

Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.

10. Jg. 2005, Heft 3

ISSN 1433-3910

Inhalt

Zur 38. Ausgabe der „Mitteilungen“	3
Vorlesungen über Naturphilosophie (Vorlesung 9) <i>Wilhelm Ostwald</i>	4
Die Kunstwissenschaft und die Farbe (I. und II. Teil) <i>Walter Gräff</i>	33
Walter Gräff: Ein Kunsthistoriker bedient sich der Naturwissenschaft <i>Albrecht Pohlmann</i>	61
Zur Erinnerung an Levi Tansjö (1929 – 2003), Chemiker und Chemiehistoriker <i>Horst Remane, George B. Kaufmann und Jan Sandström</i>	66
Gesellschaftsnachrichten	70

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2005, 10. Jg.

Herausgeber der „Mitteilungen“ ist der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., verantwortlich: Dr.-Ing. K. Hansel, Grimmaer Str. 25, 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.

Einzelpreis pro Heft € 5,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer.
Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Zur 38. Ausgabe der „Mitteilungen“

Mit der Konzeption zur künftigen Arbeit in der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte Großbothen hatte der Vorstand unserer Gesellschaft auch die jährliche Durchführung von Wilhelm-Ostwald-Festtagen vorgeschlagen und in Verbindung mit der Anerkennung des Landsitzes „Energie“ als „Historische Stätte der Chemie“ die Premiere in diesem Jahr beschlossen. Den Vormittag des ersten „Fest“-Tages, des 1. September, gestaltete die Ortsgruppe Leipzig der GDCh mit einer gut besuchten Vortragsveranstaltung in der Universität. Danach fand in Großbothen die Enthüllung der Ehrentafel durch die Ministerin für Wissenschaft und Kunst des Freistaates Sachsen, Frau B. LUDWIG und die stellv. Präsidentin der GDCh, Frau Prof. P. MISCHNICK statt, zu der wir auch viele örtliche Repräsentanten begrüßen konnten. Am zweiten Tag konstituierte sich das Kuratorium unserer Gesellschaft, für dessen Vorsitz inzwischen Herr Prof. KREYSA von der DECHEMA gewonnen wurde. Am Nachmittag fanden nach der Eröffnung einer Ausstellung zu OSTWALDS Farbenlehre zwei Experimentalvorlesungen statt, die, obwohl für Abiturienten konzipiert, auch von älteren Semestern überraschend gut besucht waren. Am dritten Tag schließlich erfolgte das 80. Großbothener Gespräch, in dem Herr Dr. Marx aus Stuttgart den Nachweis antrat, das Ostwald mit wachsender Tendenz in der wissenschaftlichen Literatur zitiert wird.

Ein umfassender Bericht über die „Festtage“ kann erst für die nächste Ausgabe der „Mitteilungen“ angekündigt werden, da sich die Beschaffung der Texte in der Regel langwierig gestaltet. An dieser Stelle soll aber bereits allen Beteiligten für ihre Mitwirkung gedankt werden: Frau Ministerin B. LUDWIG, Frau Prof. MISCHNICK und dem Präsidium der GDCh, Frau KIEBLING und der Leipziger Ortsgruppe der GDCh, Herrn Prof. KREYSA und den anderen Herren vom Kuratorium, Herrn Dr. BEHRET und dem Vorstand der Deutschen Bunsen-Gesellschaft, dem Heimatverein und der Gemeinde Großbothen, dem Jagdhausverein Kössern, dem Sportlerheim Sermuth, der Raiffeisenbank Grimma und unseren früheren ABM und den gegenwärtigen 1-Euro-Kräften: Frau GROBE, KÖCKRITZ, MAUER, MÜLLER, NAAKE, SIMON, ULBRICHT, Dr. WETZEL sowie den Herren JOCHMANN und ULBRICHT und natürlich den Mitgliedern der Ostwald-Gesellschaft. Da die Aufzählung schon aus Platzgründen unvollständig bleiben muss, bitten wir um Verständnis und bedanken uns nochmals bei allen Mitwirkenden.

Die örtlichen Medien widmeten der Veranstaltung freundliche Aufmerksamkeit. Unter Verweis auf die frühere Presseerklärung wurde die Hoffnung auf eine tragfähige Lösung für die Ostwald-Gedenkstätte wiederholt. Dem ist wohl nichts hinzuzufügen.

Großbothen, September 2005

K. Hansel

Vorlesungen über Naturphilosophie

Wilhelm Ostwald

NEUNTE VORLESUNG:

DAS ENERGETISCHE WELTBILD

Weh! Weh!
 Du hast sie zerstört,
 Die schöne Welt,
 Mit mächtiger Faust;
 Sie stürzt, sie zerfällt!
 Ein Halbgott hat sie zerschlagen!¹

So singt der unsichtbare Geisterchor am Ende des neunzehnten Jahrhunderts. Der Halbgott aber hieß MAYER und hatte sein Werk bereits ein halbes Jahrhundert vorher vollbracht. Nur hatte es keiner so recht gemerkt, und vermöge des Trägheitsgesetzes blieb die alte Welt noch immer scheinbar stehen, wenn es auch deutlicher und deutlicher wurde, dass sich in ihr nicht mehr sicher und auskömmlich wohnen ließ.

Julius Robert MAYER, ein Heilbronner Arzt², hatte im Jahre 1842 eine kleine Abhandlung unter dem Titel: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ veröffentlicht, in welcher er zuerst zeigte, dass es außer der sogenannten Materie noch andere Realitäten gibt, die gleich ihr und in noch weiterem Sinne als sie unerschaffbar und unvernichtbar sind. Er widmete diese seine Arbeit „Freunden klarer, hypothesenfreier Naturanschauung“, erzielte aber wegen der ungewohnten Beschaffenheit seiner Gedanken nur, dass sie nicht von der führenden physikalischen Zeitschrift aufgenommen wurde und Unterkunft in einer chemischen, den von Justus LIEBIG³ geleiteten „Annalen der Chemie und Pharmacie“, suchen musste.⁴ Auch ist ihm, dessen grundgesunde erkenntnistheoretischen Ansichten erst heute in ihrem vollen Werte erkannt zu werden beginnen, der ungerechte Vorwurf nicht erspart geblieben, dass er seine Entdeckung nicht auf die Erfahrung, sondern auf zweifelhafte Spekulationen gegründet habe. Man braucht nur die in jener ersten Arbeit bereits enthaltene Berechnung des mechani-

¹ Nach Auskunft des Goethe- und Schiller-Archivs Weimar zitiert OSTWALD hier den Beginn des Geister-Chores in der Szene Studierzimmer im ersten Teil des „Faust“, Vers 1607-1612.

² Julius Robert von MAYER (1814-1876), geodelt 1867.

³ Justus von LIEBIG (1803-1873), 1840 Prof. für Chemie an der Univ. Giessen. LIEBIG gilt als Begründer des modernen Chemiestudiums.

⁴ OSTWALD gibt hier als Quelle S. 233 im Bd. 42 an. Die Annalen für Chemie und Pharmacie waren in erster Linie auf den Fortschritt in organischer und pharmazeutischer Chemie orientiert. Es bezeugt den Weitblick LIEBIGS, dass er den Aufsatz MAYERS trotz des sonderbaren Inhalts und seiner ungewöhnlichen Knappheit nicht zurückwies.

schen Wärmeäquivalents ins Auge zu fassen, um sich zu überzeugen, dass es sich auch für ihn nicht um unbestimmte Gedanken oder Vermutungen, sondern um völlig klare und zu Ende gedachte Begriffe gehandelt hat. Nur die, durch die vorhergegangenen schlechten Erfahrungen beim Versuch der Veröffentlichung gebotene Kürze der Darstellung hat ihr einen anscheinend dogmatischen Charakter gegeben. Die späteren Veröffentlichungen MAYER'S und der durch die Herausgabe seiner Briefe und Aufzeichnungen vermittelte Einblick in seine Gedankenbildung lässt keinen Zweifel über die rein erfahrungsmäßige Gestaltung seiner großen Entdeckung übrig.

Wir werden später, wo von der Wärme die Rede sein wird, auf die Einzelheiten von MAYER'S Arbeiten eingehen. Hier soll noch geschichtlich erwähnt werden, dass unabhängig von MAYER die Entdeckung der Proportionalität zwischen verbrauchter Arbeit und entstandener Wärme durch den genialen englischen Bierbrauer JOULE⁵ gemacht worden ist, der sie ein Jahr später veröffentlicht hat. Dann ist im Jahre 1847 eine Arbeit von dem damals 26 jährigen Mediziner HELMHOLTZ⁶ erschienen, in welcher wiederum in selbständiger Weise die Anwendung des Gedankens der äquivalenten Umwandlungen der verschiedenen Energiearten in einander durch das ganze Gebiet der damals bekannten Physik und Chemie aufgezeigt und entwickelt wurde.⁷

Wenn auch durch diese an verschiedenen Stellen auftretenden Wirkungen in gleichem Sinne der Energiegedanke allmählich seinen Einzug in die Wissenschaft hielt, so fand diese doch, einem allgemeinen Gesetze der Wissenschaftspsychologie entsprechend, zunächst in der Gestalt statt, dass man die neuen Gedanken soviel wie möglich mit den bis dahin benutzten theoretischen und hypothetischen Vorstellungen verband. MAYER und alle seine Nachfolger hielten insbesondere an dem Dualismus Materie und Energie fest, die sie beide als gleichwertige Begriffe neben einander behandelten. Über noch engere hypothetische Annahmen, die auf die „Deutung“ aller Energiearten als mechanischer hinausliefen, waren allerdings die Auffassungen geteilt; während JOULE und HELMHOLTZ ihnen huldigten, hielt sich MAYER frei von ihnen.

