 einem Ruf an das Polytechnikum nach Karlsruhe. G. WIEDEMANN stellte bereits eine Zu- oder Abnahme der Ausflusszeit einer Elektrolytlösung gegenüber Wasser fest [13b]. „Es nehmen nach diesen Versuchen die Zähigkeiten in stärkerem Verhältnis zu, als der Gehalt an Salz. Namentlich gilt diess auch bei der verdünnten Schwefelsäure. Beim salpetersauren Ammoniak vermindert sich bei Vermehrung des gelösten Salzes die Zähigkeit, was auch schon Poiseuille beobachtet hat.“ 1871 erhielt G. WIEDEMANN die an der Universität Leipzig in Deutschland erstmalig geschaffene Professur für Physikalische Chemie.

Zur Wiedemann'schen Messapparatur führt W. OSTWALD aus [1e]: „..., der Druck wird entweder durch komprimierte Luft hervorgebracht, die in einem so grossen Gefäss enthalten ist, dass die während des Versuchs erfolgende Ausdehnung keine merkliche Druckveränderung erzeugt, oder man stellt Flüssigkeitssäulen von konstanter Höhe, etwa nach dem Princip der Mariotteschen Flasche dar.“

Zu einem Ausdruck für die Zähigkeit kam G. WIEDEMANN nach Integration für das in der Zeiteinheit T aus der Kapillare ausgetretene Flüssigkeitsvolumen V zwischen den Grenzen 0 und r (Radius der Kapillare) [13c]:

„Dann ist

$$V = \int_0^r \frac{\pi h}{\lambda z} (r^2 \rho - \rho^3) d\rho = \frac{1}{4} \frac{\pi h}{\lambda s z} r^4.$$

Die Gestalt der in der Zeiteinheit herausgeschobenen Masse ist ein Umdrehungsparaboloid.

Die so ermittelte Formel ist dieselbe, welche auch von Hagen und Poiseuille experimentell bestätigt worden ist; die Constante z in derselben ist eine in der inneren Natur der Flüssigkeiten begründete Grösse.

Die zum Ausfluss gleicher Volumina verschiedener Flüssigkeiten erforderliche Zeit T wird nach obiger Formel $T = \text{const.} \frac{\lambda s z}{h r^4} \dots$

Man könnte den Werth z als die Constante der Zähigkeit der Flüssigkeiten bezeichnen.“

Zu beachten ist die aus heutiger Sicht ungewohnte Wahl der Symbole: T : Zeit, λ : Länge der Kapillare, s : spezifisches Gewicht der Flüssigkeit, ρ : Abstand des Flüssigkeitszylinders von der Achse der Röhre, h : Druckhöhe.

Letztlich tabellierte G. WIEDEMANN in [13] die Dichten und Zeiten gleicher Flüssigkeitsvolumina, die durch die waagrecht liegende Kapillare bei einem konstanten Druck ausgeflossen sind. Für die zeitliche Beobachtung waren an einem senkrecht stehenden Rohr Markierungen angebracht.

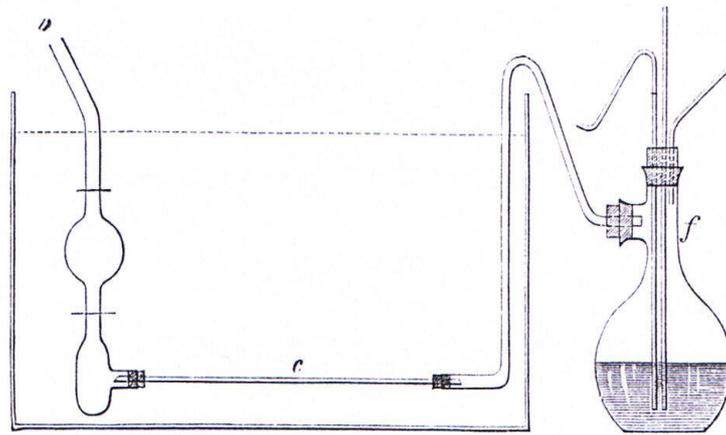


Fig. 38.

Abb. 4

Das im „Physikalisch-chemischen Laboratorium“, an der 1. Bürgerschule 3, im Fri(e)dericianum von G. Wiedemann und seinen Mitarbeitern verwendete Kapillarviskosimeter [1f]

„Bei *a* wirkt die komprimierte Luft, *c* ist das Kapillarrohr, *f* eine Spritzflasche, in welcher das Durchgeflossene gesammelt wird. Die taschenförmige Erweiterung unter der Messkugel dient dazu, etwaige Staubteilchen anzusammeln, welche das Rohr verstopfen oder verengen würden.“ [1f]

Julius WAGNER (1857-1924) benutzte obige Anordnung. Er wurde bei G. WIEDEMANN 1883 mit einer Arbeit über die innere Reibung von Lösungen promoviert und bestimmte die Viskosität der Sulfate, Chloride und Nitrate der zweiwertigen schweren Metalle und die der Nitrate der alkalischen Erden. Als einer der ersten prüfte er mathematische Beziehungen zur Beschreibung der Viskosität in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und der Temperatur.[14] Unter anderem ging er auf die von S. ARRHENIUS [8] vorgeschlagene Exponentialformel $\eta = A^x$ (mit *x* als Konzentration und der Konstanten *A*) ein. 1942 stellt W. PHILIPPOFF [6d] schon über 30 Formeln und Funktionen zur Approximation des Viskositätsverhaltens vor. J. WAGNER diskutiert bereits in [14] den Einfluss der Dissoziation: „Ob die vielen Abweichungen, welche die für andere Salze gefundenen Quotienten (gemeint sind die relativen Viskositäten) zeigen, auch auf Dissoziationen oder vielleicht auch auf Hydratbildung – beim Verdünnen und bei niedrigerer Temperatur – zurückzuführen sind, dafür sichere Anhaltspunkte zu gewinnen, ist mir nicht gelungen; mancherlei Umstände deuten darauf hin.“

Als Assistent von W. OSTWALD seit 1887 und Leiter der analytischen Abteilung setzte J. WAGNER die Viskositätsmessungen an Elektrolyten fort. Dabei übernahm er die in dem Arbeitskreis von W. OSTWALD übliche Messweise und führte 1890 die Experimente mit dem handlicheren Pipettenskosimeter durch [15]. Die Veränderung der Kapillare aus der horizontalen in die vertikale Lage rechtfertigt W. OSTWALD in seinem Lehrbuch [1d] wie folgt. Gemäß der Hagen-Poiseuille'schen Beziehung bildete er für das Pipettenskosimeter das Verhältnis der ausgeflossenen Flüssigkeitsmengen verschiedener Flüssigkeiten und erhielt das Ergebnis:

„... $\eta : \eta' = ts : t' s'$, d.h. die Reibungskoeffizienten verhalten sich wie die Produkte von Zeit und spezifischem Gewicht, wenn gleiche Volume der Flüssigkeiten unter eigenem Druck durch denselben Apparate strömen.“ Zuvor konstatierte er: *“Die Frage, ob die Anwendung eines veränderlichen Druckes während des Versuches noch gestattet, den Reibungskoeffizienten η der Durchflusszeit gleicher Volume proportional zu setzen, ist bejahend zu beantworten.“*

1903 widmeten die ehemaligen Schüler W. OSTWALD anlässlich zur Feier seiner vor fünfundzwanzig Jahren erfolgten Doktorpromotion den Band 46 der „Zeitschrift für physikalische Chemie“. J. WAGNER resümiert in seinem Beitrag [16a]: *„Vor längerer Zeit habe ich in einer Untersuchung über die Zähigkeit der Salzlösungen¹⁾ (er zitiert die Arbeit [14] als einzige stöchiometrische Ausbeute die Beziehung gefunden, dass Kobalt- und Nickelsulfat in äquivalenten Lösungen annähernd dieselbe innere Reibung haben. Einige Jahre darauf veranlasste der Mann, dem dieser Band der Zeitschrift gewidmet ist, mich zu einer erneuten Untersuchung der Angelegenheit, durch den Hinweis, dass alle Regelmäßigkeiten bei Salzlösungen schärfer hervortreten, wenn eine Vergleichung durch die Wahl äquimolarer Lösungen erleichtert ist. Allerdings hat diese Untersuchung nicht den Erfolg gehabt, die innere Reibung als eine kolligative Eigenschaft zu erweisen, die Eigenschaft ändert sich ungleich dem Siedepunkt, Gefrierpunkt, osmotischen Verhältnissen u.s.w., nicht mit der Konzentration, unabhängig von der Natur des gelösten Stoffes.“*

J. WAGNER versuchte die von seinem Schüler Johannes MÜHLENBEIN auch an Nichtelektrolyten gefundenen negativen Abweichungen wie folgt zu erklären [16b]: *„Eine Deutung lässt sich für die negative Reibung von Lösungen sowohl von Elektrolyten, als auch von Nichtelektrolyten in folgender Weise geben. Der gelöste Stoff mindert die Menge des Lösungsmittels, setzt dadurch also die Reibung herab, andererseits tritt er selbst mit einem gewissen Wert in die Gesamtreibung ein. Je nach der Beschaffenheit der Funktionen, die die Konzentration des gelösten Stoffes mit der Abnahme der Reibung durch den Wegfall von Lösungsmittel und mit der Zunahme durch die eigene Reibung verknüpfen, kann die Änderung der Reibung erfolgen, und zwar abnehmend, zunehmend, gleich bleibend und mit Wendepunkt.“* (auf vier Dezimalstellen genau gaben die Autoren die relative Viskosität der Gemische mit negativen Abweichungen z. B. aus Cyanbenzol/-, Nitromethan/- und Allylsenfö/ Ethanol an, das System o-Nitrotoluol/ Ethanol wies sogar die Er-

scheinung eines doppelten Wendepunktes auf). Minima und Maxima für die mit dem Ostwald-Viskosimeter erhaltene Reibung von Flüssigkeitsgemischen teilt wenig später Albert E. DUNSTAN [17] 1904 mit. Unter anderem bestätigte er das von GRAHAM schon 1861 beobachtete Maximum für das System Ethanol/Wasser [18]. GRAHAM bezeichnete übrigens sein Viskosimeter als „Kolloidoskop“. Aus heutiger Sicht ist die eindeutige Beurteilung der Mischungsviskositäten nur durch die Gesamtheit der Mischungseigenschaften (Mischungsvolumina, freie Mischungsenthalpien oder Mischungsenthalpien) möglich. Auf Anregung von W. OSTWALD befasste sich J. WAGNER nach der Jahrhundertwende zunehmend mit lehrmethodischen Fragestellungen. 1901 erhielt er die erste Professur für Chemie-didaktik [19].

Das Hagen-Poiseuille'sche Gesetz und die Korrektur nach Hagenbach

Bereits 1839 fanden Gotthilf HAGEN (1797-1884) [20] und 1843 J. L. POISEUILLE [21] empirisch, dass die durch eine Kapillare ausfließende Volumenmenge V dem hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule $\Delta P = h d g$, der vierten Potenz des Radius der Kapillare direkt und der Länge der Kapillare l indirekt proportional ist. Verschiedene Autoren beschäftigten sich mit der theoretischen Herleitung dieses experimentellen Befundes. So benutzte W. OSTWALD in seinem Kapitel „Flüssigkeitsreibung“ [1g] eine von F. NEUMANN 1860 gegebene Herleitung. Den „Drei Klassikern der Strömungslehre“ G. HAGEN, J. L. POISEUILLE und Eduard HAGENBACH (1833-1910) ist der 237. Bd. in der 1933 von Wolfgang OSTWALD (1883-1943) herausgegebenen Reihe „Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften“ [22] gewidmet. Die heute als Hagen-Poiseuille'sche Beziehung bekannte Gesetzmäßigkeit Gl. (5)

$$\eta = \frac{\pi r^4 h d g t}{8 V l} \quad (5)$$

mit der Viskosimeterkonstanten $k = \frac{\pi r^4 h g}{8 V l}$

ist durch Integration der Newtonschen Gleichung Gl. (6)

$$K = -\eta F \frac{dv}{dx} \quad (6)$$

unter der Annahme ideal-viskosen Fließens für Strömungen in kreisrunden Kapillaren erhältlich. Nach dem Newton'schen Reibungsgesetz ist die Reibungskraft K zwischen dem Abstand x zweier Platten der Fläche F und dem Geschwindigkeitsgefälle (auch Schergefälle oder Scherrate γ genannt) $\frac{dv}{dx}$ proportional. Die auf die Fläche F bezogene Kraft K wird als Schubspannung τ bezeichnet. Für New-

ton'sche Flüssigkeiten ist der Quotient aus τ und γ konstant, und für die dynamische Viskosität gilt:

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma} \left[\frac{Ns}{m^2} \text{ bzw. Pa s} \right] \quad (7)$$

Der 10. Teil ist nach dem französischen Physiker POISEUILLE 1 Poise = 0,1 Ns/m². So beträgt die Viskosität von Wasser bei 20,2 °C 1 cP. Nicht-Newton'sche Flüssigkeiten weisen in der Fließkurve $\gamma = f(\tau)$ Abweichungen von der durch Gl. (7) gegebenen Proportionalität auf. Zur Beschreibung des dilatanten (Viskositäts-erhöhung mit zunehmendem Geschwindigkeitsgefälle) und strukturviskosen (Viskositätsabnahme bei Erhöhung des Geschwindigkeitsgefälles) Fließverhaltens schlugen Wo. OSTWALD und A. DE WAELE 1923/24 [23] die Gl. (8)

$$\gamma = K \tau^m \quad (8)$$

vor, die formal der Exponentengleichung nach FREUNDLICH entspricht.

Mitunter wird die auf die Dichte bezogene kinematische Viskosität $\frac{\eta}{d} \left[\frac{m^2}{s} \right]$

verwendet. Der 10000. Teil hiervon ist nach dem englischen Mathematiker und Physiker George C. STOKES (1819-1903) 1 Stokes = 1 $\frac{cm^2}{s}$. Die Firma SCHOTT-

Geräte gibt für ihre Kapillarviskosimeter (Katalog 268/2) einen Messbereich von 0,35 bis 10000 $\frac{mm^2}{s}$ (0,0035 bis 100 Stokes) an.