Erst nachdem die Entdeckung des Energiegesetzes ein halbes Jahrhundert alt geworden war, wurde die Frage ernsthaft erörtert, in welchem Verhältnis Materie und Energie zu einander stehen. Über die zuerst angenommene Meinung hin-

⁵ James Prescott JOULE (1818-1889), engl. Brauereibesitzer und Privatgelehrter.

⁶ Hermann Ludwig Ferdinand von HELMHOLTZ (1821-1894), 1849 Prof. für Physiologie an der Univ. Königsberg, 1871 Prof. für Physik an der Univ. Berlin, dort außerdem ab 1888 Direktor der neugegründeten Physikalischen Reichsanstalt.

Man darf annehmen, dass OSTWALD die jeweiligen Tätigkeiten von MAYER, JOULE und HELMHOLTZ erwähnt um herauszustreichen, dass es eigentlich Dilettanten waren, die diesen grundlegenden Fortschritt der Physik auf den Weg brachten. Die universitäre Physik stand der neuen Entwicklung passiv bis abweisend gegenüber, was auch durch die Ablehnung von MAYERS erster Arbeit 1841 durch Poggendorffs Annalen für Physik und Chemie belegt wird.

⁷ Hier verweist OSTWALD auf: HELMHOLTZ, Hermann von: Über die Erhaltung der Kraft. Berlin : Reimer, 1847. - Wörtlich abgedruckt in: Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 1. Leipzig : Engelmann, 1889.

aus, als seien beide gleichwertige Begriffe, entwickelte sich langsam die Einsicht, dass ihre Beziehung noch enger ist, dass sie nämlich untrennbar sind. Wenigstens kann man eine Materie nicht begreifen oder definieren, ohne dabei von Energieeigenschaften unaufhörlich Gebrauch zu machen. An den umgekehrten Versuch, die Energie ohne Materie begreifen zu wollen, getraute man sich lange nicht heran, wenn auch schon bald nach der Aufstellung des Energiegesetzes von RANKINE, MAXWELL, und später HELM eingesehen und ausgesprochen worden war, dass in der Tat alles, was wir von der Welt erfahren, in der Kenntnis ihrer Energieverhältnisse besteht. Es wurde doch im allgemeinen die Materie wenigstens als Träger der verschiedenen Energien aufgefasst, wobei sie allerdings allmählich in die ebenso ehrenvolle wie ungestörte Stellung gelangte, die auch KANT'S „Ding an sich“ einnimmt.⁸

Wir wollen daher den Versuch wagen, eine Weltansicht ohne die Benutzung des Begriffs der Materie ausschließlich aus energetischem Material aufzubauen. Dass diese Aufgabe einmal gelöst werden muss, ist oft ausgesprochen worden; auch einzelne Ansätze finden sich, um das eine oder andere Gebiet in solchem Sinne darzustellen. In der für die neuere Chemie grundlegenden Abhandlung von Willard GIBBS⁹ ist sogar dies Postulat praktisch in weitestem Umfange durchgeführt worden, allerdings ohne dass es ausdrücklich aufgestellt worden wäre.

Es ist natürlich, dass in dem engen Rahmen dieser Vorlesungen nur eine Skizze des Planes gegeben werden kann, dessen Durchführung die Arbeit einiger Generationen kosten wird. Aber es handelt sich zunächst auch nur darum, dass Sie eine Vorstellung davon gewinnen, wie ein solcher Aufbau tatsächlich möglich ist, und wie die so gestaltete Welt aussieht. Ich mache mich darauf gefasst, dass mir in Zukunft manche Missgriffe nachgewiesen werden mögen, insbesondere dass ich hier und dort unbewusst wieder in die alten Anschauungen zurückgefallen bin. Denn auch diese Tatsache, so widersprechend sie aussieht, findet der Wanderer durch die Geschichte der Wissenschaft immer wieder: Jeder, der die Beseitigung einer unhaltbar gewordenen allgemeinen Auffassung und ihren Ersatz durch eine neue sich zur Lebensaufgabe gemacht hat, muss an irgend einer Stelle seiner Vergangenheit den Tribut zahlen. So hat VOLTA¹⁰ zwar die elektrische Natur der galvanischen Erscheinungen mit unübertrefflicher Schärfe nachgewiesen; den chemischen Ursprung der Berührungselektrizität hat er aber verkannt und bestritten. So hat KOPERNIKUS¹¹ Erde und Sonne ihre Plätze tauschen lassen und dadurch die

⁸ Immanuel KANT (1724-1804), dt. Philosoph, 1770 Prof. für Logik und Metaphysik an der Univ. Königsberg. Das „Ding an sich“ ist in der Philosophie KANTS die objektive Realität, die unabhängig von der Erkenntnis existiert und nur in ihren Erscheinungen auf Grund der von den Sinnen vermittelten Erfahrungen erkennbar ist.

⁹ Josiah Willard GIBBS (1839-1903), 1871 Prof. für Mathematik und Physik an der Yale Univ. New Haven, Conn./USA-
OSTWALD verweist hier auf: GIBBS, Josiah W.: On the equilibrium of heterogeneous substances. Trans. Connecticut Academy 1876-78. Deutsch von W. OSTWALD unter dem Titel „Thermodynamische Studien von W. GIBBS“. Leipzig: Engelmann, 1892.

¹⁰ Alessandro VOLTA (1745-1827), 1774 Prof. für Physik in Como.

¹¹ Nikolaus KOPERNIKUS (1473-1543), Astronom, Privatgelehrter.

Theorie ihrer Bewegung auf eine wunderbar einfache Form gebracht; den gleichen Gedanken für die anderen Planeten durchzuführen, hat er unterlassen. So hat KANT durch die Feststellung der subjektiven Natur aller unserer Erkenntnis der ganzen künftigen Philosophie ihre Richtung gegeben; in der Kategorientafel finden wir ihn auf dem von ihm überwundenen Standpunkte wieder. Wenn solches an den ersten Geistern ihrer Zeiten geschieht, wie soll denn ein bescheidener Mitarbeiter, der nur die von ihm übernommenen Gedanken seiner großen Vorgänger getreulich durchzuführen sich bemüht, von ähnlichen Fehlgriffen frei bleiben?

So will ich denn getrost an die Arbeit gehen; was an ihr verfehlt ist, wird keinen Bestand haben, und was an ihr haltbar ist, von dem hoffe ich ernstlich, dass es bald von geschickteren Händen schöner und weiter umgebaut werden wird.¹²

An Stelle des energetischen Weltbildes, dessen allgemeine Benutzung der Zukunft angehört, ist gegenwärtig ein anderes in Gebrauch, dessen Bestandteile wir mit großer Geläufigkeit, wenn auch nicht mit entsprechender Klarheit handhaben. In welchem Verhältnis stehen die beiden Anschauungen, und wie gelangt man von der älteren auf die neuere hinüber? Dies sind die Fragen, mit denen wir uns nun beschäftigen wollen.

Unsere gewöhnliche Anschauung führt uns in erster Linie tastbare feste Körper vor, die sich uns als das Realste oder Wirklichste darstellen, was uns die Außenwelt zu bieten vermag. Daneben gibt es noch flüssige und gasförmige Körper, die zusammen das ausmachen, was man unter Materie oder Stoff versteht. Wie haben wir die Materie und die Körper energetisch aufzufassen?

Ein fester Körper, etwa ein Stück Glas, besitzt zunächst eine bestimmte Gestalt oder Form, die man zwar durch mechanische Einwirkung zu ändern vermag, aber nur in geringem Maße. Nach dem Aufhören der Einwirkung nimmt der Körper seine Gestalt wieder an.

Wir erkennen alsbald, dass die Gestaltsänderung des Körpers nur dadurch hervorgebracht wird, dass Arbeit an ihn gewendet wird. Er nimmt diese Arbeit auf und behält sie so lange, als er die veränderte Gestalt behält; in dem Maße, wie

¹² Die nachfolgenden Überlegungen wurden von OSTWALD erstmals am 8. Juni 1891 vor der Kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig dargelegt, vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Studien zur Energetik : Einleitung. 1. Das absolute Maasssystem. In: Ber. Verh. Kgl. Sächs. Ges. Wiss. - 43 (1891) , 3, S. 271-288. Zu dieser Zeit war er mit der Aufbereitung des Materials für die zweite Auflage des zweiten Bandes seines „Lehrbuches der allgemeinen Chemie“ beschäftigt und musste feststellen, dass als Folge der vier in Anwendung befindlichen „absoluten Maßsysteme“ das vorhandene Zahlenmaterial nur mit großen Schwierigkeiten zu verallgemeinern ist. Als Ausweg schlug er ein neues Maßsystem mit den Komponenten Raum, Zeit und Energie vor, da nur diese drei Größen allen Gebieten der Physik gemeinsam seien. Ins Detail gehend findet man die Darstellung dann auf den ca. 50 Seiten der drei Kapitel Einleitung des o.g. Lehrbuches, vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Lehrbuch der allgemeinen Chemie : in zwei Bänden. Bd. 2, T. 1. Chemische Energie. 2., umgearb. Aufl. Leipzig : Engelmann, 1893. - XV, 1104 S. Die Auflage von 1893 erlebte 1911 ihren letzten unveränderten Nachdruck.

Im ersten Band des mit K. DRUCKER konzipierten „Handbuches der allgemeinen Chemie“ beschäftigt sich ein Kapitel speziell mit dem Zusammenhang zwischen chemischer Energie und den anderen Energieformen, wobei auch die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse Berücksichtigung finden, vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Die chemische Literatur und die Organisation der Wissenschaft. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1919.

er sich der ursprünglichen wieder annähert, gibt er die Arbeit wieder aus, und hat sie ganz ausgegeben, wenn er seine erste Gestalt wieder angenommen hat. Man übersieht diese Verhältnisse am leichtesten an einer gespannten Uhrfeder; sie wiederholen sich aber, wenn auch oft in kleinen Abmessungen, bei allen festen Körpern. Man nennt diese Eigenschaft Elastizität.