Zur exakten Ableitung der Gl. (5) [13, 24, 25] muss für das Geschwindigkeitsprofil in der Kapillare von einer parabolischen Form ausgegangen werden. Der Übergang von einer derartigen laminaren Strömung in die turbulente wird durch die Reynold'sche Zahl wiedergegeben. Da die bei der Herleitung von Gl. (5) geforderte Annahme, dass die Flüssigkeit das Rohr mit der Geschwindigkeit Null verlassen soll, nicht gilt, ist die kinetische Energie durch ein Korrekturglied zu berücksichtigen:

$$\eta = \frac{\pi r^4 h d g t}{8 V l} - \frac{V d}{8 \pi l t} \quad (9)$$

In seinen Ausführungen 1856 deutet G. WIEDEMANN schon die Notwendigkeit der später von E. HAGENBACH vorgenommenen und berechenbaren Korrektur an [13d]:

„Hr. Dr. Hagenbach in Basel, den ich hiermit für seine Hülfe bei dieser Untersuchung meinen Dank sage, ist in meinem Laboratorium mit einer genaueren experimentellen und mathematischen Betrachtung des vorliegenden Gegenstandes beschäftigt, weshalb ich mich auf die obige Andeutung beschränke.“

K. EDELMANN erklärt den abzuziehenden Term in Gl. (9) folgendermaßen [26a]: „Nach dem Durchfließen der Kapillare tritt die Flüssigkeit in Form eines Strahls in die Erweiterung ein. Damit wird die kinetische Energie in Wärme umgesetzt und nicht in hydrostatischen Druck. Daher erscheint der Druckunterschied, der zur Aufrechterhaltung der Kapillarströmung notwendig ist, und damit die Viskosität zu groß.“

1863 wurde E. HAGENBACH der Nachfolger von G. WIEDEMANN auf dem Baseler Lehrstuhl, und er hatte diesen bis zu seiner Amtsniederlegung 1906 inne.

Wilhelm OSTWALD äußert sich zum Hagenbach'schen Korrekturterm wie folgt [1e]: „Die Herleitung würde zu weit führen. Praktisch empfiehlt es sich immer, das Glied durch Verringerung der Geschwindigkeit zum Verschwinden zu bringen, was leicht geschieht, da es dem Quadrat derselben proportional ist. Daraus ergibt sich die Regel, dass es zweckmäßiger ist, mit weiteren Röhren und geringerem Drucke zu arbeiten als umgekehrt.“

Für das in Riga verwendete Pipettenskosimeter gibt W. OSTWALD das Korrekturglied mit 0,2 % an und verweist darauf, dass es bei relativer Bestimmung der Viskosität noch zu vernachlässigen sei. Mitunter wird in dem abzuziehenden Term in Gl. (8) noch ein Faktor gemäß der Couette'schen Korrektur (fiktive Verlängerung der Kapillare) für die Ausbildung der laminaren Strömung [26b] berücksichtigt.

Auf Variationen des Ostwald'schen Kapillarviskosimeter geht der Universitäts-Mechaniker Fritz KÖHLER (1869-1943) in seinen im Eigendruck erschienenen Katalogen ein. [27] So wurden in der Folge verschlossene Viskosimeterrohre gewählt, um das Eindringen von Wasserdampf zu verhüten. Ein geteiltes Rohr mit Ansatz, verbunden mit einem veränderten Ostwald'schen Reibungsrohr, wurde für die Untersuchung der Viskosität von Blut vorgeschlagen. Sieben Jahre war F. KÖHLER bei W. OSTWALD als Universitäts-Mechaniker tätig, ehe er sich 1904 selbständig machte.

Weiterentwicklungen des Ostwald-Viskosimeters

Beim Ostwald-Viskosimeter ändert sich der hydrostatische Druck zusätzlich durch das Ansteigen der Flüssigkeit nach der Biegung und ist von der jeweiligen Füllmenge abhängig. Weiterentwicklungen stellen das Ostwald-Fenske-Viskosimeter (Abb. 5a) (auch unter dem Namen Cannon-Fenske-Routine-Viskosimeter bekannt [3] - durch geringes Verkanten des Viskosimeters befindet sich die Untersuchungsflüssigkeit in einer Senkrechten) und das Ubbelohde-Viskosimeter (Abb. 5b). Durch den dritten Schenkel beim Ubbelohde-Viskosimeter bildet sich ein „hängendes Niveau“ aus, und die entgegen gerichteten Benetzungseigenschaften zum Festkörper kompensieren sich; das genaue Abmessen des einzufüllenden Volumens erübrigt sich, da sich der hydrostatische Druck beim Fließen der Flüssigkeit von der Marke M_1 bis zur Marke M_2 definiert ändert.

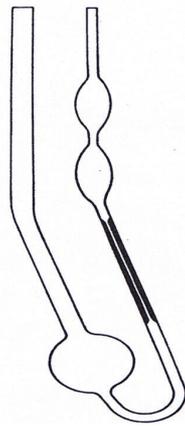


Abb. 5a
Das Ostwald-Fenske-Viskosimeter [26c]

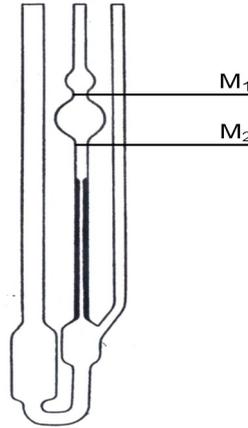


Abb. 5b
Das Ubbelohde-Viskosimeter [26c]

Durch Anbringen von Lichtschranken erfolgt heute die Zeitmessung elektronisch, und mit dem Ubbelohde-Viskosimeter lassen sich Zeiten mit einer Standardabweichung von 0,01 s bei 300 s Durchlaufzeit ermitteln [11]. Im Handel werden bevorzugt geeichte Ubbelohde-Viskosimeter mit der Angabe der Konstanten k und einer Hagenbach-Korrektur-Tabelle angeboten. Bei einer gemittelten Durchflusszeit von 180,00 s beträgt z. B. die Hagenbach-Korrektur 0,3 s (Schott – Geräte).

Kapillarviskosimeter mit variablem Fremddruck

In einer der ersten kolloidchemischen Promotionsarbeiten studierte Paul VON SCHROEDER 1903 bei W. OSTWALD im Physikalisch-chemischen Institut das Viskositätsverhalten von Gelatinelösungen mit und ohne Zusätzen von Säuren, Basen und Salzen in Abhängigkeit der Zeit. Sulfate erhöhten die innere Reibung und Chloride (Ausnahme $MgCl_2$) und Nitrate erniedrigten sie. Während OSTWALD für seine Untersuchungen Reibungsröhren wählte, die eine Durchlaufzeit von ca. 100 Sekunden für Wasser gewährleisteten, vergrößerte VON SCHROEDER die Kapillardurchmesser, um die zeitlichen Veränderungen der Sol-Gel Umwandlung der Gelatinelösung registrieren zu können. Die Ausflusszeit der Gelatinelösung wurde durch die fortschreitende Erstarrung erheblich verzögert [28]. „Strukturviskoses“ Verhalten konnte jedoch mit dem Ostwald-Viskosimeter noch nicht beobachtet werden. Erst mit W. R. HESS beginnen 1907 derartige Untersuchungen kolloidaler Lösungen durch Anwendung eines Fremddruckes.

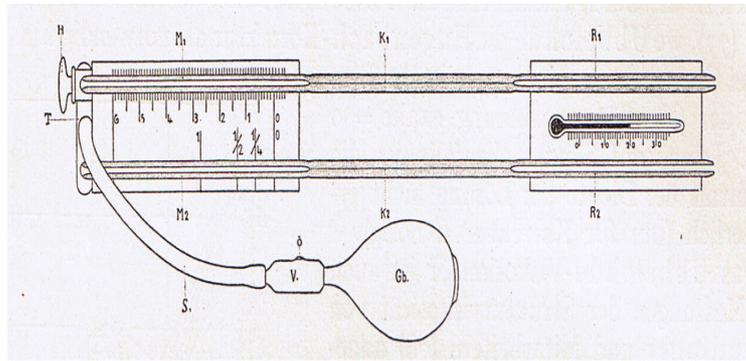


Abb. 6

Viskosimeter nach W. R. Hess

In [6e] heißt es: „Durch einen geeigneten Fremddruck wurde in zwei parallel liegenden Kapillaren das Lösungsmittel (Wasser) und die Lösung kurzzeitig durchgepresst. Da der Druck auf beiden Kapillaren derselbe ist, ergibt sich die relative Viskosität der Lösung als Verhältnis der Laufstrecke des Lösungsmittels zu der der Lösung.“

Diese grundsätzliche Anordnung ist von S. TSUDA verbessert worden und später von Wo. OSTWALD und H. MALSS aufgegriffen worden. Die Autoren [29] überstrichen einen Druckbereich von 6 Pa bis 6270 Pa, das entsprach einer Wassersäule von 0,06 cm bis 64 cm. Der unterschiedlich eingestellte Überdruck wurde mit Hilfe von zwei ca. 20 Liter fassenden Druckflaschen erzeugt, und etwa 2 cm³ Flüssigkeit wurden durch die horizontal liegenden Kapillaren gedrängt. Als Eichsystem wählten Wo. OSTWALD und H. MALSS Wasser/Glyzerin und erhielten für die Abhängigkeit der Schubspannung vom Geschwindigkeitsgefälle gemäß Gl. (7) einen konstanten Wert. Für Mischungen aus n-Hexan/Nitrobenzol, n-Hexan/Methanol, Phenol/Wasser oder Phenol/n-Hexan beobachteten sie in der Nähe der kritischen Entmischungstemperatur das Phänomen der Strukturviskosität und eine starke Zunahme der Viskosität bei kleinen Fließgeschwindigkeiten. Heute erreicht man mit modernen Rotations- oder Oszillationsrheometern Schubspannungen von 10⁵ Pa und kann die Schergeschwindigkeit von 10⁻⁷ s⁻¹ bis 10⁵ s⁻¹ variieren [4].

Literatur

- [1] OSTWALD, W.: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. 2. Aufl. Bd. I. Stöchiometrie. Leipzig: Engelmann, 1891. - [1a, S. 550]; [1b, S. 551]; [1c, S. 558]; [1d, S. 549]; [1e, S. 548]; [1f, S. 564]; [1g, S. 544].
- [2] Phywe Systeme GmbH & Co. KG Göttingen: Chemistry Laboratory Experiments, 2002.
- [3] Lauda Dr. R. WOBSE GmbH & Co. KG, Lauda-Königshofen: Prozessor Viskositäts System PVS 1, 1995.
- [4] GEHM, L.; KRAUSE, K.-H.: Marktübersicht: Viskosimetrie. Nachr. Chem. Tech. Lab. 42 (1994), 12, M1-M26.
- [5] ELIAS, H.-G.: Makromoleküle. Bd. 2. 6. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2001, S. 405.
- [6] PHILIPPOFF, W.: Handbuch der Kolloidwissenschaft. Bd. IX. Viskosität der Kolloide. Dresden; Leipzig: Steinkopff, 1942 - [6a, S. 365]; [6b, S. 52]; [6c, S. 58]; [6d, S. 169]; [6e, S. 64].
- [7] FÖRSTERLING, H.-D.; KUHN, H.: Praxis der Physikalischen Chemie. 2. Aufl. Weinheim: VCH, 1985, S. 212.
- [8] ARRHENIUS, S.: Über die innere Reibung verdünnter wässriger Lösungen. Z. phys. Chemie 1 (1887), S. 285-298.
- [9] JONES, G.; DOLE, M.: The viscosity of aqueous solutions of strong electrolytes with special reference to barium chloride. J. Amer. Chem. Soc. 561 (1929), S. 2950-2964.
- [10] FALKENHAGEN, H.: Das quantitative Grundgesetz der Viskosität starker binärer Elektrolyte. Phys. Z. 32 (1931), S. 745-764.
- [11] HÄRTLING, C.: Über die Abhängigkeit der relativen Viskosität von der Konzentration und der Temperatur bei verschiedenen, verdünnten wässrigen Elektrolytlösungen. Diss. Giessen, 1984.
- [12] GARTENMEISTER, R.: Die Zähigkeit flüssiger Kohlenwasserstoffverbindungen und ihre Beziehung zur chemischen Konstitution. Z. phys. Chemie 6 (1890), S. 524-551.
- [13] WIEDEMANN, G.: Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten im Kreise der geschlossenen galvanischen Säule und ihre Beziehungen zur Elektrolyse. Pogg. Ann. 99 (1856). - [13a, S. 177-233, 221]; [13b, S. 224]; [13c, S. 220]; [13 d, S. 217].
- [14] WAGNER, J.: Ueber die Zähigkeit von Salzlösungen. Wied. Ann. Phys. 18 (1883), S. 259-289.
- [15] WAGNER, J.: Untersuchungen über die innere Reibung von Flüssigkeiten. Z. phys. Chemie 5 (1890), S. 31-52.
- [16] WAGNER, J.: Über die innere Reibung von Lösungen. Z. phys. Chemie 46 (1903). - [16a, S. 867]; [16b, S. 874].
- [17] DUNSTAN, A. E.: Innere Reibung von Flüssigkeitsgemischen. Z. phys. Chemie 49 (1904), S. 590-596.
- [18] GRAHAM, T.: Phil. Trans. (1861), S. 373; zit. in [17].

- [19] BOECK, G.: Wilhelm Ostwald, Julius Wagner und die erste Professur für Chemiedidaktik in Deutschland. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 11 (2006), 3, S. 13-33.
- [20] HAGEN, G.: Ueber die Bewegung des Wassers in engen cylindrischen Röhren. Pogg. Ann. 46 (1839), S. 423-442.
- [21] POISEUILLE, J. L.: Experimentelle Untersuchungen über die Bewegung der Flüssigkeiten in Röhren von sehr kleinen Durchmessern. Pogg. Ann. 58 (1843), S. 424 - 448.
- [22] SCHILLER, L.: Drei Klassiker der Strömungslehre: Hagen-Poiseuille-Hagenbach. Leipzig: Akad. Verlagsges., 1933. - (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 237).
- [23] REHER, O.: Wolfgang Ostwald und die Strukturviskosität – ein Beitrag zur Herausbildung der Rheologie. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 5 (2000), 4, S. 46-53.
- [24] KRÖTZSCH, M.: Physikalisches Praktikum für Anfänger. Stuttgart; Leipzig: Teubner, 1992.
- [25] ALEXITS, G.; FENYÖ, S.: Mathematik für Chemiker. Leipzig: Geest & Portig, 1962.
- [26] EDELMANN, K.: Lehrbuch der Kolloidchemie. Bd. I. Berlin: Dt. Verl. der Wiss., 1962. - [26a, S. 117]; [26b, S. 116]; [26c, S. 118].
- [27] KÖHLER, F.: Fritz Köhler Apparate und Messinstrumente als wissenschaftliche Hilfsmittel für die Fortschritte der Physiko-Chemie-Forschung, Leipzig: Verl. Fr. Köhler, 1928/29.
- [28] VON SCHROEDER, P.: Über 41 Erstarrungs- und Quellungserscheinungen von Gelatine. Z. phys. Chemie 45 (1902), S. 80.
- [29] OSTWALD, Wo.; MALSS, H.: Über Viskositätsanomalien sich entmischender Systeme. I. Über Strukturviskosität kritischer Flüssigkeitsgemische. Kolloid-Z. 63 (1933), S. 61-77.

Zum Wilhelm Ostwald-Nachwuchspreis

Wolfgang Hönle

Bereits im Integrierten Konzept der Wilhelm Ostwald-Gesellschaft vom 11. April 2005 ist im Kapitel

6.3.8 *Wilhelm-Ostwald-Preis*

Im Rahmen der Wilhelm-Ostwald-Festtage soll ein von der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft gestifteter Wilhelm-Ostwald-Preis für die herausragenden wissenschaftlichen und publizistischen Leistungen bei der Erschließung, Bearbeitung und Veröffentlichung der Ostwald-Werke verliehen werden.

Es sollen Persönlichkeiten geehrt werden, die wesentlich zur Verbreitung des Lebenswerkes Ostwalds beigetragen und sich somit um die Pflege seines wissenschaftlichen Nachlasses verdient gemacht haben.

auf die Absicht verwiesen worden, einen Wilhelm-Ostwald-Preis zu stiften.

Das Kuratorium der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft hat auf seiner konstituierenden Sitzung diese Idee ebenfalls aufgegriffen, wie der nachfolgende Auszug aus dem Protokoll der konstituierenden Sitzung am 2. September 2005 zeigt:

Ergänzung zum Protokoll

Zum Projekt Wilhelm-Ostwald-Preis wird außerhalb der Sitzung von Herrn Prof. Offermanns und Herrn Prof. Ertl vorgeschlagen, den projektierten Wilhelm-Ostwald-Preis an Personen zu vergeben, die als Brückenschläger im Sinne von Wilhelm Ostwald Brücken zwischen verschiedenen Disziplinen bauen. Auf Vorschlag von Herrn Dr. Hönle könnte das Modell der Brücke der ehemaligen Brückenorganisation als Preis verwendet werden. Es wird auch an das SMWK die Bitte gerichtet, sich an den finanziellen Voraussetzungen für den Wilhelm-Ostwald-Preis zu beteiligen. Die Zielsetzung erlaubt, als Preisträger eine viel weitergehende Auswahl aus ganz unterschiedlichen Disziplinen zu treffen und damit auch den vielfältigen Facetten der Arbeiten von Wilhelm Ostwald Rechnung zu tragen.

Im Nachgang hatte der 1. Vorsitzende im Rahmen der Realisierung bereits Vorgespräche mit der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) und der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie (DBG) geführt. Die Sächsische Akademie der Wissenschaften, Leipzig hatte in einem Schreiben (25.10.2005) darauf hingewiesen, dass sie bereits seit vielen Jahren die Wilhelm-Ostwald-Medaille vergibt und bei der Vergabe eines gleichnamigen Preises um Vermeidung von Überschneidungen des Auszeichnungszweckes bittet.

Der damalige 1. Vorsitzende der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, Prof. W. Reschetilowski teilte in einem Antwortschreiben mit, dass der Wilhelm-Ostwald-Preis ausdrücklich als Nachwuchspreis vergeben und damit einen wirkungsvollen Beitrag zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses leisten wird. Daraufhin

antwortete der Präsident am 08.12.2005, dass „...dadurch der Wilhelm-Ostwald-Preis ein wirkliches Pendant zur Wilhelm-Ostwald-Medaille der Sächsischen Akademie wird, die ja in Anerkennung besonderer wissenschaftlicher Leistung, i.e. in der Regel eines wissenschaftlichen Lebenswerks, auf dem Gebiet der Natur- und Ingenieurwissenschaften verliehen wird“.

Auch die Kolloid- Gesellschaft vergibt einen Ostwald-Preis, allerdings benannt nach Wolfgang Ostwald, Sohn von Wilhelm Ostwald, für hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der reinen oder angewandten Kolloidwissenschaft. Jüngere Wissenschaftler sind jedoch ausgeschlossen.

<http://www.kolloidgesellschaft.uni-essen.de/pictures/preise.pdf>

An dieser Stelle sei auch auf die Wilhelm-Ostwald-Schülerpreise der LANU Sachsen verwiesen, die diese Preise jeweils anlässlich der Ausrichtung des Wettbewerbs „Jugend forscht“ vergibt.

Daher beschloss der Vorstand, einen Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis auszuloben. Die drei Gesellschaften, die sich an dem Preis finanziell und ideell beteiligen, einigten sich auf eine Preisgeldhöhe von 2500,00 €, geteilt in Fünftel (1000 € GDCH, 1000 € DBG, 500 € WOG), sowie auf eine Jury aus 5 Personen (2 Mitglieder benannt von der GDCH, 2 von der DBG, 1 von der WOG).

Die organisatorischen Aufgaben für die erste Auslobung wurden vom Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft übernommen.

Für die Jury benannte jede Gesellschaft ihre Vertreter. Diese waren:

GDCH: Prof. Dr. P. Mischnick (Braunschweig), Prof. Dr. H. Offermanns (Hanau)

DBG: Prof. Dr. K. Funke (Münster), Prof. Dr. R. Rühl (Berlin)

WOG: Dr. W. Hönle (Margstadt)

Die Auslobung:

Die drei Trägergesellschaften stimmten einen Auslobungstext ab, der nach Möglichkeit zum gleichen Zeitpunkt in den Organen der Gesellschaften (Mitgliederzeitschriften und Homepages) veröffentlicht werden sollte. Dazu kamen von der jeweiligen Gesellschaft herausgegebene Pressemitteilungen.

Die Ankündigung für den Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (WOG), Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCH) und der Deutschen Bunsengesellschaft (DBG) war sowohl in den Mitteilungsorganen der drei Gesellschaften als auch in zwei email-Aktionen an die Sächsischen Forschungseinrichtungen (Liste des SMWK Sachsen) bzw. über die email-Liste der zuständigen Personen für die Öffentlichkeitsarbeit der Max-Planck-Gesellschaft und dem Förderungsserver ELFI-Servicestelle für Elektronische Forschungsförderinformationen in der ELFI Gesellschaft für Forschungsdienstleistungen mbH <http://www.elfi.info/> veröffentlicht worden.



Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. (WOG), die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) und die Deutsche Bunsen-Gesellschaft (DBG) verleihen 2007 erstmals den Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis.

Der Preis wird für eine herausragende Dissertation oder gleichwertige Leistung verliehen, in der im Sinne Ostwalds Brücken zwischen ganz unterschiedlichen Disziplinen geschlagen werden. Die auszuzeichnende Arbeit darf zum Einsendeschluss nicht länger als zwei Jahre zurückliegen und der/die vorgeschlagene Wissenschaftler/in nicht älter als 33 Jahre alt sein.

Der Preis ist mit 2.500 € dotiert und mit einer zweijährigen kostenfreien Mitgliedschaft in den drei Gesellschaften verbunden. Der/Die Preisträger/in erhält Gelegenheit, seine/ihre Arbeit in einem Vortrag auf einer Tagung der drei Gesellschaften vorzustellen.

Vorschlagsberechtigt sind Hochschullehrer/innen. Die Vorschläge - bestehend aus der auszuzeichnenden Dissertation bzw. der gleichwertigen Leistung, einer Würdigung der wissenschaftlichen Arbeit des/der Nachwuchswissenschaftlers/in (1-2 Seiten) und einem kurzen Lebenslauf mit der Anschrift des/der Kandidaten/in - sind bis zum 31. März 2007 einzureichen beim Vorsitzenden der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, Dr. Wolfgang Höhle.

Dr. Wolfgang Höhle
Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe
Nöthnitzer Str. 40
01187 Dresden
E-Mail: hoenle@cpfs.mpg.de

Zum Einsendeschluss am 31. März 2007 waren insgesamt 14 Kandidaten/Innen benannt worden. Nun begann eine doch mühsame Arbeit zur Erstellung der Unterlagen, die das Ziel hatten, diese Unterlagen zeitnah allen Jurymitgliedern zukommen zu lassen.

Die meisten der eingegangenen Arbeiten von 7 weiblichen und 7 männlichen Kandidaten sind im Bereich der Chemie angesiedelt und begründen ihre Interdisziplinarität mit der Behandlung von Fragestellungen oder der Verwendung von spektroskopischen Methoden aus dem Bereich der Physik, der Biologie oder den Ingenieurwissenschaften. Zwei Arbeiten entstammen anderen Fachgebieten und schlagen eine Brücke zwischen Soziologie und Medizin bzw. Psychologie, Kunst und Tech-

nik. In der Diskussion, wie man mit diesen verschiedenen Kategorien von Arbeiten verfahren wolle, wurden die Kriterien für die Bewertung heraus gearbeitet. Es waren dies insbesondere:

Qualität der Arbeit, Originalität, Handwerkliche Qualität (wurden instrumentelle Methoden „nur“ genutzt, oder wurde auch apparativ Neues entwickelt), Interdisziplinärer Charakter, Zahl von Veröffentlichungen, Soziales Engagement.

Sämtliche Lebensläufe, Begründungen und evtl. eingereichte Veröffentlichungen wurden vervielfältigt und allen Jurymitgliedern gedruckt zur Verfügung gestellt, dazu kam jeweils eine CD-ROM mit den eingereichten Unterlagen und Dissertationen. Jedes Jurymitglied hatte nun die Aufgabe, seine eigene Reihung der drei ersten Kandidaten/Innen vorzunehmen und diese in der Jurysitzung zu begründen. Im Falle von Interessenkollisionen (schließlich waren die einreichenden Professoren evtl. Kollegen in der gleichen Stadt oder der gleichen Institution) wurde diese Reihung nur als beratend angesehen. Bei der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft stimmten die zwischenzeitlich gewählten neuen Vorsitzenden ebenfalls unabhängig vom Vertreter in der Jury ab, so dass das Votum auf einer Basis von 7 Personen beruhte.

Die Terminfindung für die beratende Sitzung gestaltete sich etwas schwierig, zumal zwei Vertreter zahlreiche Gremientermine zu bewältigen hatten (Die ursprünglich geplante Sitzung anlässlich der DBG-Tagung in Graz wurde nicht zuletzt auch aus Kostengründen verschoben).

Mit genügend großem zeitlichen Vorlauf erfolgte dann am 18. Juni 2007 auf Einladung der DBG im Hause der DECHEMA in Frankfurt die Entscheidung. Nach ausführlicher Diskussion und Beratung wurde folgender Beschluss gefasst:

Der Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2007 wird an Frau Dr. Domke, Berlin, für Ihre Arbeit „Tip-enhanced Raman spectroscopy - Topographic and chemical information on the nanoscale“ vergeben.

Die Kommission beschloss, dass auf Grund der Exzellenz der Arbeit von Frau Dr. Vöhringer auch diese Arbeit eine besondere Würdigung erfahren soll, da das bearbeitete Thema eine große Bedeutung für die Interdisziplinäre Forschung hat.

Von einer Aufteilung des Preises wurde Abstand genommen. Beiden Preisträgerinnen sollen in einer gemeinsamen Festveranstaltung in Großbothen zusammen mit den Vertretern der Gesellschaften ausgezeichnet werden. Die einleitenden Grußworte (u.a. Staatsministerin SMWK Sachsen) sollen auf die Interdisziplinären Arbeiten von Wilhelm Ostwald hinweisen.

Herr Hönle erarbeitete zwei Entwürfe für die Urkundengestaltung, die ebenfalls in der Jury zur Abstimmung gebracht wurden. Die Verleihung der Preise erfolgte im Anschluss an die Mitgliederversammlung am 9. Februar 2008 im Haus „Werk“ in Großbothen.

Leider konnte Frau Staatsministerin nicht teilnehmen, jedoch wurden die Grußworte verlesen. Prof. Ertl hielt die Laudatio auf seine Schülerin Dr. Domke, Prof. Papp führte Dr. Vöhringer ein.

Die Preise wurden durch die drei Vertreter der Trägergesellschaften (Prof. K. Funke (DBG), Prof. Dr. G. Liebich (GDCh) und Prof. Dr. H. Papp (WOG)) überreicht.

Schlussbemerkungen

Die Jury weist darauf hin, dass die Verleihung des Nachwuchspreises an Frau Dr. Domke zeitlich sehr viel eher geschah, bevor der nominierende Hochschullehrer (Prof. G. Ertl) den Nobelpreis für Chemie des Jahres 2007 verliehen bekam. Da der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zur Preisverleihung auch gerne Herrn Prof. Ertl, der langjähriges Mitglied des Kuratoriums der WOG ist, begrüßen wollte, wurde die Preisverleihung anlässlich der Mitgliederversammlung der WOG im Februar 2008 durchgeführt.

Nachfolgend sind die beiden Urkunden, die Kurzfassungen der beiden Arbeiten sowie einige Bilder abgedruckt.

Danksagung

Mir bleibt an dieser Stelle der Dank an die beiden Gesellschaften und den beteiligten Mitarbeitern – insbesondere den beiden Geschäftsführern, den Jurymitgliedern für die Mühe der Votierungen und auch den nicht berücksichtigten nominierten jungen Kolleginnen und Kollegen sowie den Mitgliedern der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft.

Dem Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden danke ich im Namen aller für die gewährten Sachbeihilfen in Form von Verbrauchsmaterial und Arbeitszeit.