Die Arbeit oder Energie, welche ein elastisch entfalteter Körper aufgenommen hat, hängt von seiner Form ab, und wird daher Formenergie genannt. Der ungestörte feste Körper behält seine Form, weil jede Änderung derselben mit einer Aufnahme von Energie verbunden ist. Da die Energie nicht aus nichts entstehen kann, so liegt auch keine Möglichkeit vor, dass ein fester Körper aus seinem gewöhnlichen Zustand, wo er einen Minimalwert an Formenergie besitzt, freiwillig, d. h. ohne Zufuhr fremder Energie, in den entfalteten Zustand mit mehr Energie übergehen könnte, und die Tatsache der Formerhaltung der festen Körper ist nichts als eine notwendige Folgerung aus dem Gesetz der Energieerhaltung.¹³

Außer durch Entfaltung, wie Biegung oder Drillung, kann man durch allseitigen Druck gleichfalls die Form eines festen Körpers ändern. Er bleibt dabei (im einfachsten Falle) sich selbst geometrisch ähnlich und nimmt nur ein kleineres Volumen ein. Dieser Vorgang erfordert gleichfalls zu seiner Ausführung Arbeit, und die in den Körper gesteckte Arbeit kann ihm wieder entzogen werden, während er sein früheres Volumen wieder annimmt. Wie im vorigen Falle jeder zwischenliegenden Form, so entspricht hier jedem zwischenliegenden Volumen ein bestimmter Wert der Arbeit. Da hier die Arbeit vom Volumen abhängt, so nennt man die entsprechende Energie Volumenenergie. Bei festen Körpern entspricht einer sehr bedeutenden Arbeit nur eine kleine Verminderung des Volumens; man nennt sie daher wenig zusammendrückbar. Die Gase zeigen umgekehrt eine sehr große Zusammendrückbarkeit.

Ganz dieselbe Betrachtung, wie wir sie eben für die Formenergie ange stellt haben, lässt sich auch hier geltend machen, und da sowohl auch eine Verkleinerung, wie auch eine Vergrößerung des Volumens der Energieinhalt des festen Körpers vermehrt wird, so muss auf Grund des Erhaltungsgesetzes ein fester Körper sein Volumen ebenso beibehalten, wie er seine Form beibehält, solange keine fremde Energie zugeführt wird.

Die Form- und die Volumenenergie sind bei festen Körpern eng mit einander verbunden, so dass insbesondere die letztere bei den Betätigungen der ersten sehr stark nach bestimmten Gesetzen hineinspielt. Die Einzelheiten dieser Verhältnisse entziehen sich der Erörterung an dieser Stelle.

Das Verhalten eines festen Körpers gegenüber der betastenden Hand beruht nun ganz und gar auf den eben geschilderten Energieverhältnissen. Wir spüren die Arbeit, die zur Entfaltung und Volumenänderung des Körpers erforderlich ist, und dies ist unser Kennzeichen für den festen Körper. Ich halte es für wesentlich,

¹³ Hier vermerkt OSTWALD: Vermöge eines anderen allgemeinen Energiegesetzes, das wir bald kennen lernen werden, ist auch ausgeschlossen, dass der feste Körper auf Kosten eines Teils der anderweit in ihm enthaltenen Energie freiwillig Formenergie bilden, d. h. sich freiwillig umgestalten könne.

zu betonen, dass auch beim schwachen Berühren sich diese Wirkungen geltend machen, denen ähnliche Arbeiten an den Geweben des betastenden Fingers entsprechen. Also sind es tatsächlich die räumlichen Verhältnisse der Volumen- und Formenergie, welche wir bei der Betastung erfahren; und die Feststellung des Vorhandenseins eines „Körpers“ durch Betasten, die mit Recht als eines der sichersten Kennzeichen für die tatsächliche Anwesenheit eines körperlichen Dinges angesehen wird, ergibt zunächst nichts als das Vorhandensein dieser besonderen Energien.

Nun besteht weiter die überaus wichtige Tatsache, dass an denselben Orten, wo sich Formenergie findet, stets auch noch andere Energien vorhanden sind. Tastbare Körper zeigen immer gleichzeitig Gewicht und Masse, wenn auch umgekehrt mit Gewicht und Masse ausgestattete Räume nicht immer tastbaren Inhalt zeigen; ein solcher fehlt bei den Gasen oder ist nur unter besonderen Bedingungen wahrnehmbar. Diese regelmäßige Anwesenheit von Masse und Gewicht bei den tastbaren oder festen Körpern ist ein Naturgesetz, für welches wir zunächst keine „Erklärung“ haben, d. h. dessen Zusammenhang mit anderen Naturgesetzen wir noch nicht einsehen können.¹⁴ Da aber Ausnahmen von dem Gesetz nicht bekannt sind, und dies Zusammensein sich unaufhörlich der Erfahrung darbietet, so ist es ganz erklärlich, dass diese stets gleichzeitig erscheinende Gruppe von Eigenschaften sich in einen Begriff, den der Materie, verdichtet hat, und dass in unserem Bewusstsein die Anwesenheit von Gewicht und Masse uns für den festen Körper ebenso wesentlich erscheint, wie seine Form. Diese Verhältnisse haben ihren Ausdruck in der geschilderten Zusammenstellung der sogenannten wesentlichen und allgemeinen Eigenschaften der Materie gefunden.¹⁵

Was zunächst die Erscheinungen der Schwere anlangt, so machen diese sich, wenn man wieder einen möglichst unmittelbaren Ausdruck für die Tatsachen sucht, in dem Vorhandensein von Arbeitsbeträgen an den Körpern geltend, die von ihrem Orte abhängen. Es ist bereits früher dies allgemein bekannte Verhalten zur ersten Einführung in den Begriff der Arbeit benutzt worden.¹⁶ Wir wollen es jetzt genauer betrachten.

Im allgemeinen ist jede Lageänderung eines schweren Körpers mit einer Änderung der in ihm enthaltenen Arbeit verbunden. Um ihn zu heben, müssen wir ihm Arbeit zuführen. Lassen wir ihn umgekehrt sinken, so kann er Arbeit leisten. Dazwischen muss es aber offenbar Bewegungen geben, bei denen die positive Energieänderung in die negative durch den Nullwert hindurchgeht, d. h. es muss Bewegungen geben, die ohne Änderung des Arbeitsinhaltes des Körpers ausgeführt werden können. Die Gesamtheit dieser Bewegungen mit der Arbeit Null liegt in einer durch den Körper hindurchgelegten Fläche, die für nicht zu große Erstreckungen (einige hundert Meter) als eine horizontale Ebene angesehen wer-

¹⁴ Hier vermerkt OSTWALD: Später wird ein solcher Zusammenhang aufgezeigt werden.

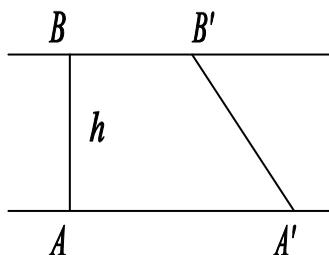
¹⁵ Hier verweist OSTWALD auf die Beschreibung der Eigenschaften von Materie in der achten Vorlesung.

¹⁶ Hier verweist OSTWALD ebenfalls auf die achte Vorlesung.

den kann. In Bezug auf die ganze Erdoberfläche ist sie eine (nicht ganz genaue) Kugelfläche.

Der scheinbare Widerspruch mit der Erfahrung, der darin liegt, dass sehr schwere Körper sich auch in dieser Fläche nicht ohne Arbeit fortbewegen lassen, erklärt sich aus dem Umstande, dass es nicht vollkommen gelingt, die Körper so zu lagern, dass sie bei ihren Bewegungen nicht auch noch andere Arbeiten, als in Bezug auf die Schwere zu leisten haben. Durch die verschiedene Leichtigkeit, mit der sich z. B. ein Karren und ein gleich schweres, gut gebautes Fahrrad über die gleiche Fläche bewegen lassen, wird man von der Anwesenheit dieser anderen Arbeiten (Reibung) überzeugt. Die jetzt anzustellenden Betrachtungen gelten für den Fall, dass die Reibung ausgeschlossen, bzw. in Rechnung gebracht ist.

Eine solche Fläche, in welcher Bewegung ohne Arbeit erfolgen kann, wird durch die Oberfläche einer ruhigen Flüssigkeit dargestellt, denn in den Flüssigkeiten können sich die Anteile der Schwere entsprechend frei bewegen, und sie stellen sich daher endlich so ein, dass alle möglichen Schwerebewegungen stattgefunden haben und dass kein Anteil mehr vorhanden ist, durch dessen Senkung Arbeit gewonnen werden könnte. Jede Richtung in dieser Fläche nennen wir waagrecht und können daher die Fläche selbst die Waagfläche nennen; im Deutschen wird vorwiegend das Wort Niveaulfläche angewendet. Durch jeden beliebigen Punkt oberhalb der Erdoberfläche lässt sich eine solche Waagfläche legen, und diese alle umhüllen die Erde in Gestalt immer größer werdender Kugeln.



Wir legen nun durch einen bestimmten Punkt A , in dem sich ein schwerer Körper befindet, eine Waagfläche AA' . Dann denken wir uns diesen Körper auf einen höheren Punkt B gehoben und legen durch diesen eine zweite Waagfläche BB' . Für die Hebung wird eine bestimmte Arbeit verbraucht, die durch das Produkt fh gegeben ist, wo f das Gewicht des Körpers (in Dynen¹⁷) und h die Erhebung AB bedeutet. Die Arbeit gewinnen wir wieder, wenn wir den Körper wieder in seine erste Lage bringen.