Einladung zur Verleihung

des

Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2007

an Frau Dr. Katrin F. Domke

und des

Anerkennungspreises 2007

an Frau Dr. Margarete Vöhringer

am Samstag, den 9. Februar 2008 um 14.00h in Großbothen, Haus Werk

Programm

Begrüßung: Prof. Dr. Helmut Papp, Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft

Grußworte:

Frau Dr. Eva-Maria Stange, Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst,
angefragt

Frau Dr. Gisela Liebich, stellvertretende Präsidentin der Gesellschaft Deutscher
Chemiker

Prof. Dr. Klaus Funke, Mitglied im Ständigen Ausschuss der Deutschen
Bunsengesellschaft

Prof. Dr. Martin Schlegel, Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen
Nachwuchs, Universität Leipzig

Vorstellung von Frau Dr. Katrin Domke durch Prof. Dr. Gerhard Ertl, FHI Berlin

Vortrag „Tip-enhanced Raman spectroscopy – Topographic and chemical
information on the nanoscale“, durch die Preisträgerin Frau Dr. Katrin Domke

Vorstellung von Frau Dr. Margarete Vöhringer durch Prof. Dr. Helmut Papp

Vortrag „Avantgarde und Psychotechnik – Wissenschaft, Kunst und Technik der
Wahrnehmungsexperimente im postrevolutionären Russland“, durch die
Preisträgerin Frau Dr. Margarete Vöhringer

Urkundenübergabe an die Preisträgerinnen



Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis

Der Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2007 wird verliehen an

Frau Dr. Katrin F. Domke

aus Bonn für Ihre Dissertation mit dem Titel

Tip-enhanced Raman spectroscopy – Topographic and chemical information on the nanoscale

Katrin Domke hat in ihrer Dissertation die Stärken der RAMAN-Spektroskopie mit denen der Rastertunnelmikroskopie kombiniert und durch ihre systematischen Untersuchungen das Potential dieser faszinierenden Methode der "Spitzenverstärkten RAMAN-Spektroskopie" (TERS) für die Analyse von Oberflächenadsorbaten weiter erschlossen. Sie hat mit hoher Kompetenz im theoretischen wie im handwerklichen Bereich die zugrundeliegenden physikalischen Phänomene unter kritischer Berücksichtigung apparativer Aspekte auf chemische Problemstellungen erfolgreich angewandt und die Grenzen bis hin zum Einzelmolekülnachweis ausgetestet.

Deutsche
Bunsen-Gesellschaft

Wilhelm-Ostwald
Gesellschaft

Gesellschaft Deutscher
Chemiker

.....
Die Erste Vorsitzende

.....
Der Vorstand

.....
Der Präsident



Spitzenverstärkte Ramanspektroskopie: Einblick in Form und Funktionalität von Molekülen an Metalloberflächen

Katrin F. Domke

Das junge Forschungsgebiet der Plasmonik, das sich mit der Wechselwirkung von Licht mit oszillierenden Elektronen in Metalloberflächen oder -partikeln beschäftigt, gewinnt zunehmend an Bedeutung in der Oberflächenforschung. Das Konzentrieren von (sichtbarem) Licht auf nanometergroße Bereiche durch Anregung lokalisierter Oberflächenplasmonen eröffnet völlig neue Forschungswege, da das Abbe-Limit von $\lambda/2$, das die Auflösung des optischen Fernfeldes begrenzt, keine Rolle mehr spielt. Mit auf Plasmonenanregung basierender spitzenverstärkter Ramanspektroskopie wurde ein langerwartetes Ziel in der Oberflächenforschung erreicht: Topographische und chemische Informationen über Adsorbat(sub)monolagen bis hin zu einzelnen Molekülen auf atomar flachen Substraten werden mit Hilfe der eleganten Kombination von Rastertunnelmikroskopie und Ramanspektroskopie gleichzeitig gewonnen (Abb. 1).

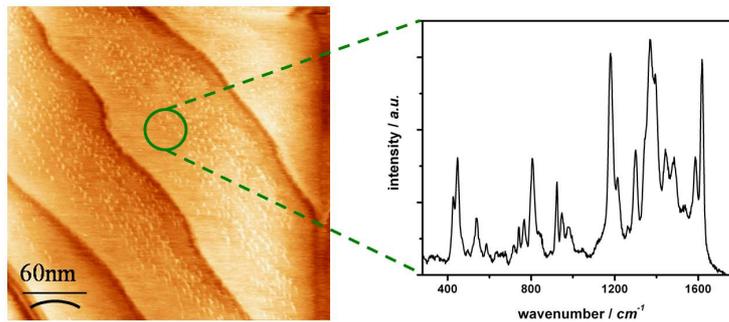


Abb. 1

Die Kombination von Rastertunnelmikroskopie und Ramanspektroskopie erlaubt es, gleichzeitig chemische und topographische Informationen über nanometer-große Oberflächenbereiche zu gewinnen.

Ramanspektroskopie ist eine äußerst attraktive Technik zur Untersuchung von Molekülen, da der Raman-Fingerabdruck ein Molekül und seine Wechselwirkung mit der Umgebung präzise charakterisiert. Aufgrund des kleinen Raman-Streuquerschnittes (10^{-29} to 10^{-25} cm²) benötigt man jedoch eine ausreichend große Anzahl von Probenmolekülen, so dass normale Ramanspektroskopie an Volumenproben wie Pulvern oder hochkonzentrierten Lösungen durchgeführt werden muss. Wie kann man es schaffen, Ramanspektren von Adsorbatmonolagen an Metalloberflächen zu erhalten?

Vor etwa 30 Jahren wurde entdeckt, dass Ramanspektren von einer einzelnen Molekülschicht, die auf einer rauen oder aufgerauten Silberoberfläche adsorbiert ist, unerwartet große Intensitäten aufwiesen [1]. Diese oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie (engl. surface-enhanced Raman spectroscopy, SERS) gründet sich auf die Anregung lokalisierter Oberflächenplasmonen und das daraus resultierende Nahfeld, mit dessen Hilfe der Streuprozess am untersuchten Adsorbatmolekül verstärkt wird [2]. Allerdings ist SERS auf die Verwendung von Ag, Cu oder Au als Substratmetall begrenzt, da bei diesen die Anregung der Oberflächenplasmonen im sichtbaren Wellenlängenbereich stattfindet [3]. Zudem können von atomar glatten (z.B. Einkristall-) Oberflächen keine SER-Spektren gewonnen werden, weil die Impulserhaltung nicht gegeben ist [4].

Mit Hilfe von spitzenverstärkter Ramanspektroskopie (engl. tip-enhanced Raman spectroscopy, TERS) werden diese Limitierungen überwunden [5, 6]. Dazu wird an einer atomar glatten Fläche eine künstliche Rauigkeit erzeugt, in dem man eine feine Metallspitze, meist aus Silber oder Gold, in nanometerkleinem Abstand zur untersuchten Oberfläche positioniert. Dies geschieht beispielsweise durch Annäherung der Spitze eines Rastertunnelmikroskops (engl. scanning tunneling microscope, STM) in Tunnelkontakt zur Probenoberfläche, auf der sich das Adsorbat befindet. Der anregende Laserstrahl wird auf das Spitzenende fokussiert und regt dort lokalisierte Oberflächenplasmonen, sogenannte Gap- Moden, an, die ein starkes elektromagnetisches Nahfeld unterhalb der Spitze erzeugen. Nur die Adsorbatmoleküle, welche sich in diesem konzentrierten Feld befinden, streuen verstärkt Ramanlicht (Abb. 2). Zusätzlich kann mittels aufgenommener STM-Bilder ein Einblick in die Struktur der Oberfläche gewonnen werden. Durch die Korrelation von chemischem Fingerabdruck und topographischer Information gelingt eine präzise Charakterisierung der Probe.

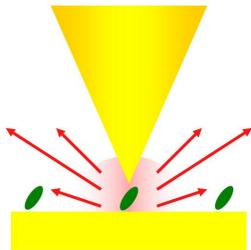


Abb. 2

Die Anregung lokalisierter Oberflächenplasmonen oder sogenannter Gap-Moden erzeugt ein starkes elektromagnetisches Feld unterhalb der goldenen STM-Spitze. Nur die Moleküle, welche sich in diesem Nahfeld befinden, werden verstärkt zur Streuung angeregt.

Eine wichtige Frage, die es zu beantworten gilt, ist diejenige nach der Ausdehnung des Nahfeldes und damit nach der (optischen) Auflösung von TERS. Legt man ein einfaches theoretisches Dipolmodell mit einer Nahfeld-Abstandsabhängigkeit von $1/R^3$ zugrunde, erwartet man, wie im Detail von PETTINGER et al. beschrieben, [7] eine laterale Ausdehnung des Nahfeldes in der Größe etwa eines halben Spitzendurchmessers. Experimentell wurde für eine STM-Spitze mit 20 nm Radius eine optische Auflösung von 9 nm gefunden, [8] was dem theoretischen Modell sehr nahe kommt. Die Ausdehnung des Nahfeldes in z-Richtung

senkrecht zur Oberfläche unterhalb der Spitze kann ebenfalls mit diesem Dipolmodell beschrieben werden, wie sich an der überraschend guten Übereinstimmung der experimentellen Daten mit dem einfachen Modell zeigt [9]. Mit größer werdendem Abstand z zwischen Tunnelspitze und Metallsubstrat nehmen die Banden- und die Hintergrundintensitäten der TER-Spektren im Bereich von $z = 1$ bis 7 nm mit $1/z$ [10] steil ab (Abb. 3). Dies ist ein direkter Hinweis auf die den hohen Streuintensitäten zugrunde liegende elektromagnetische Nahfeld-Verstärkung. Die Blauverschiebung des Energie-Maximums des spektralen Hintergrunds, die in den TERS-Spektren deutlich zu erkennen ist, visualisiert zudem die Frequenzverschiebung der Gap-Resonanz mit zunehmendem Abstand zwischen Spitzen und Probe.

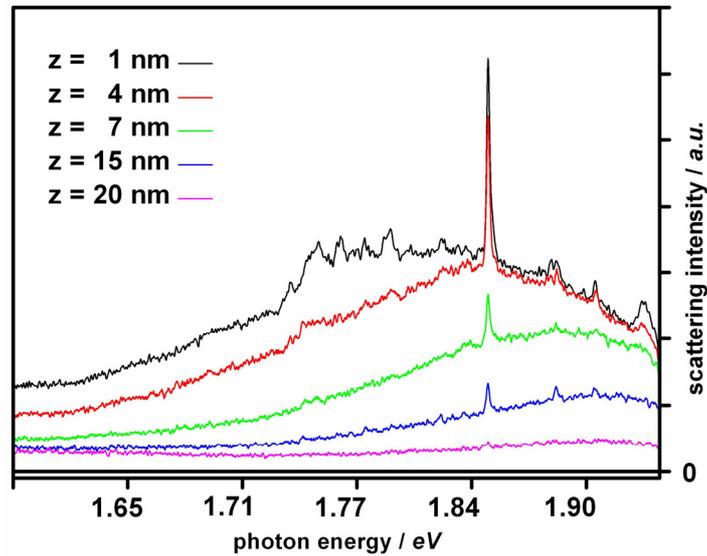


Abb. 3

Mit sich vergrößerndem Abstand z zwischen Spitze und Probe nehmen Banden- und Hintergrundintensität exponentiell ab. Die Verschiebung des Hintergrund-maximums visualisiert die Abhängigkeit der Plasmonenresonanz von z .

Untersuchte Adsorbate weisen typischerweise Molekülgrößen im Bereich von 1 nm^2 (z.B. Farbstoff Malachitgrün-Isothiocyanat, MGITC) bis zu ca. 0.4 nm^2 (z.B. DNA Basen) auf, so dass sich bei Vollbedeckung ca. 300 bis 800 Moleküle im Nahfeldbereich befinden und zum TERS-Signal beitragen. Um die Nachweisgrenze von TERS bis hin zu einzelnen Molekülen auszuloten, wurde eine Studie mit unterschiedlichen Bedeckungsgraden (ca. eine bis $1/100$ Monolage) von resonantem* MGITC an Au(111) durchgeführt (Abb. 4).

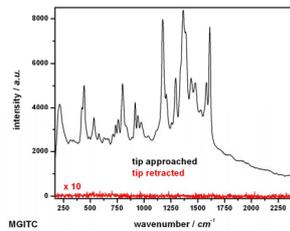


Abb. 4

Um ein Ramanspektrum einer Monolage MGITC/Au(111) zu erhalten, muss die STM-Spitze in Tunnelkontakt, d.h. auf ca. 1 nm Abstand, an die Probe angenähert werden. Ohne Spitze zeigt selbst dieser resonante Farbstoff kein messbares Raman-signal.

Auch bei niedrigster Bedeckung konnten TER-Spektren gewonnen werden, die den charakteristischen Raman- Fingerabdruck von MGITC zeigen und eine eindeutige Identifizierung eines einzelnen Adsorbatmoleküls erlauben [10]. Molekülcluster aus drei oder mehr Molekülen können anhand der STM-Bilder ausgeschlossen werden. Für die DNA Base Adenin wurde eine Nachweisgrenze ermittelt, die mit etwa 130 Molekülen rund zwei Größenordnungen höher liegt, was auf fehlende Resonanzverstärkung zurückzuführen ist [11].

Der für die oben erwähnten Experimente verwendete TERS-Aufbau ist ein sogenannter 60°-Aufbau, bei dem ein Objektiv als Fokussierungs- und Sammeloptik in 60° zur Oberflächennormale angebracht ist und der auf Arbeiten an Luft beschränkt ist. In Anlehnung an einen experimentellen Aufbau für Nahfeld-Mikroskopie von MEIXNER et al. [12] wurde ein neuer TERS-Aufbau mit Parabolspiegeloptik für Experimente unter elektro-chemischen Bedingungen oder im Ultrahochvakuum [13] konzipiert, um eine bessere Kontrolle der Arbeitsumgebung zu gewährleisten. In wohldefinierter Atmosphäre können beispielsweise Ausbleichreaktionen, wie sie häufig beim Arbeiten mit Farbstoffen in O₂-reicher Umgebung auftreten, durch Sauerstoffausschluss verlangsamt werden. Die Entwicklung eines TER-Spektrometers für Arbeiten an potentialkontrollierten fest/flüssig Grenzphasen stößt bei Elektrochemikern auf großes Interesse, da TERS, im Vergleich zur häufig verwendeten Infrarotspektroskopie, ein breiteres spektrales Fenster bietet und unempfindlich gegenüber störender Streuung am (wässrigen) Elektrolyten ist.

Die hier vorgestellten Arbeiten wurden am Fritz-Haber-Institut (Berlin) der Max-Planck-Gesellschaft durchgeführt. Die vollständige Dissertation kann von <http://www.diss.fu-berlin.de/2006/656/indexe.html> heruntergeladen werden.

Literatur

* Die verwendete Anregungswellenlänge von 632.8 nm liegt genau im Absorptionsmaximum von MGITC, so dass zusätzlich zur elektromagnetischen eine Resonanzverstärkung vorliegt.