Nun braucht es keine Arbeit, um den Körper aus irgend einem Punkte der Waagfläche in irgend einen anderen Punkt derselben Waagfläche zu bringen. Daraus folgt, dass die Bewegung des Körpers von irgend einem Punkte der Waagfläche A zu irgend einem Punkte der zweiten immer dieselbe Arbeit fh erfordert. Denn wir können zuerst den Körper aus seiner Lage in den zuerst betrachteten Punkt der ersten Waagfläche bringen, wozu keine Arbeit erforderlich ist. Dann lassen wir ihn seinen früheren Weg h ansteigen, wozu die Arbeit fh dem Körper zugeführt wird, und schließlich verschieben wir ihn innerhalb der oberen Waag-

¹⁷ Dyn = veraltete Einheit der Kraft. OSTWALD verweist hier wieder auf die achte Vorlesung.

fläche weiter bis zu dem zweiten gewählten Punkt. Hierzu ist wieder keine Arbeit erforderlich. Das Gesamtergebnis ist wieder nur die Arbeit fh .

Man könnte sagen, dass allerdings auf diesem bestimmten Wege nur die Arbeit fh aufgenommen wird, dass aber auf irgend einem anderen Wege zwischen diesen beiden Punkten eine andere Arbeit stattfinden könne. Nehmen wir an, dies sei wahr, und die Arbeit auf dem Wege AB sei gleich a , die auf einem anderen Wege zwischen den durch die Linien AA' und BB' dargestellten Waagflächen, etwa auf dem Wege $A'B'$ sei a' , verschieden von a . Dann können wir den Körper auf dem Wege $ABB'A'A$ herum und wieder in seinen Ausgangspunkt zurückführen, und würden dabei folgende Arbeitsrechnung erhalten. Von A nach B gewinnt er die Arbeit a ; von B nach B' ist die Arbeit Null, von B' nach A' verliert er die Arbeit a' und von A' nach A ist die Arbeit Null. Der Gesamtgewinn beträgt $a - a'$, nachdem der Körper wieder an seinen Ort zurückgekommen ist. Da seine Arbeit nur von seinem Ort abhängt, so muss dieser Gewinn gleich Null sein, denn hätte er einen endlichen Betrag, so wäre Arbeit aus nichts entstanden, oder in nichts verschwunden. Da beides nicht eintritt, so muss in der Tat $a - a' = 0$ sein, oder $a = a'$, was zu beweisen war.

So simpel diese Beweisführung aussieht, so brauchbar ist sie, und auch in den fortgeschrittensten Teilen der Wissenschaft wird sie immer wieder angewendet; es hat daher einen Wert, dieses Beweisverfahren mittelst eines „Kreisprozesses“ in dem vorliegenden einfachsten Falle kennen zu lernen. Es beruht, wie man sieht darauf, dass man den Körper durch eine Reihe von Änderungen wieder in seinen anfänglichen Zustand zurückkehren lässt, und alles, was mit ihm unterwegs geschehen ist, in Rechnung setzt. Da durch die Rückkehr in den Anfangszustand der Körper auch seinen früheren Energiewert wieder angenommen hat (hierin besteht ja die Definition eines bestimmten Zustandes), so muss die Summe aller eingenommenen und abgegebenen Energiebeträge gleich Null sein, und stellt man die einzelnen Posten dieser Summe auf, a, a', a'' u.s.w., so kann man immer eine Gleichung von der Gestalt $a + a' + a'' + \dots = 0$ aufstellen, aus der sich dann mannigfaltige Schlüsse ziehen lassen.

Eine Bemerkung muss noch an den Beweisgang geknüpft werden. Er ist so geführt worden, dass das Gesetz von der Erhaltung der Arbeit vorausgesetzt war, und daraus der Schluß gezogen worden ist, dass die Arbeit zwischen zwei Waagflächen unabhängig vom Weg ist. Der geschichtliche Entwicklungsgang war umgekehrt. Es wurde anfangs vermutet, dass die Arbeit tatsächlich vom Wege abhängig sei, und die Erfinder strengten ihren Scharfsinn an, einen solchen Gesamtweg zu finden, dass dabei ein positiver Arbeitsbetrag übrig blieb, der zu andern Leistungen verwendet werden könnte. Die Herstellung eines solchen Perpetuum mobile, oder vielmehr Automobile, wollte auf keine Weise gelingen, und so wurde allmählich die Unmöglichkeit eines solchen anerkannt. Dies sah aus, als wäre an dem Problem ein „großer Aufwand schmachlich vertan“, und als wären alle diese Bemühungen nutzlos gewesen. Es ist aber niemals nutzlos, bestimmte Tatsachen allseitig festzustellen; man muss nur wissen, wo der Nutzen zu suchen ist. Hier hat sich aus der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile der

positive Satz von der Erhaltung der Arbeit ergeben, und dies ist ein Erfolg, dessen Nutzen gar nicht überschätzt werden kann. Denn die ganze Entwicklung der exakten Wissenschaften seit einem halben Jahrhundert ist unmittelbar von dieser Erkenntnis abhängig.¹⁸

Hält man die eben angestellten Betrachtungen mit der angegebenen Zerlegung der Arbeit in ihre Faktoren Weg und Kraft zusammen,¹⁹ so wird man bei der Betrachtung der Figur alsbald gewahr, dass für die gleichen Arbeiten zwischen den Waagflächen A und B ganz verschiedenen lange Wege AB und $A'B'$ zurückgelegt worden sind. Daher müssen auch notwendig die zugehörigen Kräfte verschieden sein. Dies ist in der Tat der Fall; denn es ist ja eine elementare Wahrheit, dass auf einer schiefen Ebene eine Last mit viel geringerer Kraft, aber dafür auf einem entsprechend längeren Wege gehoben werden kann. Die gewöhnliche Physik betrachtet die Kräfte als das Grundlegende, und lehrt die Berechnung derselben auf ihren verschiedenen Wegen durch geometrische Betrachtungen über Kräftezerlegung und wirksame wie wirkungslose Komponenten. Von all dieser Verwicklung können wir absehen, wenn wir einfach den Arbeitsbegriff zu Grunde legen. Kennen wir die Arbeit zwischen zwei Waagflächen, so brauchen wir nur den Weg zu messen, der für die Beförderung unserer Last vorgeschrieben ist, um durch Dividieren dieses Weges in die Arbeit die (mittlere) Kraft über diesen Weg zu erhalten.

Ich bin auf diesen Punkt eingegangen, um Ihnen zweierlei zu zeigen. Aus diesem einfachen Beispiele ergibt sich die große Vereinfachung der Anschauung und Rechnung, die man in der Mechanik durch die Begründung auf den Arbeitsbegriff gewinnt. Hieraus lässt sich zunächst schließen, dass der Arbeits- und der allgemeine Energiebegriff in der Tat viel zweckmäßigere Denkmittel zur Bewältigung der Erscheinungen sind, als die früher gebräuchlichen Kraftbetrachtungen. Es ist nicht überflüssig hierauf hinzuweisen, denn seit einem Jahrhundert besteht das Verfahren der mathematischen Physik darin, jedem Problem gegenüber zunächst die dabei wirksamen Kräfte anzusetzen, und hieraus die weiteren Schlüsse zu ziehen. Man kann sich in jedem einzelnen Falle überzeugen, dass es bei weitem zweckmäßiger ist, zunächst nicht nach den Kräften, sondern nach den Arbeiten, allgemein den Energien zu fragen, und nach deren Ansatz die weiteren Rechnungen vorzunehmen. Mathematisch gesprochen, erspart man sich dadurch eine Integration, und was dies für ein gewaltiger Gewinn ist, weiß jeder, der auch nur einen Blick in die Summe von Scharfsinn und Arbeit geworfen hat, welche die mathematische Physik an die Integration ihrer Ansätze hat wenden müssen, und in die notwendigen Vernachlässigungen und willkürlichen Annahmen, unter denen allein häufig die erforderliche Integration nur ausführbar wird. Zweitens aber ist die gleiche Vereinfachung auch für den elementaren Unterricht erzielbar, wenn man vom Arbeitsbegriff ausgeht. Ich habe diese Ansicht

¹⁸ 1892 begründete OSTWALD als Erster die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile auf der Grundlage des II. Hauptsatzes, vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Studien zur Energetik. 2. Grundlinien der allgemeinen Energetik. In: Ber. Verh. Kgl. Sächs. Ges. Wiss. - 44 (1892), 3, S. 211-237. Mit diesem Problem wird sich die zwölfte Vorlesung beschäftigen.

¹⁹ Hier verweist OSTWALD auf die achte Vorlesung.

nach dem Vorgange größerer Männer immer wieder vertreten, und bei den Verfassern der physikalischen Lehrbücher wenigstens soviel erreicht, dass sie sich entschuldigen, warum sie diese immer wiederholte Forderung nicht erfüllen. Die gewöhnliche Begründung ist, dass der Energiebegriff ein zu schwieriger, und dass der Kraftbegriff das „natürlich Gegebene“ sei, da ja erst durch das Produkt aus Kraft und Weg die Energie entstehe. Hierbei hat eine Verwechslung zwischen dem stattgefunden, was den Autoren vermöge des von ihnen erfahrenen Bildungsganges als das Näherliegende erschien, und dem, was vermöge seiner objektiven Beschaffenheit das Einfachere ist. Das Gegebene ist, was wir durch unsere Sinne erfahren, und diese reagieren, wie wir eben gesehen haben, nicht auf „Kräfte“, sondern auf Energien. Schon in solchem Sinne ist also unzweifelhaft die Energie das Ursprünglichere. Aber auch insofern, als sie in Faktoren zerlegt werden kann, muss sie als das Ursprünglichere angesehen werden. Denn wie man die Zerlegung vornimmt, ist, wie wir eben gesehen haben, in großem Umfange willkürlich; man kann den Weg zwischen den Waagflächen auf beliebig viele Weise wählen, und erhält dem gemäss beliebig viele verschiedene Kräfte für dieselbe Arbeit. Die Arbeit ist also der allgemeinere Begriff gegenüber dem zufälligen Produkt von Kraft und Weg, das man gewählt hat, und daher im Sinne der früher angestellten Betrachtungen²⁰ auch ganz sicher der elementarere Begriff.

Es handelt sich hier um eine praktische Frage von größter Bedeutung. Auch die Energiemenge, welche der jugendliche Geist für die Erlernung seines Denkmaterials aufwenden kann, hat einen begrenzten Betrag, und um die höchste Leistung zu erzielen, müssen die nutzlosen Energieverluste durch ungeeignete Wege ebenso sorgfältig vermieden werden, wie wir an unseren Maschinen die unnützen Energieverluste durch Reibung vermeiden. Solche Verluste bedeuten nicht nur eine zwecklose Vernutzung brauchbarer Energie, sondern die vernutzte Energie beginnt nur zu leicht einen unmittelbaren Schaden auszuüben, wie z.B. das Heißlaufen und die entsprechende Zerstörung der Achsenlager zeigt. Die entsprechenden geistigen Erscheinungen, wo die zwecklos vergeudete Energie zu positiven Schädigungen der geistigen Werkätigkeit führt, sind so zahlreich, dass ich Ihnen die Aufsuchung derselben aus Ihrer eigenen Erfahrung überlassen darf.

Fragt man, wodurch die Lehre auf diesen ungeeigneten Weg gelangt ist, so ergibt sich die Antwort dafür aus der Form, in welcher die Arbeitsverhältnisse der schweren Massen des Weltraumes zuerst der wissenschaftlichen Rechnung zugänglich gemacht worden sind. Die ersten Wege, welche die Wissenschaft findet, sind sicher nicht immer die einfachsten, und in der subjektiven Form, welche ein objektives wissenschaftliches Ergebnis in dem Kopfe seines ersten Entdeckers annimmt, liegt viel mehr Willkür, als man gewöhnlich vermutet.

So verdanken wir Isaac NEWTON²¹ die große Entdeckung, dass die gleichen Gesetze, nach welchen die Bewegungen der schweren Körper auf der Erdoberfläche verlaufen, sich unter passender Ausgestaltung auch auf die Bewegungen

²⁰ Hier verweist OSTWALD auf die Ausführungen zur Begriffsbildung am Anfang der fünften Vorlesung.

²¹ Sir Isaac NEWTON (1643-1727), engl. Physiker, Mathematiker und Astronom.

aller Himmelskörper anwenden lassen. Seine Formulierung dieses Ergebnisses ist bekanntlich die nachstehende. Während GALILEI²², der Entdecker der Gesetze der Schwere, die irdischen Bewegungen einer konstanten Kraft, der Schwerkraft zugeschrieben hatte, und sie unter dieser Voraussetzung mathematisch im Einklang mit den Beobachtungen entwickelte, hatte NEWTON gezeigt, dass wenn man diese Kraft nicht als konstant betrachtet, sondern als eine Funktion der Entfernung der aufeinander wirkenden Körper, man zu einer mathematischen Darstellung der an den Weltkörpern vorhandenen Bewegungen gelangt. Und zwar ist die zwischen zwei Weltkörpern wirkende Kraft gegeben durch den Ausdruck $f = MM'/r^2$, wo M und M' zwei den Körpern eigentümliche Konstanten sind, die ihren Massen proportional sind, während r der gegenseitige Abstand der Körper ist.

Der außerordentliche Erfolg, welchen dieser Ansatz für die Darstellung der gesamten Schwerebewegungen, der himmlischen wie der irdischen, gehabt hat, ließ die sehr naheliegende Meinung entstehen, dass in gleicher Gestalt auch alle anderen Erscheinungen erklärt werden könnten. Indem man übersah, dass die von NEWTON gewählte Form zwar geschichtlich, aber nicht gleichermaßen methodisch begründet ist, hielt man an dieser Form als dem großen wissenschaftlichen Hilfsmittel fest, und bemühte sich, den Kraftbegriff auch auf die anderen Erscheinungen anzuwenden.

Die Entwicklungsgeschichte der Physik hat gezeigt, dass es sich hier um einen großen Irrtum gehandelt hat. Selbst die Gebiete, in denen zunächst ein mit dem NEWTON'schen Gesetz formal übereinstimmendes Kraftgesetz der Wechselwirkung entdeckt wurde, die Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus, haben unter dem Drange der Notwendigkeit diese Beziehung in die zweite oder dritte Stelle schieben müssen, und die heutigen Darstellungen lassen das Anziehungsgesetz der elektrischen oder magnetischen Massen als ein sekundäres Nebenergebnis der allgemeinen Theorie erscheinen. Hierbei handelt es sich nicht sowohl, wie man es meist dargestellt findet, um den Ersatz der Lehre von den Fernkräften durch eine solche von den Nahekräften, sondern es tritt vielmehr der Kraftbegriff selbst mehr und mehr in den Hintergrund, und die Ansätze und Schlüsse beziehen sich auf die elektrischen und magnetischen Arbeiten, bzw. die Faktoren dieser Energiearten.

Wir werden dem gemäss auch die allgemeine Schwereenergie nicht im NEWTON'schen Sinne der Kraftwirkung, sondern im Sinne der Arbeitswirkung aufzufassen haben. Wir folgen hiermit den Wegen, die zuerst der Begründer der gesamten Energetik, Julius Robert MAYER, gewiesen hat und gegangen ist, ohne bisher viel Nachfolge zu finden.

Hiernach werden wir zunächst sagen, dass die Energie, welche zwei Körpern vermöge ihres gleichzeitigen Vorhandenseins im Raume zukommt, von ihrer gegenseitigen Entfernung abhängt. Sie ist am größten, wenn die Entfernung am weitesten ist, und nimmt mit zunehmender Näherung ab. Berühren sich die Körper, so stellt sich ein Gleichgewicht zwischen ihrer Distanzenergie (oder Gravitations-

²² Galileo GALILEI (1564-1642), ital. Naturforscher.

energie) und ihrer Formenergie heraus, welche eine weitere Annäherung verhindert. Dies ist beispielsweise bei allen auf der Erdoberfläche liegenden Körpern der Fall.

Es enthalten also zwei im Raume getrennte Körper (und ebenso beliebig viele) eine bestimmte Menge Distanzenergie, die bei weitester Entfernung den größten Wert hat. Nennen wir diesen größten Wert D , so ist die in der Entfernung r vorhandene Distanzenergie E gegeben durch die Formel

$$E = D - jM_1M_2/r,$$

die bei unendlich großem r in $E = D$ übergeht, wie es nach der Voraussetzung sein soll. Ihr kleinster Wert ist durch den kleinsten Wert bestimmt, welchen r vermöge der Gestalt und der Formenergie der beiden Körper annehmen kann. Da sich hierfür noch keine bestimmte Zahl angeben lässt, so bleibt auch D unbekannt; nur muss D jedenfalls größer sein als der größte Wert, den jM_1M_2 bei größter Annäherung der Körper, also kleinstem r annehmen kann. Übrigens ist D ein zwar unbekannter, aber ganz bestimmter, für die Körper unveränderlicher Wert. Die beiden Größen M_1 und M_2 sind Konstanten, die von der Natur der Körper abhängen und ihren Massen proportional sind; j endlich ist die sogenannte allgemeine Gravitationskonstante, eine Zahl, die nur von den benutzten Einheiten abhängt und für die Gravitationsenergie charakteristisch ist.

Die Größen M_1 und M_2 misst man in Grammen, denn da das Gewicht der Körper an der Erdoberfläche auch eine Wirkung eben derselben Energie ist, so sind zwei Körper von gleichem Gewicht solche, deren M -Werte gleich sind. Die Entfernung r wird in Zentimetern ausgemessen, die Distanzenergie E in Erg.²³ Setzt man diese Einheiten voraus, so ergibt sich die Konstante

$$j = 6 \cdot 6 \times 10^{-8}.$$

Man findet diese Zahl, indem man für zwei Körper von bekanntem Gewicht m_1 und m_2 die Arbeit misst,²⁴ welche bei einer Näherung von der Entfernung r_1 auf r_2 geleistet wird.

Diese ist offenbar der Unterschied der entsprechenden beiden Energien E_1 und E_2 . Beim Subtrahieren hebt sich die ungekannte Größe D heraus, und man erhält die Gleichung

$$E_1 - E_2 = jm_1 m_2 (1/r_2 - 1/r_1)$$

und daraus

$$j = \frac{E_1 - E_2}{m_1 m_2 (1/r_2 - 1/r_1)}.$$

²³ Hier verweist OSTWALD auf die achte Vorlesung.

²⁴ Hier vermerkt OSTWALD: Die gewöhnliche Darstellung besagt, es werde die Kraft bestimmt, welche zwischen den beiden einander anziehenden Massen besteht. Sachlich sagen beide Ausdrucksweisen das Gleiche; ich habe die im Text gegebene bevorzugt, weil sie allgemeiner ist.