- [1] FLEISCHMANN, M.; HENDRA, P. J.; MCQUILLAN, A. J.: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 3 (1973), S. 80–81.
- [2] JEANMAIRE, D. L.; VAN DUYN, R. P. J. *Electroanal. Chem.* 84 (1877), S. 1–20.
- [3] GOAD, D. G. W.; MOSKOVITS, M.: *J. Appl. Phys.* 49 (1978), S. 2929–2934.
- [4] WEITZ, D. A.; GAROFF, S.; GERSTEN, J. I.; NITZAN, A.: *J. Chem. Phys.* 78 (1983), S. 5324–5338.
- [5] WESSEL, J.: *J. Opt. Soc. Am. B.* 2 (1985), S. 1538–1541.
- [6] STÖCKLE, R. M.; SUH, Y. D.; DECKERT, V.; ZENOBI, R.: *Chem. Phys. Lett.* 318 (2000), S. 131–136.
- [7] PETTINGER, B.; REN, B.; PICARDI, G.; SCHUSTER, R.; ERTL, G.: *J. Raman Spectrosc.* 36 (2005), S. 541–550.
- [8] STEIDTNER, J.; PETTINGER, B.: Submitted (2008).
- [9] PETTINGER, B.; DOMKE, K. F.; ZHANG, D.; SCHUSTER, R.; ERTL, G.: *Phys. Rev. B.* 76 (2007), S. 113409.
- [10] DOMKE, K. F.; ZHANG, D.; PETTINGER, B.: *J. Am. Chem. Soc.* 128 (2006), S. 14721–14727.
- [11] DOMKE, K. F.; ZHANG, D.; PETTINGER, B.: *J. Am. Chem. Soc.* 129 (2007), S. 6708–6709.
- [12] LIEB, M. A.: *Mikroskopie mit Parabolspiegeloptik*. PhD thesis, Universität Siegen, 2001.
- [13] STEIDTNER, J.; PETTINGER, B.: *Rev. Sci. Instrum.* 78 (2007), S. 102104.

Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis

Der Anerkennungspreis der drei auszeichnenden Gesellschaften im
Rahmen der Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises
2007 wird verliehen an

Frau Dr. Margarete Vöhringer

für Ihre Dissertation mit dem Titel

**Avantgarde und Psychotechnik –
Wissenschaft, Kunst und Technik der
Wahrnehmungsexperimente im
postrevolutionären Russland**

Margarete Vöhringer eröffnet an Hand von Beispielen aus der Architektur, der
Psychologie und der Filmkunst einen neuen Blick auf die komplexen
Verflechtungen von Kunst und Wissenschaft in der zeitgeschichtlich
spannenden Epoche des Russlands der zwanziger Jahre.

Deutsche
Bunsen-Gesellschaft



Wilhelm-Ostwald
Gesellschaft



Gesellschaft Deutscher
Chemiker



Avantgarde und Psychotechnik. Wissenschaft, Kunst und Technik der Wahrnehmungsexperimente im postrevolutionären Russland

Margarete Vöhringer

„Avantgarde und Psychotechnik“ ist die kürzeste Formel einer Bewegung der 20er Jahre in Russland, die ihren Ausgang um 1900 in Deutschland genommen und bis heute weltweit kein Ende gefunden hat – der rasanten Verbreitung von psychologischen Praktiken außerhalb der Psychologie. In Form von Fahrprüfungen, Sehtests, Berufseignungstests, Soldaten- und Pilotenübungen, Werbe- und Produktgestaltung wurde die experimentelle Psychologie von Hugo MÜNSTERBERG für alle möglichen Bereiche der Industrie weiter entwickelt.

Doch das Testen der visuellen und ergonomischen Wirkungen von Farben, Tönen und Formen hat viele Disziplinen gefunden, auch solche, die zunächst völlig uneffizient erscheinen – die Avantgarde-Künste. Ausgerechnet im jungen sozialistischen Russland, wo der Taylorismus die Elektrifizierung des ganzen Landes voran bringen sollte, fand die Psychotechnik ihre tatkräftigsten Vertreter: einen Architekten, der für sein „Psycho-technisches Labor für Architektur“ eigens Wahrnehmungsapparate baute; einen Filmemacher, der in Ivan PAVLOVS Labor einen Film drehte, um im Kino Augenreflexe zu erzeugen; einen Philosophen, der kollektive Bluttransfusionen durchführte, um psychisch erkrankte Arbeiter zu heilen.

So unterschiedlich diese Ansätze erscheinen mögen, sie zeugen alle von einer noch gänzlich unbekanntem Experimentalkultur, die kleine, alltägliche Mittel fand, Menschen auf mehr oder weniger subtile Weise miteinander in Verbindung zu setzen, ihre Gedanken und Gefühle in Einklang zu bringen – und das heißt nicht zuletzt, auf eine scheinbar positive Weise Macht auf sie auszuüben.

Ausgangspunkt meiner Untersuchungen war die Beobachtung, dass die Russische Revolution den Impuls für eine fundamentale Rekonfiguration aller Disziplinen gegeben hat, die dem Neuen Regime als bedeutungsvoll erschienen. So entstand eine interdisziplinäre Situation, die den Transfer von Methoden und praktischem Wissen insbesondere zwischen Bereichen ermöglichte, die zunächst völlig unvereinbar erschienen, zwischen Künsten und Lebenswissenschaften wie der Psychologie, Physiologie, Architektur und Film. Die Folgen dieses Transfers, so die These der Arbeit, können in der Verbreitung einer damals noch jungen wissenschaftlichen Anwendung gesehen werden – der Psychotechnik. Sie versprach die Konstruktion einer neuen Welt für den neuen, revolutionierten Menschen und zugleich die Konstruktion einer besseren Wahrnehmung dieser Welt.

Neben einer Neueinschätzung der Klassischen Avantgarde und so berühmter Vertreter wie VERTOV, EISENSTEIN, LE CORBUSIER und EL LISSITZKY versucht diese Arbeit zu zeigen, wie diese trivialen Machtmechanismen entlang

von künstlerischen und wissenschaftlichen Praktiken zu beschreiben und ihre sozialen und ästhetischen Folgen über die Grenzen der Disziplinen hinweg nachzuvollziehen sind. Der Blick auf die Praktiken kehrt völlig unbekannte Zusammenhänge zwischen deutschen und russischen Institutionen am Horizont der Diktaturen hervor, entdeckt international renommierte wissenschaftliche Unternehmungen wie PAVLOVS Konditionierung als fragwürdige empirische Herumtasterei und verleiht scheinbar freien künstlerischen Projekten eine erschreckende politische Wirkkraft. Dabei zeigt sich nicht zuletzt, wie wörtlich es die sozialistischen Parteiführer mit dem „Grossen Experiment Kommunismus“ genommen haben, wie viel dafür aus den Experimentalwissenschaften abgeleitet wurde und was davon bis heute auch außerhalb Russlands noch übrig geblieben ist.

Die Arbeit ist am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte (Berlin) und der Humboldt-Universität zu Berlin entstanden.



Abb. 1
Prof. G. Ertl (rechts) und Prof. H. Papp (links)



Abb. 2
Preisträgerinnen Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2007: Dr. K. Domke (rechts) und
Anerkennungspreis 2007 Dr. M. Vöhringer (links)



Abb. 3
Prof. G. Ertl bei seiner Laudatio von Dr. K. Domke



Abb. 4
Die beiden Preisträgerinnen und Prof. Ertl



Abb. 5
Preisübergabe an Dr. K. Domke durch Prof. Liebich und Prof. Funke

Gretel Brauer

Beate Bahnert

23. Dezember 1918 – 6. September 2008

Am 6. September starb Gretel Brauer, wenige Monate vor Vollendung ihres 90. Lebensjahres. Damit geht eine Ära zu Ende: Sie war das letzte der neun Enkelkinder Wilhelm Ostwalds, Tochter von dessen Tochter Elisabeth, und auch die letzte, die noch von persönlichen Begegnungen mit ihm berichten konnte.



Aber es wäre nicht richtig, Gretel Brauer auf den berühmten Großvater zu »reduzieren«, auch wenn er gleich Nobelpreisträger und ein Universalgenie war! Sie selbst war eine ungewöhnlich reiche, vielseitige Persönlichkeit, die andere freigiebig an ihren Schätzen teilhaben ließ und sich unerschrocken und unermüdlich zu Wort meldete. Dabei blieb sie als Mensch immer bescheiden und war bis zuletzt bereit, von anderen zu lernen. Sie sprühte von Ideen und hat von ihren Erinnerungen zum Glück vieles aufgeschrieben und veröffentlicht. Was und wen sie alles bewegte, ließe sich sinngemäß in ein Bild bringen, mit dem Ostwald die Wissenschaft charakterisiert: „(Die Wissenschaft ist) ein Land, welches die Eigenschaft hat, um so mehr Menschen beherbergen zu können, je mehr Bewohner sich drin sammeln.; sie ist ein Schatz, der um so größer wird, je mehr man ihn teilt.“ (Chemical News 1898) Wenn für Ostwald zutrifft, dass er seine Gedanken beim Spaziergehen und Wandern entwickelte, so trifft für seine letzte Enkeltochter bestimmt zu, dass Wege beim Gehen entstehen. Ein Netz unterschiedlicher Wege kennzeichnet ihr Leben, die alle in Großbothen zusammenliefen, auf der Ostwaldschen „Energie“.

Margarete Brauer wurde in Miltitz bei Leipzig geboren. Sie war das vierte Kind und die einzige Tochter des Chemikers Eberhard Brauer und seiner Frau Elisabeth geb. Ostwald. Nach dem Besuch der Volksschule und der Servièreschen höheren Mädchenschule in Leipzig wurde sie zur staatlich geprüften Erzieherin ausgebildet, arbeitete später in Kindergärten und Kinderheimen. Dabei entdeckte sie ihre Liebe für Werkarbeit und lernte von Grund auf Nähen, Spinnen, Weben, Buchbinden, überhaupt alle kunstgewerblichen Techniken. Das kam ihr und anderen nicht nur nach 1945 zugute (sie war 1938 nach Großbothen gezogen), sondern auch später, als sie mit viel Findigkeit, Solidität und einigem Improvisationstalent daran ging, Ostwalds Nachlass für Besucher anschaulich darzustellen.

Ab 1950 arbeitete sie im Maschinen- und Apparatebau Grimma im Labor, später prüfte sie Schweißnähte mit Röntgen- und Ultraschalltechnik. Nach fünf Jahren Abendstudium hatte sie sich dann zum Ingenieur für Chemischen Apparatebau qualifiziert. Auch wenn sie das damals noch nicht ahnen konnte – das technische Verständnis half ihr später beim Erfassen und Erklären chemisch-technischer Vorgänge und ließ sie unbefangen und praktisch mit Ostwalds Apparaturen in seinem Großbothener Laboratorium umgehen, bis hin zum berühmten Urthermostaten, den sie viel später von Studenten nachgebaut bekam und der ihr aus der Überlieferung ihrer Eltern als ein gewisses „Mühlchen“ zum Wärmen von Würstchen bei studentischen Festen in vager Erinnerung gewesen war...

In ihrer Familienerinnerung gab es natürlich auch den gütigen Großvater. »Liebes Grettelein, lerne schön zeichnen und malen; das wird Dir Freude machen und Deinem Opapa Wilhelm Ostwald«, hatte er ihr 1929 ins Poesiealbum geschrieben. Was der Opapa für ein Mensch war, konnte sie erst viel später begreifen. Dabei halfen ihr die kindlichen Erinnerungen ebenso wie die Überlieferungen der Menschen, die sie gut kannte, aus der Familie, dem Dorf Großbothen und dem wissenschaftlichen Umfeld Ostwalds. Mit den Nachkommen von Arrhenius und van't Hoff war sie befreundet und baute das Beziehungsnetz immer weiter aus. Es wurde fruchtbar, weil sie immer hinter Einrichtungen, Organisationen und Institutionen, und seien sie noch so berühmt, die Menschen sah. Aber gehen wir noch einige Zeit zurück:

Einige Jahre war Gretel „nicht berufstätig“ gewesen, um ihre Mutter zu pflegen und den kleinen Enkelsohn zu betreuen, weil ihre Tochter auswärts studierte. Als ihre Mutter 1968 gestorben war, drohte Gretel die Kündigung des Wohnraums im Haus „Energie“, denn das zugesicherte Wohnrecht für die Kinder Ostwalds betraf sie als Enkelin damals nicht mehr. Da bekam sie ein Angebot für eine Tätigkeit als Wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Institut für Lacke und Farben, das inzwischen Eigentümer des Ostwaldschen Grundstückes war und im „Glückauf“ wie im „Werk“ ein Labor zur Farbrezeptierung betrieb. So konnte sie als Betriebsangehörige weiter Wohnraum im großelterlichen Haus nutzen.

Vor allem aber begann, zunächst eher unbeabsichtigt, die Annäherung von Gretel Brauer an Wilhelm Ostwald und damit ein Prozess, der wieder Leben in Ostwalds Archiv und seinen gesamten Nachlass im weitesten Sinne brachte. Was

bis in die letzten Jahre entstand, ist in erster Linie Gretel Brauer zu verdanken und wurde von ihren Kindern Karl und Annels Hansel fortgeführt.

Das Archiv war von Ostwalds Tochter Grete eingerichtet worden. Diese bewundernswerte Frau war 1960 gestorben. (Gretel Brauer war die einzige, die später auch deren Andenken würdigte und belebte.) 1972 bekam Gretel Brauer von ihrem Arbeitgeber, bei dem sie bis 1983 angestellt war, die „Schlüsselgewalt“ übers Archiv. Sie fand vor, was jeder Außenstehende vorgefunden hätte: fünf verlassene Archivräume mit der Bibliothek, verschlossene Schränke, Schreibtisch, Tisch und zwei Sessel. Wenn sich Besucher durch „Lacke und Farben“ ansagten, durfte sie Staub wischen und lüften. Als die Akademie der Wissenschaften der DDR am 22. 10. 1974 die Archiv- und Arbeitsräume zur Gedenkstätte erklärt hatte, durfte Gretel Brauer nach ihrem Arbeitsschluss und am Wochenende Besucher durch die Räume führen. Erst ab dem 1. Januar 1984 wurde sie - bereits im 67. Lebensjahr - von der Akademie der Wissenschaften der DDR als Leiterin der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte angestellt. Kaum zu glauben, denn wer Gretel Brauer dort erlebt hat, meint, dass sie von Geburt an nirgendwo anders hingehörte.

Aber nicht erst mit der Anstellung, sondern bereits seit 1972 hatte sie die Neugier in Ostwalds Arbeits- und Lebensräumen gepackt. „Es gibt nichts Langweiligeres als die Betrachtung von Dingen, an die man keine Fragen stellen kann“, hatte Ostwald einst geäußert. Gretel hatte viele Fragen. Auf die meisten Antworten brachten sie die Besucher selbst, indem sie sie immer wieder zum Nachschlagen animierten. Sie ließ nicht locker und schaffte es mit der Zeit, den Gästen einen lebendigen Wilhelm Ostwald zu zeigen, der scheinbar nur gerade mal nach nebenan gegangen war. Dieses Konzept bestimmte die Gedenkstätte bis zur Neugestaltung vor zwei Jahren. Es wurde Gretel immer mehr zu Beruf und Berufung, Hüterin des Erbes und Vermittlerin beim Kennenlernen der Persönlichkeit Wilhelm Ostwalds zu sein. „Dass ich hier eine Aufgabe von solchem Ausmaß bekommen könnte, ahnte ich anfangs nicht. Aufgabe und daraus zurückstrahlendes Glück wuchsen jedoch um die Wette“, sagte sie selbst rückblickend.

Seit Gründung der Gedenkstätte verbündete sich Prof. Hermann Berg aus Jena mit Gretel Brauer in dem Bemühen, Menschen hierher zu bringen, um sie Ostwalds Energie tanken zu lassen. Geboren wurden die „Großbothener Gespräche“ mit hochkarätiger und internationaler Beteiligung 1975. Gretel Brauer wartete jedesmal mit einer Überraschung auf, die nur sie persönlich initiieren konnte: Einmal legte sie auf jeden Stuhl eine schön gestaltete Mappe mit Gedichten von Helene und Wilhelm. Einmal hatte sie Ostwalds Labortisch vor dem Hackebeil im Schuppen gerettet und wieder an seinen originalen Platz gestellt, ein nächstesmal war sie ähnlich mit Ostwalds Arbeitsklotz verfahren und hatte ihn mit zeitgenössischen Werkzeugen nachgerüstet. Ein andermal besorgte sie Glasbrettchen und präsentierte darauf erstmalig Farblehre-Exponate. Auch der nachgebaute Thermostat stammt aus dieser Zeit. Das alles wurde nur möglich durch ihr Neuknüpfen und Wiederaufnehmen zahlreicher weltweiter Verbindungen und eine umfangreiche internationale Korrespondenz, die in ihrer thematischen und menschlichen Vielfalt

ihresgleichen sucht. Noch ohne Computer und ganz ohne E-Mail fanden japanische IDO-Anhänger nach Großbothen ebenso wie US-Amerikaner, die bei einer Einstufung chemiehistorischer Stätten in Europa der Ostwaldgedenkstätte zum höchsten Rang verhalfen.

Ostwald selbst hatte Museen mit alten Hüten verabscheut. Dass in Großbothen das ganze Gegenteil die Besucher anzog, beweist deren enorme Zahl. In Abwandlung eines Zitates von Beckmann, einem Ostwaldschüler, ließe sich darüber heute sagen: „Eine halbe Stunde mit Gretel Brauer über Ostwald gesprochen, und man hat für ein halbes Jahr Arbeit!“ Aber das erschlug die Besucher nicht, denn mit ihrem Einfühlungsvermögen spürte Gretel Brauer genau, was sie jedem von ihnen zumuten konnte.

Beim Erfahren mit allen Sinnen, beim Hochheben, Riechen, Schauen wurde nicht nur Ostwalds Forschungstätigkeit nachvollziehbar, sondern es bekamen auch Lomonossow, Mendelejew, Einstein, Haeckel und andere Forscherpersönlichkeiten Gesicht und Gestalt, wie es kein Schulstoff je vermitteln könnte. Sehr gern arbeitete Gretel Brauer mit Schülern und Studenten an Projekten. Sie praktizierte weiter, was Ostwald in „Große Männer“ 1909 formuliert hatte: „Nichts lässt sich leichter auf junge Menschen übertragen als ehrlicher Enthusiasmus, und nichts macht sie glücklicher, als hieran teilnehmen zu dürfen.“

Über die Schule im weiteren Sinne schaffte es Gretel Brauer sogar, die Verbindung der Großbothener zum ihnen weitgehend unbekanntem ortseigenen Nobelpreisträger aufzufrischen. Dass bis in die 30er Jahre an sächsischen Schulen nach Ostwalds Farbnormen gelehrt worden war, kannte sie noch aus eigener Erfahrung, und sie konnte noch Einwohner befragen, die in der Ephraimschen Fabrik z. B. Malkästen und Buntpapiere hergestellt hatten. Niemand wie Gretel Brauer kann jetzt noch glaubhaft beschreiben, wieso Ostwalds roter Kater eines Tages in seiner Komplementärfarbe zart eisblau leuchtete... Niemand kann auch mit so viel Charme Zettel aus Helene Ostwalds Schlüsselkorb vorlesen, mit Ostwald-Versen wie diesem: „Wenn Du frierst, so frage mich, ob Du kalt bist oder ich!“

Mitte der 70er Jahre rief Gretel Brauer eine Reihe musikalisch-literarischer Veranstaltungen in der Gedenkstätte ins Leben, die Einladungen gestaltete sie selbst auf originelle Weise: Kammermusik mit dem Flügel, gespielte Szenen und Dialoge, thematische Abende. Anknüpfungspunkte zu Ostwald gab es immer, etwa beim „Leben mit der Krankheit“ (Grete Ostwald) oder „Frauen um Ostwald“ (Helene). Ungezählte Frauenbrigaden (aber nicht nur die) saßen im blauen Zimmer um das „Fresskarussell“. Kultur mit Kaffee und Kuchen, dieses Konzept gefiel den hochrangigen Wissenschaftlern aus aller Welt genauso wie den Gästen aus der Umgebung.

Dann holte Gretel Brauer Ostwalds Landschaftsbilder aus den Schränken hervor und stellte sie aus, zunächst an den Bücherregalen, dann auf komfortablere Art; es folgte nach und nach jeweils in Zyklen fast alles, was er gemalt hatte, bis zu den Farblehrebildern und Formenskizzen. Reisebilder mit gelesenen Briefen kombiniert waren bei den Besuchern sehr beliebt. In den Folgejahren bis in die jüngste

Vergangenheit zogen gerahmte Bilder ebenso wie Ausstellungstafeln zu Ostwalds Leben und Werk über Land, in Schulen und Einrichtungen. Die tatsächliche Zahl der Ausstellungen, sie ist enorm, wurde leider nicht dokumentiert. Die umfangreichste Ausstellung fand im Einsteinjahr 2005 in Leuna soviel Anklang, dass sie verlängert werden musste.

Gretel Brauers Anspruch, den ganzen Ostwald für die Besucher zu erschließen, konnte natürlich nicht vor der Tür der Gedenkstättenräume Halt machen, wie das in den ersten Jahren vielleicht noch von den damaligen „Hausherren“ vorgesehen war. Sie lebte Ostwalds ganzheitliches Konzept für den Landsitz „Energie“ und setzte sich folgerichtig vehement gegen die Zerstückelung des Nachlasses ein. Sie führte die Besucher auf den Gedankenwegen des Gelehrten, illustrierte mit Anekdoten aus der Familie, organisierte im wildromantischen Steinbruch wieder Konzerte nach ostwaldscher Tradition und konnte bei der späteren Restaurierung und Gestaltung der Häuser auf dem Gelände Rat und Tat beisteuern. Gern rekonstruierte Gretel Ostwalds Findigkeit bei der Energieerzeugung und der Wasserversorgung auf dem Gelände. Sie kannte noch Großbothener, die einst daran mitgearbeitet hatten, und sorgte für den Erhalt der Objekte. Was aber jeder Techniker nach Anweisung hätte wiedergeben können, konnte nur Gretel Brauer mit Lebendigkeit erfüllen. Sie wusste auch noch, wie nach dem Krieg mehr als 80 Menschen, die ihr Heim verloren hatten, auf der „Energie“ ein Dach über dem Kopf fanden. Die Energieumwandlungen auf Ostwalds Landsitz waren ein großes Thema, das sie gern noch weiter bearbeitet hätte.

Gretel Brauer war unerbittlich, wenn es um Genauigkeit in Bezug auf Ostwald ging. Dasselbe verlangte sie auch von anderen. Als Leiterin der Gedenkstätte, die sie seit 1984 war, gab sie erste Anleitungen bei der hauseigenen Erfassung des Bestandes einschließlich der Bibliothek auf der Grundlage und in der Überarbeitung der Systematik, die auf Grete Ostwald zurückging. Schlaflose Nächte hatte sie, wenn einmal etwas nicht an seinem Platz war. Sie machte Quellen zugänglich und stellte private Aufzeichnungen und Dokumente zur Verfügung, wenn das nur dazu diente, Informationen über Ostwald weiterzugeben. Diesem Ziel ordnete sie später alles unter. Sie arbeitete an wissenschaftlichen Editionen mit, zumindest betreute sie die Autoren und Herausgeber, beginnend mit Lotz / Dunsch / Kring: *Forschen und Nutzen...*, Berlin 1978, und Domschke / Lewandrowski: *Wilhelm Ostwald...*, Leipzig, Jena, Berlin 1982. In den letzten Jahren war sie mit außerordentlicher Präzision am Gesamtschriftenverzeichnis (Sonderbände 14 und 16 der Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft) und an der Neuherausgabe der „Lebenslinien“ durch Karl Hansel beteiligt. Alle grünen Mitteilungshefte der Ostwaldgesellschaft las sie Korrektur. Selbst publizierte sie häufig und zu ganz unterschiedlichen Themen nicht *nur*, aber natürlich *auch* zu Wilhelm Ostwald, aber sie drängte sich damit nie in den Vordergrund. In der Anthologie „Die großen Leipziger“, die der Inselverlag 1996 zusammenstellte, übernahm sie auf Anfrage das Kapitel über den Begründer des physikalisch-chemischen Instituts. Ihre „Erinnerungen an meinen Großvater“ wurden 1982 in den Sonderdrucken der

Leopoldina veröffentlicht. Zahlreiche Aufsätze hat sie noch vorbereitet, hat Material zusammengestellt, recherchiert und z.T. schon ausformuliert. Bis ins hohe Alter hat die Arbeit sie von manchem Unerfreulichen abgelenkt. In ihren Arbeitsunterlagen, übersichtlich geordnet, findet sich z.B. ein origineller Aufsatz ihres Bruders Georg Brauer über die Namen der chemischen Elemente; aus eigener Feder finden sich u.a. folgende schon bearbeitete Themen: Ostwald und der Zepelin, eine Karnickelgeschichte von Ostwalds Studenten, Das Leipziger Johannestal, Zukunftsmusik („futuristischer Synthesizer“) nach Ostwald, das Mühlthal bei Eisenberg (Brücke-Kolonie), Ostwald und die Schreibtechnik, eine Zusammenstellung von Büchern, Aufsätzen und Artikeln Ostwalds in Dialogform. Musik, Literatur und deutsche Sprache waren ebenfalls Lieblingsthemen von Gretel Brauer, die sie mit erstaunlicher Fachkenntnis für andere lebendig darstellen und mit denen sie fast immer eine Beziehung zur Ostwaldschen Familie herstellen konnte. Sie dachte voraus und für andere mit, was sie wohl mit einer Sache anfangen könnten, und brachte sie auf den Weg. Wie hat sie das alles geschafft? Darüber lächelte Gretel Brauer und konterte mit Ostwalds Antwort auf dieselbe Frage: »Weil's mich so gefreut hat!«

Die optimistische Lebenseinstellung hatte Gretel vom Großvater geerbt. Sie brauchte sie nötig, denn fast neun Jahrzehnte eines Lebens halten auch Nackenschläge und Enttäuschungen bereit. Die wechselvolle Geschichte des Nachlasses von Wilhelm Ostwald zeigt einige davon und auch etwas von der Stärke, nicht aufzugeben.

In der DDR hatte es bekanntlich keinen allgemein anerkannten und unumstrittenen Platz für den streitbaren Wilhelm Ostwald gegeben. 1964 wurde in Großbothen wenigstens eine Nebenstraße nach dem berühmten Bürger benannt, aber das war auch alles in seinem Wohnort. 1969 - 60 Jahre Nobelpreis - erhielt die Schule in Großbothen nicht etwa Ostwalds Namen, sondern den Namen Friedrich Wolfs. Drei Jahre später bekam Gretel den Schlüssel fürs Archiv. Immer wieder wechselten Zuständigkeiten, Verantwortliche und Ansprechpartner. Mehrmals stand das Gelände vor der Parzellierung, die Gebäude vor der industriellen Brachialvernichtung. Gretel Brauer musste mit ansehen, wie 1977 / 78 Handschriften und Briefwechsel ins Zentrale Archiv der AdW nach Berlin gebracht wurden, ebenfalls der Nobelpreis und andere Exponate - eine exakte Übergabe-Aufstellung wurde damals nicht angefertigt; der Abtransport hatte bereits 1966 begonnen. Dennoch machte sie alles aus dem, was auf der „Energie“ geblieben war, und das war viel.

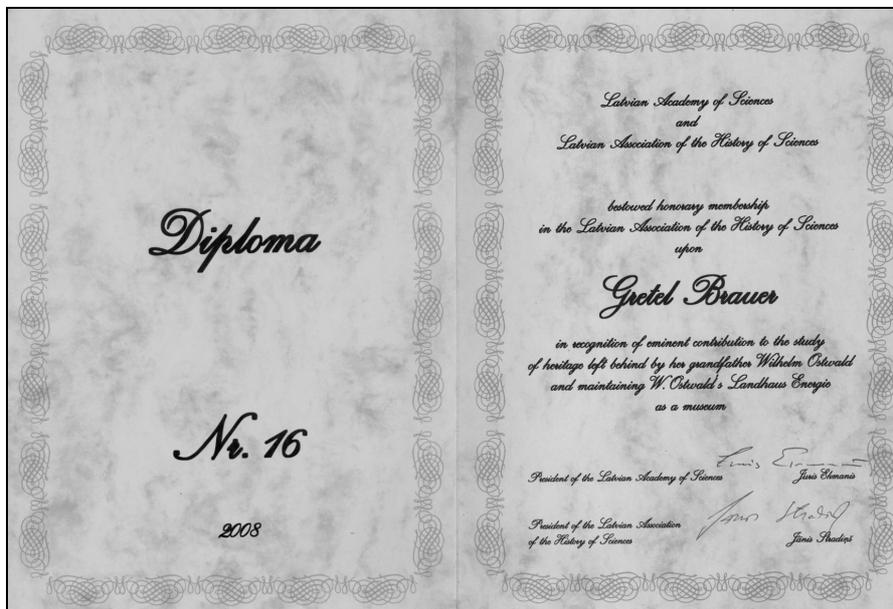
Mit der Evaluierung der AdW 1990 wurde der Besitz herrenlos. Am 17. November 1990 gründete sich auf Initiative von Gretel Brauer und Karl Hansel mit Freunden und Kennern des wertvollen Nachlasses der Verein der Freunde und Förderer der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte „Energie“ Großbothen, aus dem später die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen hervorging. Durch den Verein wurde nicht nur restauriert und rekonstruiert, sondern Dokumente und Zeitzeugnisse wurden systematisch zusammengetragen. Zeitzeugen - deren persönlichste Gretel war - waren gefragt und geschätzt. Aber innerhalb von 18 Jahren gab es im Land Sachsen erneut - oder soll man sagen immer noch - Zuständigkeitsge-

rangel. Die Rückführung des Nachlasses nach Großbothen ist gescheitert, eine herbe Enttäuschung auch für Gretel. Sie konnte auch nicht mehr erleben, dass einer weiteren Zerstückelung und Fremdnutzung nachhaltig Einhalt geboten würde. Jetzt kann sie als letzte authentische Zeitzeugin nicht mehr gefragt werden.