Wie man sieht, ist j außerordentlich klein. Dies entspricht dem Umstande, dass man für gewöhnlich von den Arbeiten bei der gegenseitigen Näherung oder Entfernung der irdischen Körper nichts merkt und sehr empfindlicher Messinstrumente bedarf, um sie überhaupt kennen zu lernen. Nur die aus den Lageänderungen der Körper zur Erde (deren Masse sehr groß ist) entspringenden Arbeiten kommen in unserer gewöhnlichen Erfahrung vor. Die dieser Gravitationswirkung entspringende Kraft nennen wir das Gewicht.

Wie kommen wir nun zu dem Satze, dass die Arbeiten, welche auf der Erdoberfläche gegen das Gewicht geleistet werden, der Erhebung einfach proportional sind? Aus der oben stehenden Gleichung geht dies nicht unmittelbar hervor, denn sie ergibt, wenn wir diese Arbeit $E_1 - E_1 = E$ setzen, und mit M die Masse der Erde, mit m die des Körpers bezeichnen

$$E = jMm (1/r_2 - 1/r_1).$$

Nun sei R der Erdradius und h die Erhebung unseres Körpers, so ist zu setzen $r_1 = R + h$ und $r_2 = R$. Hieraus folgt nach einer einfachen Umformung

$$E = jMmh/(R^2 + Rh),$$

während das Galileische Gewichtsgesetz nur $E = mgh$ ergibt, wenn g das Gewicht der Masseneinheit ist. Damit beide Gleichungen übereinstimmen, muss offenbar

$$g = jM/(R^2 + Rh)$$

gesetzt und der letzte Ausdruck als eine Konstante angesehen werden, was offenbar nicht streng zulässig ist.

Das Veränderliche an dem Ausdrucke ist $R^2 + Rh$, da h beliebig ist. Hat nun aber h einen im Verhältnis zu R sehr kleinen Wert, so ist auch das Glied Rh sehr klein im Verhältnis zu R^2 , und es ergibt keinen messbaren Unterschied, ob man es beibehält oder vernachlässigt. Nun ist $R = 636000$ Meter; wenn wir also auch Hebungen über mehr als 600 m betrachten, so ändert sich hierdurch der Wert des Ausdruckes nur um ein Tausendstel seines Betrages.

Auf Grund der eben angestellten Betrachtungen gewinnen wir nun auch ein Verständnis dafür, warum stets die Formenergie mit der Schwereenergie zusammen vorkommt, d. h. warum die uns bekannten festen Körper alle schwer sind. Denken wir uns, es gäbe einen festen Körper, der nicht schwer ist, d. h. dessen Entfernung von der Erde ohne Arbeitsleistung bewerkstelligt werden könnte. Dann würde er jedenfalls längst aus unserer Gesichtskreise verschwunden sein. Denn da ihn auf der Erde nichts festhält, so wird er eben nicht auf ihr bleiben, weil der geringste Stoß ihn von hier fortbewegt, ohne dass eine Ursache für seine Rückkehr vorhanden ist. Alles, was der Erde bleibend angehören soll, muss daher notwendig schwer sein, und wir können in unserer Wohnkreise gar keine anderen begrenzten Energiegebiete dauernd anzutreffen erwarten, als solche, die gleichzeitig Schwereenergie enthalten.

Eine Ausnahme bildet nur in gewissem Sinne die strahlende Energie, die von der Schwere frei ist, und von deren Anwesenheit auf der Erde wir doch Kunde haben. Aber die strahlende Energie besucht die Erde auch nur zu flüchtigem Gruß und enteilt alsbald wieder in den Weltraum, wenn sie nicht in andere Energiearten umgewandelt wird, die wieder mit der Schwereenergie verbunden sind.

Auch die umgekehrte Betrachtung ist lehrreich. Denken wir uns, wir hätten einen gewissen Raum, der ebenso ein Träger von Schwereenergie wäre, wie es ein fester Körper ist, in diesem Raume sei aber keine Formenergie enthalten. Dann können wir auch nichts anstellen, um aus diesem Gebilde Arbeit zu gewinnen, denn wir können es auf keine Weise packen und an andere Orte bringen. Praktisch ist es also einerlei, ob diese besondere Art Schwereenergie vorhanden ist, oder nicht. Um halbwegs eine Anschauung zu haben, denke man an die Luft, die Schwere besitzt, aber nicht wie ein Gewicht an der Uhr aufgezogen werden kann. Aus der Luft kann man nicht, wie aus einem festen Körper, Arbeit gewinnen, indem man sie für sich an einen anderen Ort bringt. Erst wenn man sie oder ein anderes Gas in einen aus festen Körpern gebildeten Raum einschließt, den sie nicht verlassen kann, lässt sie sich wie ein fester Körper zur Gewinnung von Schwerearbeit gebrauchen. Hier treten indessen noch andere Energiearten in Mitwirkung, auf die erst später eingegangen werden kann. Ein genaueres Beispiel wäre ein schwerer ausdehnungsloser Punkt, der alle festen Körper durchdringen kann. Ein solcher Punkt könnte sehr wohl Schwereenergie enthalten, würde uns aber in keiner Weise zur Kenntnis kommen, da wir ihn nicht fassen und seine Lage nicht ändern könnten, und er daher die Energieverhältnisse anderer, kontrollierbarer Dinge nicht beeinflussen würde.

Diese Betrachtungen, denen sich für die anderen Energiearten ähnliche anschließen lassen, zeigen, dass das Zusammenvorkommen der verschiedenen Energien, das uns anfangs so rätselhaft erschien, und zu dessen sogenannter „Erklärung“ die Annahme eines besonderen Trägers, der Materie, gemacht worden ist, eine Notwendigkeit dafür ist, dass wir von diesen Energien überhaupt Kunde haben. Die Sache liegt also nicht so, dass man fragen muss: warum kommen diese verschiedenen Energien immer in denselben begrenzten Räumen, den Körpern, zusammen vor? Sondern man muss sagen: nur von den Räumen, wo sie zusammen vorkommen, haben wir Kunde; sie mögen auch einzeln vorkommen; solche Energien können aber nie auf unsere Sinne oder Messapparate übergehen, und bilden daher keinen Bestandteil unseres Weltbildes.

Durch diese Betrachtungen haben wir zunächst eine Übersicht über das gewöhnliche Verhalten der festen Körper gewonnen. Wir sehen, dass die energetische Darstellung den großen Vorzug hat, dass wir für die Tatsachen einen Ausdruck gewinnen, der vollkommen frei von hypothetischen Annahmen ist. Dies lässt sich daran erkennen, dass jeder für diese Darstellung eingeführte Begriff eine aufweisbare und messbare Größe oder Stärke hat, und dass nichts von den Körpern angenommen oder behauptet wird, was man nicht durch Versuch und Messung prüfen und nachweisen kann.

Die gleiche Forderung werden wir weiter an die Darstellung der Erscheinungen stellen müssen, welche eintreten, wenn man die Formänderungen eines festen Körpers über ein bestimmtes Maß hinaus stattfinden läßt. Dann verhalten sich die verschiedenen Körper verschieden: einige ändern bloß ihre Gestalt, andere teilen sich dabei in kleinere Teile, sie zerreißen oder zerbrechen.

Im ersten Falle nehmen wir stets eine Erwärmung wahr. Das heißt, die dem Körper für die Veränderung seiner Form mitgeteilte Arbeit bleibt nicht als Formenergie in ihm, sondern geht in eine andere Energieart, die Wärme, über. Diese aber zerstreut sich alsbald durch Leitung im Innern des Körpers und durch Strahlung nach außen, so dass sie nicht mehr für die entgegengesetzte Umwandlung zur Verfügung bleibt. Dann ist keine Energie vorhanden, durch welche der Körper wieder in seine frühere Form gebracht werden könnte, und dieser behält seine neue Gestalt.

Man bezeichnet solche Körper als unelastisch gegenüber den elastischen Körpern, welche die zugeführte Entstellungsarbeit als Formenergie aufnehmen und aufbewahren, und aus denen daher diese Arbeit unter Eintreten der früheren Gestalt wieder entnommen werden kann.²⁵

Aber auch die elastischen Körper nehmen Formenergie nicht bis ins Unbegrenzte auf; biegt man einen Stahlstab weiter und weiter, so tritt zunächst ein teilweiser Übergang in Wärme ein, und es kann nur ein Teil der zugeführten Arbeit wiedergewonnen werden, indem der Stab seine frühere Gestalt nicht wieder annimmt, sondern etwas verbogen bleibt. Bei noch weiter fortgesetzter Biegung bricht der Stab endlich. Solche Teilungen treten bei jeder Art der Formbeanspruchung, beim Drillen, Dehnen, Drücken u. s. w. ein.

Gewöhnlich schreibt man diese Erscheinungen einer zwischen den kleinsten Teilchen des Körpers bestehenden: „Kohäsionskraft“ zu, indem man annimmt, dass zwischen diesen Teilchen Anziehungskräfte nach Art der Gravitation wirken, deren näherer Einfluss aber wieder durch eine andere Kraft, die „Repulsionskraft“²⁶, bei einer bestimmten Stellung aufgehoben werden soll. Da man mit den kleinsten Teilchen oder der sogenannten Molekülen der Körper, zwischen denen diese Kräfte tätig sein sollen, nicht experimentieren kann, so ist es auch nicht möglich, irgend eine Entscheidung darüber zu gewinnen, ob sie wirklich vorhanden oder nur eingebildet sind; von den kleinsten Teilchen oder Molekülen selbst gilt dasselbe.²⁷ Das einzige, was man auf diesem Wege tun kann, um die tatsächlichen

²⁵ Hier verweist OSTWALD auf den Anfang dieser Vorlesung.

²⁶ Repulsionskraft = Abstoßungskraft.

²⁷ Um 1908 hat OSTWALD seine Meinung hinsichtlich der Existenz der Atome und Moleküle geändert. Am 17.11.1908 schrieb er an den englischen Chemiker W. RAMSAY: *Von den Atomen und Molekülen hat mich J. J. Thomson und die Brownsche Molekularbewegung überzeugt, doch bin ich noch kein Enthusiast geworden, weil ich mein Gehirn nicht so schnell umkrepeln kann. Auch Arrhenius ist von Einfluss gewesen....*, vgl.: GOODALL, David C.; HANSEL, Karl: William Ramsay und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen. Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V., Sonderheft 11, S. 219-220. 1910 schrieb OSTWALD als Begründung für seine Meinungsänderung: *...Inzwischen hat sich die Sachlage bezüglich des Atoms in entscheidender Weise geändert, denn es liegen seit kurzer Zeit der Wissenschaft eine Anzahl Arbeiten vor, durch welche das Atom als räumlich gekennzeichnetes Individuum erwiesen*

Verhältnisse darzustellen, ist, dass man diese Kräfte womöglich so annimmt, dass ihre Wirkungen die Arbeiten darstellen, welche man experimentell bei Formänderungen beobachtet. Diese Aufgabe zu lösen ist bisher nur sehr unvollkommen gelungen, und so sieht sich die heutige Molekularphysik vor zahllosen Schwierigkeiten, die nicht in der Natur der Sache liegen, sondern in dem willkürlich eingeschlagenen Wege.

Was nun das Zerreißen und Zerschneiden in energetischer Betrachtung anlangt, so nehmen wir wahr, dass es eintritt, wenn die Formenergie, die man einen gegebenen Körper aufzunehmen zwingt, einen bestimmten Betrag für die Raumeinheit überschreitet. Wir werden also die Tatsachen dahin zusammenfassen, dass jeder feste Körper eine spezifische, d. h. ihm eigentümliche Aufnahmefähigkeit für Formenergie hat. Diese ist natürlich proportional der Menge des Körpers; beim Biegen, Drillen u. s. w. werden aber die verschiedenen Teile des Körpers mit verschiedenen Mengen Formenergie beladen, und wird die maximale Grenze an irgend einer Stelle überschritten, so muss an dieser der Arbeitsüberschuss andere Formen annehmen. Die nun eintretenden Vorgänge des Zerschneidens u. s. w. sind durch die Bildung neuer Flächen am Körper ausgezeichnet. Nun kann man allgemein sagen, dass die Vermehrung der Oberfläche gleichfalls Arbeit erfordert, oder dass es eine Oberflächenenergie gibt, wie es eine Distanz- und Volumenenergie gibt. Zwar haben wir von der Oberflächenenergie bei festen Körpern keine sehr eingehende Kenntnis; bei Flüssigkeiten aber, wo die Veränderungen der Oberfläche viel leichter stattfinden, ist die Oberflächenenergie sehr gut bekannt; von ihr rühren die sogenannten Kapillaritätserscheinungen her. Das Zerreißen, Zerschneiden u. s. w. beruht also einfach darauf, dass die überschüssig zugeführte Arbeit dort, wo sie sich nicht mehr in Formenergie verwandeln kann, Oberflächenenergie bildet. Die ganze Kunst des Spaltens, Sprengens und ähnlicher, auf die Zerteilung fester Körper durch Formung gerichteter Tätigkeiten besteht darin, dass man das Maximum der Formenergie genau an den Stellen überschreitet, wo man die Trennung, d. h. die neue Oberfläche erzeugen will. Die Beobachtung der Arbeit eines Steinmetzen oder Bildhauers erläutert die Richtigkeit dieser Darstellung übrigens besser, als es lange Auseinandersetzungen könnten.

Außer den bisher geschilderten Arten der Energie können die Körper noch eine besitzen, die ihnen vermöge ihrer Bewegung zukommt. Lässt man einen festen Körper frei fallen, so verliert er einen Teil seiner Distanzenergie, und zwar proportional der Strecke, die er zurücklegt.²⁸ Da die Energie erfahrungsmäßig ebenso wenig in nichts verschwinden, wie aus nichts entstehen kann, so muss der fallende Körper seine Distanzenergie in etwas anderes verwandeln. Er zeigt keine andere neue Erscheinung, als dass er eine gewisse Geschwindigkeit annimmt, und wenn hierin seine neue Energie stecken sollte, so müsste umgekehrt ein Körper, indem er Geschwindigkeit verliert, Arbeit leisten können. Dass dies in der Tat

worden ist. Vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Nachschrift. In: Die Forderung des Tages. 2. Aufl. Leipzig : Akad. Verlagsges., 1911, S. 202.

²⁸ Hier verweist OSTWALD auf seine Ausführungen zur Gravitation in dieser Vorlesung.

der Fall ist, wissen wir. Ein mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Höhe geworfener Körper vermehrt vermöge seiner Entfernung von der Erde seine Distanzenergie; gleichzeitig vermindert sich seine Geschwindigkeit, und ist alle Energie, die er aus letzterer Ursache besitzt, verbraucht, d. h. ist die Geschwindigkeit Null geworden, so steigt er auch nicht mehr an, da er keine weitere Distanzenergie mehr bilden kann. Er beginnt dann zu fallen, und langt er schließlich wieder unten an der Stelle (oder in derselben Waagfläche) an, von der aus er geworfen worden ist, so hat er auch die gleiche Geschwindigkeit wieder angenommen, nur dass sie jetzt nach unten gerichtet ist.

Diese gegenseitige Umwandlung der beiden Energien ist noch anschaulicher am Pendel zu beobachten, wo immer wieder die Umwandlung der einen Form in die andere stattfindet, so dass die Geschwindigkeit im höchsten Punkte Null, und im niedrigsten am größten ist.

Wir nennen diese neue Art der Energie die Bewegungsenergie, und fragen uns, ob außer der Geschwindigkeit noch ein anderer Umstand auf ihren Betrag Einfluss hat. Die Antwort muss bejahend lauten, denn wenn ein Kork und ein Stein mit derselben Geschwindigkeit gegen unseren Körper geworfen werden, empfinden wir den Stein sehr viel stärker. Ebenso kostet es, wie die unmittelbare Empfindung erkennen lässt, viel mehr Arbeit, um einem großen Stein eine bestimmte Geschwindigkeit zu erteilen, als einem kleinen.

Diese besondere Eigenschaft, von der die Energie eines bewegten Körpers außer seiner Geschwindigkeit abhängt, nennt man Masse. Man muss daran ganz bestimmt festhalten, dass im wissenschaftlichen Sprachgebrauch das Wort Masse keine andere Bedeutung hat, als diese Beziehung zur Bewegungsenergie. Insbesondere die Definition, die man überall, auch in sonst sorgfältig geschriebenen Lehrbüchern findet, die Masse sei die Quantität der Materie, ist ein schädlicher Unsinn, denn es wird hierbei niemals erklärt, was erstens die Materie ist, und wie zweitens ihre Quantität bestimmt werden soll. Wie man im Sinne der Bewegungsenergie diese Masse definiert, werden wir alsbald genau sehen.

Denken wir uns einen Körper so angeordnet, dass seine Bewegungen in einer Waagfläche erfolgen, dass er also keine Schwereenergie aufnehmen oder verlieren kann, und führen ihm, etwa durch Entspannung einer Feder, eine bestimmte Menge Arbeit zu, so gewinnt er eine gewisse Geschwindigkeit. Wir nehmen einen anderen Körper, und wenden die gleiche Arbeit an ihn; er wird im allgemeinen eine andere Geschwindigkeit erhalten. Nehmen wir etwas von dem Körper fort, oder fügen wir etwas zu, so wird sich die Geschwindigkeit ändern, die er durch die gleiche Arbeit erhält, und wir können ihm schließlich eine solche Größe geben, dass er die gleiche Geschwindigkeit annimmt, wie der erste Körper. Dann sagen wir, dass beide Körper gleiche Massen besitzen, denn es kann der eine für den anderen genommen werden, ohne dass bei gleicher Arbeit die Geschwindigkeit eine andere wird.

Da die zwei Körper sich neben einander mit dieser gleichen Geschwindigkeit bewegen können, ohne einander zu stören, so können wir beide neben einander in Bewegung setzen. Dabei werden wir für jeden die gleiche Arbeit wie

früher brauchen, also für beide zusammen, d. h. die doppelte Masse, die doppelte Arbeit. Es wächst also die Arbeit, welche zur Herstellung einer bestimmten Geschwindigkeit erforderlich ist, und also auch die Bewegungsenergie proportional der Masse.

Nennen wir eine Geschwindigkeit verdoppelt, wenn der Körper in derselben Zeit den doppelten Weg zurücklegt, so können wir nicht ohne weiteres auch behaupten, dass bei doppelter Arbeit an derselben Masse auch die Geschwindigkeit verdoppelt wird. Denn zwei Massen lassen sich allerdings durch einfaches Aneinanderlegen addieren; zwei gleiche Geschwindigkeiten beeinflussen sich aber überhaupt nicht, und lassen sich daher nicht unmittelbar addieren. Geschwindigkeit ist im energetischen Sinne nicht eine Größe, sondern eine Stärke,²⁹ und erst der Versuch kann über die Beziehung zwischen Arbeit und Geschwindigkeit bei konstanter Masse entscheiden.

Der Versuch ergibt, dass, um die doppelte Geschwindigkeit an derselben Masse zu erzielen, die Arbeit nicht nur verdoppelt, sondern vervierfacht werden muss. Allgemein verhalten sich die verbrauchten Arbeiten und damit die entstandenen Bewegungsenergien wie die Quadrate der erzeugten Geschwindigkeiten.