Mit Gretel Brauer verabschiedet sich der Atem und das Rückgrat der »Energie«, das stets wachsame Gewissen und die lebendige menschliche Seele des ostwaldschen Hauses. Sie hätte es sicher nicht gewollt, aber es wird sich nicht verhindern lassen, dass bald die Legendenbildung über Gretel Brauer einsetzen wird. Und das hat sie sich schließlich selbst zuzuschreiben, denn wie sagte sie: „Gelingt es mir, auf jeden Besucher einen Funken Ostwaldscher Energie zu übertragen, so empfangen Sie den schönsten Lohn!“ Wenn es danach geht, so gehört Gretel Brauer zu den ideellen „Großverdienern“ auf der ganzen Welt.

PS.

Der Senat der Akademie der Wissenschaften Lettlands hat Frau Gretel Brauer für Ihre Bemühungen, das wissenschaftliche Erbe Wilhelm Ostwald zu bewahren, gewürdigt. Am 16. September 2008 ist sie einstimmig zum Ehrenmitglied der Assoziation für Wissenschaftsgeschichte Lettlands gewählt worden. Leider konnte Sie diese Auszeichnung nicht mehr entgegennehmen.



Andere über Ostwald: e-books von Wilhelm Ostwald

Wolfgang Hönle

Im letzten Beitrag (Heft 1/2008) hatte ich über verschiedene Nachdrucke von Werken von WILHELM OSTWALD berichtet. Hier an dieser Stelle möchte ich über die Werke von OSTWALD berichten, die in elektronischer Form über frei zugängliche Server verfügbar sind.

Alle Werke haben kein Copyright mehr, dürfen jedoch nur für wissenschaftliche und private Zwecke kopiert werden.

Unter der Adresse www.archive.org kann man über die Eingabe von *Text* links oben und mit der Sequenz *OSTWALD* [21 Nennungen Wl. OSTWALD; 1-11; 6 Nennungen Wo. OSTWALD A-C] sich die Bücher anzeigen lassen, die in elektronischer Form (jeweils in verschiedenen Datei-Formaten) aus verschiedenen Bibliotheken mit der Unterstützung großer Organisationen und Sponsoren ins Netz gestellt worden sind. Eine teilweise reduzierte Auswahl erhält man zwar mit der Eingabe von *OSTWALD WILHELM*, da WOLFGANG OSTWALD auch mit zwei anderen Vornamen CARL WILHELM aufgeführt ist.

Auf die Nennung von Wilhelm OSTWALD als Autor bei den einzelnen Werken wird verzichtet.

Die Angabe der Bilder [images]= Seiten entspricht exakt nicht der Angabe der Seiten in klassischer Form, da jeweils auch die Einbanddeckel und Vorsatzblätter mit aufgenommen worden sind. Die Ladezeit der *.pdf-version beträgt je nach Rechner und Dateigröße bis zu 10 min. Die mit heutigem Stand (30.4.2008) verfügbaren Werke sind:

Nr.	Titel	Verlag	Jahr Seiten Datei	Übersetzer/In (tr); Herausgeber; Co-Autor	Nr. Ostwald Schriften- verzeichnis SH 14
1	International language and science; considerations on the introduction of an international language into science	London : Constable & company, limited	1910 118 17 MB	Pfaundler von Hadermur, Leopold, 1839-1920 Lorenz, Richard, b. 1863; Jespersen, Otto, 1860-1943 Couturat, Louis, 1868-1914 Ostwald, Wilhelm, 1853-1932 Donnan, F. G.	1909/30

				(Frederick George), 1870-1956	
2 (2x)	Natural Philosophy	New York : H. Holt and company	1910 220 14 MB	tr. by Thomas Seltzer, with the author's special revision for the American ed.	1908/9
3	Outlines of general chemistry	London, Macmillan and co.	1912 630 66 MB	Taylor, William White, 1869- tr	1909/12 bzw. 1889/6
4 (2x)	Individuality and immortality	Boston : Houghton, Mifflin	1906 92 3,7 MB		1906/9
5	The scientific foundations of analytical chemistry treated in an elementary manner	London, Macmillan	1895 284 25 MB	McGowan, George, 1853- tr	1894/10
5a	The scientific foundations of analytical chemistry, treated in an elementary manner	London, Macmillan	1908 282 30 MB		1894/10
6	Solutions (1891)	London, New York, Longmans, Green, and co.	1891 346 39 MB	Muir, Matthew Moncrieff Pattison, 1848- tr	1885/3
6a	Solutions : being the 4th book with some additions of the ... "Lehrbuch der allgemeinen Chemie" (1891)	London : Longmans	1891 358 25 MB		1885/3
7	The fundamental principles of chemistry, an introduction to all text-books of chemistry	New York, Longmans, Green	1909 374 56 MB		1907/15

7a	The fundamental principles of chemistry; an introduction to all text-books of chemistry (1909)	New York [etc.] Longmans, Green, and co.	1909 378 39 MB	Morse, Harry W. (Harry Wheeler), b. 1873	1907/15
8	The principles of inorganic chemistry	London, Macmillan	1904 842 49 MB	Findlay, A,	1900/2
8a	The principles of inorganic chemistry	London, Macmillan	1914 888 102 MB	Findlay, A.	1900/2
9	Conversations on chemistry; first steps in chemistry	New York : J. Wiley & sons [etc.]	1905/06 274 146 MB	Ramsay, Elizabeth C. (Elizabeth Catherine) Turnbull, Stuart K	1903/12
10	The scientific foundations of analytical chemistry, treated in an elementary manner	London, New York, Macmillan and co., limited	1900 300 25 MB	McGowan, George, 1853-	1894/10
10a	The scientific foundations of analytical chemistry treated in an elementary manner	London : Macmillan and co., limited	1908 286 22 MB	McGowan, George, 1853-	1894/10
11,1	Book of the opening of the Rice Institute : being an account of an academic festival held in celebration of the formal opening of the Rice Institute, a University of liberal and technical learning founded in the City of Houston, Texas, by Wil-	William M. Rice Institute, Houston ca. 1912	1912 418 30 MB	Altamira, Rafael, 1866-1951 Borel, Emile, 1871-1956 Croce, Benedetto, 1866-1952 Vries, Hugo de, 1848-1935 Jones, Henry, Sir, 1852-1922 Mackail, J. W. (John William), 1859-1945 Ostwald, Wilhelm, 1853-1932	1912/49

	liam Marsh Rice and dedicated by him to the advancement of letters, science and art			Poincaré, Henri, 1854-1912 Ramsay, William Størmer, Carl, 1874- Volterra, Vito, 1860-1940 Kikuchi, Dairoku, 1855-1917	
11,2	Volume 2		1912 462 27 MB	Siehe 11,1	
11,3	Volume 3		1912 478 39 MB	Siehe 11,2	
A	Practical Colloid Chemistry	Methuen And Company Limited	1926 230 8,7 MB	Ostwald, Wolfgang	
B	An introduction to theoretical and applied colloid chemistry, "the world of neglected dimensions,"	New York : John Wiley & Sons, inc.; [etc., etc.]	1917 258 179 MB	Ostwald, Wolfgang Fischer, Martin, 1879-	
C	A handbook of colloid-chemistry; the recognition of colloids, the theory of colloids, and their general physico-chemical properties	Philadelphia, P. Blakiston's son & co	ca 1919 316 156 MB	Ostwald, Wolfgang Fischer, Martin, 1879- 1962 tr Hatschek, Emil, 1868	
C a	Siehe C		1919 312 60 MB		

Bei Bedarf können einzelne Werke in elektronischer Form CD beim Autor gegen Erstattung der Unkosten angefordert werden. Mein Dank gilt dem Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden für Unterstützung.

Autorenverzeichnis

Dipl.-Ing. Eckard Bendin
Keplerstr. 66
01237 Dresden

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

Dr. Wolfgang Hönle
Potschappler Str. 4
01189 Dresden

Dipl.-German. Beate Bahnert
Grimmaer Str. 16
04668 Großbothen

Gesellschaftsnachrichten

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

Frau Margarete Brauer
Sie verstarb am 6. September 2008

Gretel Brauer hat als letztes der Enkelkinder Wilhelm Ostwalds,
als Gründungsmitglied und als langjähriges Ehrenmitglied
die Entwicklung unserer Gesellschaft maßgeblich geprägt.
Ihr Engagement und ihre Beharrlichkeit für Erhaltung und Pflege
des wissenschaftlichen Nachlasses Wilhelm Ostwalds
und für die Nutzung des Landsitzes Energie,
aber besonders ihre menschliche Wärme und ihre bescheidene Art
werden wir schmerzlich vermissen.
Wir werden ihr stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Wir gratulieren

- **zum 85. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr. H. Joachim Bittrich, 01.06.
- **zum 80. Geburtstag**
Herrn Dr. Heinrich Röck, 15.07.
- **zum 75. Geburtstag**
Herrn Dr. Ing. Dietmar Ufer, 29.04.
- **zum 70. Geburtstag**
Frau Dr. Brunhilde Gorski, 13.06.
Herrn Prof. Dr. H.-P- Schramm, 14.08.
Herrn Dr. Reinhart Berger, 28.08.
Herrn Prof. Dr. Heiner Kaden, 20.09.
- **zum 65. Geburtstag**
Herrn Prof. Dr. Jochen Winkelmann, 30.05.
Herrn Prof. Dr. Steffen Schulz, 07.07.
Herrn Prof. Dr. Victor Katsnelson, 03.09.

Wir begrüßen neue Mitglieder

Nr. 232 Frau Dr. Katrin Domke, Amsterdam
 Nr. 233 Frau Dr. Margarete Vöhringer, Berlin
 Nr. 234 Herrn Doz. Dr. sc. Phil. Hartmut-A. Gorgs, Halle

Zugang

Von Frau Ingeborg Tansjö erhielten wir:
 Tansjö, Levi:
 Fran Lavoisier till Strindberg : kemihistoriska föreläsningar. Hrsg. von Ingeborg Tansjö u.a. - Lund : Berzelius Sällskapet, 2008. - 293 S.
 (Berzelius Sällskapetets skriftserie; Nr. 8)

Spenden

Für großzügig bemessene Beiträge und Spenden bedankt sich der Vorstand sehr herzlich bei: Herrn Prof. Winnewisser, Frau Prof. Dunken, Frau Dr. Darmstadt, der Raiffeisenbank Grimma e.G., Herrn Prof. Ruck, Herrn Prof. Schmelzer, Herrn Prof. Oehme und Herrn Prof. Wassermann.

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

Datum: 09.02.2008

Zeit: 10:00 – 12:20 Uhr

Ort: Landsitz Energie, Haus Werk, Großbothen

Vorgeschlagene Tagesordnung:

1. Begrüßung
2. Feststellung der Tagesordnung
3. Beschluss zur Tagesordnung
4. Kontrolle des Protokolls zur letzten Mitgliederversammlung
5. Tätigkeitsbericht der WOG durch den 1. Vorsitzenden
6. Finanzbericht der WOG durch den 2. Vorsitzenden
7. Diskussion der Berichte 5. und 6.
8. Bericht zur Edition Ostwalds
9. Bericht zur Schriftleitung der "Mitteilungen der WOG"
10. Aussprache zu den Berichten 8. und 9.
11. Entlastung des Vorstandes
12. Nachwahl eines Vorstandsmitgliedes
13. Neuwahl des Beirates
14. Sonstiges

Verlauf:

1. Begrüßung

Der Vorsitzende der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (WOG), Herr Prof. Dr. H. Papp, begrüßte die Teilnehmer der Mitgliederversammlung und verwies auf die schriftlich eingegangenen Entschuldigungen einzelner Mitglieder. Es waren 34 Mitglieder anwesend. Zum Protokollführer wurde PD Dr. F.-M. Matysik ernannt.

2. und 3. Feststellung und Beschluss zur Tagesordnung

Prof. H. Papp teilte mit, dass zwei Anträge zur Änderung der Tagesordnung eingegangen waren. Neu aufgenommen wurden Tagungsordnungspunkte zur Vorstellung der neuen Leiterin der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte, Frau Prof. Dr. S. Tanz, und zur Gründung einer Wilhelm-Ostwald-Stiftung. Entsprechend dieser Änderung folgt das nachfolgende Protokoll einer modifizierten Nummerierung gegenüber der obigen vorgeschlagenen Tagesordnung.

4. Kontrolle des Protokolls zur letzten Mitgliederversammlung

Es gab keine Einwände gegen das Protokoll der Mitgliederversammlung vom 10. Februar 2007. Prof. H. Papp teilte mit, dass aufgrund der gegenwärtig nicht abseh-

baren Veränderungen der WOG die im Ergebnis der letzten Mitgliederversammlung vorgesehene Konstituierung einer Satzungskommission erst nach der Klärung wichtiger zukünftiger Entwicklungen in Angriff genommen werden soll. Das Protokoll der letzten Mitgliederversammlung wurde angenommen.

5. Vorstellung von Frau Prof. Dr. S. Tanz

Als Gast begrüßte die Mitgliederversammlung Frau Prof. Dr. S. Tanz, die nach dem Ausscheiden von Dr. U. Molzahn seit Jahresbeginn 2008 die Leitung des musealen Bereiches der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte übernommen hat. Frau Prof. S. Tanz berichtete über ihren beruflichen Werdegang und legte die Schwerpunkte ihres Konzepts zur Leitung der Gedenkstätte dar. Die Grundpfeiler ihrer Arbeit sollen "Bewahrung", "Erneuerung" und "konsequente Öffnung für Interessenten" darstellen. Frau Prof. Tanz teilte mit, dass ihr Arbeitsvertrag bis zum 30.06.2008 befristet ist, sie jedoch an einer längerfristigen Ausübung dieser Tätigkeit interessiert ist.

In der Aussprache mit den Mitgliedern der WOG betonte Frau Prof. S. Tanz, dass sie sich für das Zustandekommen der Kooperationsvereinbarung mit der WOG einsetzen wird. Prof. H. Papp bekundete, dass der Vorstand der WOG mit dem zuständigen Landratsamt in Kontakt treten wird, um auf eine langfristige Besetzung dieser wichtigen Position hinzuwirken.

6. Tätigkeitsbericht der WOG durch den 1. Vorsitzenden

Herr Prof. H. Papp berichtete auf der Grundlage eines als Tischvorlage ausgeführten Berichtes über die Aktivitäten der WOG im Kalenderjahr 2007. Schwerpunkte waren:

- Situation der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte
- Initiativen zur Einrichtung einer Wilhelm-Ostwald-Stiftung
- Energetikum

Zu diesem Punkt übergab Prof. H. Papp das Wort an Herrn Prof. Dr. H. Klenk, der die Leitung zur Einrichtung des Energetikums übernommen hat. Herr Prof. Klenk stellte sich zunächst der Mitgliederversammlung bezüglich seines beruflichen Werdegangs vor und führte nachfolgend wesentliche Gesichtspunkte der konzeptionellen Vorbereitung zur Einrichtung des Energetikums aus. Als Vorbild wurde das "Mathematikum" in Gießen genannt, wobei insbesondere der Charakter des "Mitmachmuseums" aufgegriffen werden soll. Die strategische Konzeption basiert auf einer "think big"-Einstellung, die einen Museumsneubau ins Auge fasst, aber zur finalen Umsetzung 1-2 Zwischenstufen vorsieht. Bei den Zwischenstufen sollen zunächst mit einfacheren Mitteln die vorhanden räumlichen und landschaftlichen Ressourcen auf dem Gelände der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte genutzt werden. Zusammen mit Herrn Prof. Dr. H. Offermanns hatte Prof. Dr. H. Klenk am 08.02.2008 einen Gesprächstermin mit dem Landrat in Grimma, wobei insbesondere die Wichtigkeit der Klärung der Zukunft des Geländes der Gedenkstätte im Zusammenhang

mit der Ausschreibung der Sächsischen Immobilien- und Baugesellschaft (SIB) zur Sprache kam. Die Einrichtung des Energetikums ist essentiell mit dieser Frage verbunden.

Nach diesen Darlegungen erfolgte eine eingeschobene Aussprache zu den vorgetragenen Gesichtspunkten. Zur Konzeption des Energetikums wurde angemerkt, dass das Wachsen dieses Projektes auch schrittweise, unter Ausnutzung der bestehenden Häuser und des Geländes, erfolgen kann. Es gibt vielfältige Möglichkeiten insbesondere Schulen einzubeziehen. Weiterhin wurde auf frühere Initiativen zur Reinstallation energiebezogener Anlagen, die Wilhelm Ostwald eingerichtet hatte (Göpel, Windrad), hingewiesen. Mehrere Teilnehmer der Versammlung äußerten sich besorgt bezüglich der ungewissen zukünftigen Nutzung des Geländes und es wurde die Meinung geäußert, dass diese Situation einen zunehmenden Druck auf die politisch Verantwortlichen veranlassen sollte.

Im Anschluss an diese Aussprache setzte Prof. H. Papp seinen Tätigkeitsbericht fort. Dabei wurden die 2007 stattgefundenen Großbothener Gespräche erwähnt und die Überlegungen des Vorstandes zur Durchführung vergangener und zukünftiger Wilhelm-Ostwald-Festtage dargestellt. Für das Jahr 2009 sind wieder Wilhelm-Ostwald-Festtage geplant; als Festredner soll Prof. Dr. G. Ertl gewonnen werden.

Prof. Papp informierte weiterhin über die Gremientätigkeiten im Jahr 2007 und die Einrichtung einer Stiftungskommission (Prof. Reschettowski, Prof. Papp, Prof. Einicke, Dr. Hönle) zur Gründung einer Wilhelm-Ostwald-Stiftung.

7. Finanzbericht der WOG durch den 2. Vorsitzenden

Die finanzielle Situation der WOG wurde unter Verwendung einer Tischvorlage von Prof. Dr. W.-D. Einicke erläutert. Er wies darauf hin, dass die Geschäftsbilanz der WOG ohne Berücksichtigung des Tagungsstättenbetriebes im vergangenen Jahr eine negative Bilanz von -9.272,98 Euro aufwies, die unter Berücksichtigung der Tagungsstättenbilanz verringert werden konnte und zu einem Gesamtdefizit von -2.253,31 Euro führte. Das aktuelle Vereinsvermögen und die finanzielle Entwicklung in den Jahren 2006 – 2008 wurden mitgeteilt. Die derzeitigen Beitragsrückstände betragen ca. 1.700 Euro; durch gezielte Mahnungen müsste versucht werden, diese Reserven zu erschließen. Den "Mitteilungen der WOG" sollen Einzugsermächtigungen beigelegt werden. Insgesamt wurde die finanzielle Situation der WOG als stabil eingeschätzt.

8. Bericht zur Edition Ostwald

Herr Dr. W. Hönle informierte über den Stand der Edition Ostwald. Im Jahr 2007 konnte der 1. Band herausgegeben werden, der den Briefwechsel Haeckel – Ostwald beinhaltet. Die Finanzierung erfolgte zu je einem Drittel durch die Herren

Dr. W. Hönle, Prof. Dr. W. Reschetilowski und die WOG, wobei jede Partei 33 Exemplare herstellen ließ. Interessenten können sich zum Bezug eines Exemplars mit den genannten Personen bzw. der WOG in Verbindung setzen.

Für den Band 2 ist die Herausgabe des Schriftenverzeichnisses Wilhelm Ostwalds in Verbindung mit einer Kurzbiographie vorgesehen. Für das Jahr 2009 plant Prof. Reschetilowski einen Band zur Katalyse und hat diesbezüglich Kontakt mit potentiellen Autoren aufgenommen.

9. Bericht zur Schriftleitung der "Mitteilungen der WOG"

Prof. Dr. J. Schmelzer berichtete über die Übernahme der Schriftleitung von Prof. Dr. P. Domschke und konnte das erste Heft 2008, das unter seiner Leitung erstellt wurde, präsentieren. Prof. Schmelzer wies darauf hin, dass ihm im Redaktionskollegium Prof. Dr. H. Kaden und Prof. Dr. U. Messow unterstützen. Für die weitere Gestaltung der "Mitteilungen der WOG" sind die Mitglieder der WOG und auch Vortragende der Großbothener Gespräche aufgerufen, Beiträge zu verfassen. Weiterhin wurde mitgeteilt, dass aufgrund der zunehmenden Aufnahme von Farbdruken, der Preis für die Mitteilungshefte im Freiverkauf von 5 auf 6 Euro erhöht wird.

10. Aussprache zu den Berichten 8. und 9.

Zu den Punkten 8. und 9. fand keine gesonderte Aussprache statt.

11. Entlastung des Vorstandes

Prof. Dr. Fanghänel stellte den Antrag auf Entlastung des Vorstandes. Die Mitgliederversammlung stimmte der Entlastung einstimmig zu.

12. Antrag auf Gründung einer Wilhelm-Ostwald-Stiftung

Prof. H. Papp informierte die Mitgliederversammlung über die Initiative der Gründung einer Wilhelm-Ostwald-Stiftung mit dem Sitz in Großbothen und den engen Zusammenhang mit der zukünftigen Nutzung des Großbothener Geländes durch die WOG. Ein Schreiben von Prof. Reschetilowski wurde verlesen, in welchem mitgeteilt wurde, dass die rechtlichen Voraussetzungen zur Stiftungsgründung geschaffen sind.

Prof. Kaden wies auf die Problematik bei der Stiftungsgründung hin.

Das Problem des noch nicht abgesicherten Stiftungskapitals von etwa 2 Mio. Euro wurde von den Mitgliedern diskutiert.

Die anschließende Abstimmung über die Stiftungsgründung ergab eine Zustimmung aller anwesenden Mitglieder.

13. Veränderungen im Vorstand der WOG und Wahl des Beirats der WOG

Prof. H. Papp bat die Mitgliederversammlung, den folgenden Wahlprozess in Form einer öffentlichen Abstimmung durchzuführen, womit sich die Mitgliederversammlung einverstanden erklärte. Die Anwesenden befürworteten einstimmig die Kooptierung von Prof. Dr. U. Messow in den Vorstand der WOG; Dr. W. Hönle

informierte die Mitgliederversammlung, dass er auf Grund von persönlichen und beruflichen Belastungen nicht mehr im Vorstand der WOG mitwirken kann. Prof. H. Papp dankte Herrn Dr. Hönle für sein Engagement im Rahmen des Vorstandes der WOG in den letzten Jahren.

Für die Neuwahl des Beirats der WOG standen die bisherigen Mitglieder PD. Dr. E. Bendin, Prof. Dr. P. Claus, Prof. Dr. H. Hennig, Prof. Dr. H. Kaden, Prof. Dr. W. Grünert, Prof. Dr. W. Keim, Prof. Dr. J.-P. Domschke und Prof. Dr. W. Fratzscher sowie als neue Kandidaten Dr. W. Hönle und Prof. Dr. W. Reschetilowski zur Verfügung.

Dem Vorschlag, über die gesamte Liste abzustimmen, wurde zugestimmt und die Kandidaten wurden einstimmig gewählt.

14. Sonstiges

Prof. H. Papp informierte über den Stand der Planungen bezüglich der Großbothener Gespräche 2008. Das vorläufige Programm wurde in einer Anlage zur Kenntnis gegeben, wobei eventuell noch einige Präzisierungen erfolgen sollen. Weitere Kandidaten für die zukünftigen Großbothener Gespräche wurden genannt; mit den weiteren Planungen wird sich der Beirat der WOG befassen.

Weiterhin wurde auf die am 03.04.2008 (14:00 Uhr, Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig) stattfindende Vorstellung des Promotionsthemas von Herrn Spilcke-Liss hingewiesen, der sich mit dem Thema "Wilhelm Ostwald und seine Schüler – ein genealogisches Projekt" befasst.

Herr Prof. Offermanns informierte die Anwesenden über die Erkrankung von Frau G. Brauer. Die Mitgliederversammlung bekundete ihren Willen, Genesungswünsche zu überbringen.

Herr Prof. H. Papp beendete die Veranstaltung mit dem Hinweis auf die am Nachmittag stattfindende Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Preises.

gez.: Prof. Dr. H. Papp
1. Vorsitzender der WOG

PD Dr. F.-M. Matysik
Protokollführer

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.
www.wilhelm-ostwald.de



Großbothener Gespräche 2008

13. Sept. 2008 14 Uhr

„Wilhelm Ostwalds Erkenntnistheorie“

Referent: Prof. Dr. Lothar Kreiser
(Universität Leipzig)

18. Okt. 2008 14 Uhr

„Die Sonne und das Klima“

Referent: Prof. Dr. Udo Strohmusch
(Department Physik der Universität
Hamburg und Deutsches Elektronen-
synchrotron DESY, Hamburg)

15. Nov. 2008 14 Uhr

**„Die Annalen der Naturphilosophie als Reflexion
auf einen wissenschaftlichen Umbruch“**

Referent: Prof. Dr. Pirmin Stekeler-Weithofer
(Präsident der Sächsischen Akademie der
Wissenschaften)

Die Veranstaltungen finden in der Wilhelm-Ostwald-
Gedenkstätte, Landsitz „Energie“, Haus “Werk”,
Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen, statt.

Autorenhinweise

Manuskripte sollten im A5-Format (Breite 14,8 cm und Höhe 21 cm) mit 1,5 cm breiten Rändern in einer DOC-Datei via E-Mail oder als CD-ROM eingereicht werden. Als Schriftform wählen Sie Times New Roman, 10 pt und einfacher Zeilenabstand. Schreiben Sie linksbündig, formatieren Sie keinen Text und keine Überschriften, fügen Sie Sonderzeichen via „Einfügen“ ein.

Graphische Elemente und Abbildungen bitte als jeweils eigene Dateien liefern. Bei **Vortragsveröffentlichungen** ist die Veranstaltung mit Datum und Ortsangabe in einer Fußnote anzugeben.

Alle **mathematischen Gleichungen** mit nachgestellten arabischen Zahlen in runden Klammern fortlaufend nummerieren.

Tabellen fortlaufend nummerieren und auf jede Tabelle im Text hinweisen. Tabellen nicht in den Text einfügen, sondern mit Überschriften am Ende der Textdatei aufführen.

Abbildungen fortlaufend nummerieren, jede Abbildung muss im Text verankert sein, z.B. „(s. Abb. 2)“. Die Abbildungslegenden fortlaufend am Ende der Textdatei (nach den Tabellen) aufführen. Farbabbildungen sind möglich, sollten aber auf das unbedingt notwendige Maß (Kosten) beschränkt sein. Die Schriftgröße ist so zu wählen, dass sie nach Verkleinerung auf die zum Druck erforderliche Größe noch 1,5 bis 2 mm beträgt.

Literaturzitate in der Reihenfolge nummerieren, in der im Text auf sie verwiesen wird. Zur Nummerierung im Text arabische Zahlen in eckigen Klammern und im Verzeichnis der **Literatur** am Ende des Textes ebenfalls auf Zeile gestellte arabische Zahlen in eckigen Klammern.

1. Bei Monografien sind anzugeben: Nachnahmen und Initialen der Autoren: Titel des Buches. Aufl. (bei mehrb. Werken folgt Bandangabe. Titel.) Verlagsort: Verlag, Jahr, Seite.

2. Bei Zeitschriftenartikel sind anzugeben: Nachnahmen der Autoren und Initialen (max. 3, danach – u.a.- getrennt durch Semikolon): Sachtitel. Gekürzter Zeitschriftentitel Jahrgang oder Bandnummer (Erscheinungsjahr), evtl. Heftnummer, Seitenangaben.

3. Bei Kapiteln eines Sammelwerkes oder eines Herausgeberwerkes sind anzugeben: Nachnahmen und Initialen der Autoren: Sachtitel. In: Verfasser d. Monografie, abgek. Vorname (oder Herausgebername, abgek. Vorname (Hrsg.): Sachtitel des Hauptwerkes. Verlagsort: Verlag, Jahr, Seitenangaben.

Es folgen einige Beispiele:

Literatur

[1] Ostwald, W.: Lehrbuch der allgemeinen Chemie. 2. Aufl. Bd. 1. Stöchiometrie. Leipzig: Engelmann, 1891, S. 551.

[2] Fritzsche, B.; Ebert, D.: Wilhelm Ostwald als Farbwissenschaftler und Psychophysiker. Chem. Technik 49 (1997), 2, S. 91-92.

[3] Franke, H. W.: Sachliteratur zur Technik. In: Radler, R. (Hrsg.): Die deutschsprachige Sachliteratur. München: Kindler, 1978, S. 654-676.