Nimmt man dies mit dem vorigen Ergebnis zusammen, so ist die Bewegungsenergie proportional dem Produkt aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit zu setzen. Aus bestimmten Gründen setzt man beide nicht gleich, sondern nennt das halbe Produkt aus Masse und Geschwindigkeitsquadrat die Bewegungsenergie. An Stelle des letzteren Namens benutzt man auch den der lebendigen Kraft. Doch ist diese Bezeichnung sehr unzweckmäßig, da es sich gar nicht um irgend eine Kraft, sondern eben um eine Energie handelt. Ich habe den Namen nur genannt, damit Sie wissen, was gemeint ist, wenn Sie ihn anderswo finden.

Jetzt sind noch die Einheiten festzustellen, in denen man diese Bewegungsenergie misst. Die Geschwindigkeit ist gleich dem Verhältnis zwischen dem Weg, den der Körper zurücklegt und der dazu verbrauchten Zeit. Die Einheit des Weges ist das Zentimeter, die der Zeit die Sekunde, die der Geschwindigkeit also ein Zentimeter pro Sekunde, und wenn l cm in t Sekunden zurückgelegt werden, so ist die Geschwindigkeit $c = l/t$.

Die Masse ist willkürlich festgestellt worden als das Gramm oder der tausendste Teil des aus Platin hergestellten Kilogrammstückes, das in Paris aufbewahrt wird, und von dem genaue Kopien im Besitz der meisten Staaten sind.

Mit Hilfe dieser ein für allemal festgesetzten Masseneinheit hat man nun die Einheit der Energie festgestellt. Nach dem eben Gesagten gilt die Gleichung

$$e = \frac{1}{2} kmc^2$$

²⁹ Hier verweist OSTWALD auf den Vergleich von Größen und Stärken in der siebenten Vorlesung.

wo e die Bewegungsenergie, m die Masse und c die Geschwindigkeit ist; k bedeutet einen Faktor, der von den Einheiten abhängt. Nun ist die Einheit der Energie mit Hilfe der Bewegungsenergie definiert worden, indem man den Faktor k willkürlich gleich Eins gesetzt hat. Dadurch wird

$$e = \frac{1}{2} mc^2$$

und wenn man m und c gleich Eins setzt, d. h. eine Masse von einem Gramm mit der Geschwindigkeit von einem Zentimeter in der Sekunde in Bewegung setzt, so ergibt sich

$$e = \frac{1}{2},$$

d. h. eine so bewegte Masse enthält die halbe Einheit der Bewegungsenergie. Wird eine Masse von 2 Gramm mit der Geschwindigkeit Eins in Bewegung gesetzt, so enthält sie gerade die Einheit der Bewegungsenergie. Dies ist die Definition des Erg,³⁰ und auf solchem Wege hat man die Einheit der Energie festgestellt. Als Grundmaße dienen hierbei, wie man sieht, die Einheiten der Zeit, der Länge und der Masse.

Die Frage, warum man diesen ziemlich umständlichen Weg gegangen ist, beantwortet sich dahin, dass die Aufbewahrung der Einheiten von Länge und Masse sich mit größerer Leichtigkeit und Sicherheit bewerkstelligen lässt, als die irgend welcher anderer Einheiten, insbesondere auch einer Energieeinheit. Was die dritte Einheit, die der Zeit anlangt, so ist sie gleichfalls in hohem Maße sicher durch die astronomischen Erscheinungen bestimmt, indem die Sekunde als der 86400ste Teil eines mittleren Sonnentages definiert ist.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie führt nun in dem Falle der Bewegungsenergie zu der Erklärung eines vielfach widerspruchsvollen Begriffes der älteren Mechanik, der Trägheit. Mit diesem Namen wird die Eigenschaft bezeichnet, vermöge deren jeder Körper den Zustand der Ruhe oder Bewegung beizubehalten strebt, den er im Augenblicke hat, wobei die Bewegung insbesondere geradlinig zu bleiben strebt. In dieser gebräuchlichen Ausdrucksform, die wesentlich von NEWTON herrührt, sieht die Sache auffallend persönlich aus, als wenn sich die Körper gerade ein gewisses, an sich willkürliches Verhalten in den Kopf gesetzt hätten. Eine viel einfachere Gestalt gewinnt sie im Lichte der Energetik.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie bezieht sich nicht allein auf die Vorgänge, bei denen vorhandene Energie in andere Formen übergeht, sondern ebenso auf solche, wo dies nicht der Fall ist. Dann berichtet das Gesetz, dass überhaupt keinerlei Änderung in der Beschaffenheit der vorhandenen Energie eintreten kann, und dass diese also ihren Wert und ihre Art beibehalten muss.

³⁰ Hier verweist OSTWALD auf die achte Vorlesung.

Bei der Bewegungsenergie muss nun gemäß dem Gesetze Wert und Art gleichfalls erhalten bleiben. Ist ein Körper „sich selbst überlassen“, d.h. findet keinerlei Energieaustausch zwischen ihm und seiner Umgebung statt, so muss also zunächst die Masse unverändert bleiben; ferner die Geschwindigkeit. Von der Masse werden wir alsbald lernen, dass sie unter allen Umständen unverändert bleibt, auch wenn Energiewechsel verlaufen, und dass hier die einzig möglichen Vorgänge in der Zusammenfügung und Trennung der Massen bestehen. Die Geschwindigkeit ist durch das Verhältnis zwischen Zeit und Weg bestimmt; letzterer hat aber zu seiner Kennzeichnung nicht nur eine Größe, sondern auch eine Richtung, und die Unveränderlichkeit bei dem Fernbleiben anderer Energien bezieht sich auf beide Eigenschaften der Geschwindigkeit. Was man nun Trägheit nennt, ist nichts als die Tatsache, dass eben die Bewegungsenergie unverändert ihren augenblicklichen Wert beibehält, so lange man keine andere Energie zuführt, die diesen Betrag ändert. Dann erhält auch c seinen Wert und seine Richtung, d. h. der Körper bewegt sich gleichförmig und geradlinig, bzw. bleibt in Ruhe, wenn er vorher in Ruhe war.

Auch über das „Streben“ ist zu sagen, dass man dem Körper keinerlei besondere Wünsche und Neigungen zuzuschreiben braucht. Er hat durchaus nichts dagegen, dass ihm andere Energie zugeführt wird, und wenn es geschieht, ändert er demzufolge ganz bereitwillig seine Geschwindigkeit. Nur gibt es eben kein anderes Mittel, die Geschwindigkeit nach Größe und Richtung zu ändern, als die Zuführung von Energie, und so lange eine solche nicht erfolgt, kann eben auch keine Änderung eintreten. Die Sache ist also ganz „natürlich“, und nur die unangemessene Vorstellung von dem menschlichen Willen vergleichbaren „Kräften“, die aus der Ferne den Körpern befehlen können, wie sie sich zu verhalten haben, die sich in Folge des von NEWTON eingeführten Begriffes der zwischen den Weltkörpern durch den Raum waltenden Anziehungskräfte ausgebildet hatte, ließ und lässt diese ganz einfachen Dinge auffallend erscheinen. -

Die Beziehungen der Bewegungsenergie zu den anderen Formen der Energie sind teilweise bereits berührt worden. Es tritt uns in erster Linie die gegenseitige Umwandlung mit der Schwereenergie entgegen, die sich bei den Erscheinungen des Fallens und Werfens kennzeichnet.

Wenn ein schwerer Körper durch Absinken von seiner früheren Höhe Arbeit verliert, so geschieht dies nicht immer so, dass hierbei beständig irgend ein anderer Widerstand überwunden wird, der die verfügbar werdende Energie verbraucht; beim „freien“ Falle findet gar kein derartiger Verbrauch statt. Dann geht eben die Arbeit in Bewegungsenergie über, und wir gewinnen unmittelbar die Hauptgleichung des freien Falles, wenn wir diese Umwandlung gemäß dem Erhaltungsgesetz in eine Gleichung bringen. Fällt der Körper durch die Höhe h unter dem Einflusse der Kraft f , so verbraucht er die Arbeit fh ; dafür nimmt er eine Geschwindigkeit an, die durch den Wert seiner Bewegungsenergie

$$\frac{1}{2} mc^2$$

bestimmt ist, und wir haben, indem wir die verbrauchte Distanzenergie gleich der gewonnenen Bewegungsenergie setzen

$$fh = \frac{1}{2} mc^2.$$

Nun lehrt die Beobachtung, dass alle Körper gleich schnell fallen, wenn man die Umwandlung ihrer Schwereenergie in andere Formen außer Bewegungsenergie vermeidet, also insbesondere den Luftwiderstand ausschließt. Das heißt, lässt man zwei Körper durch die gleiche Höhe h fallen, so nehmen beide auch die gleiche Geschwindigkeit c an. Schreibt man die eben erhaltene Gleichung für diese beiden Körper hin, indem man die Werte durch Anhängen der Zeichen $_1$ und $_2$ unterscheidet, so erhält man zunächst

$$f_1 h_1 = \frac{1}{2} m_1 c_1^2 \text{ und } f_2 h_2 = \frac{1}{2} m_2 c_2^2.$$

Setzt man, wie eben gesagt, $h_1 = h_2$, so folgt auch nach der Erfahrung $c_1 = c_2$, also auch $c_1^2 = c_2^2$. Dividiert man die erste Gleichung durch die zweite und hebt die gleichen Werte fort, so folgt $f_1/f_2 = m_1/m_2$, d. h. die Kräfte, welche die beiden Körper bewegen, verhalten sich wie deren Massen. Die Kräfte sind in diesem Falle die Gewichte: die Erfahrung führt uns also zu dem sehr merkwürdigen Gesetze, dass die Gewichte aller schweren Körper sich wie ihre Massen verhalten.

Bei den wenig bestimmten Vorstellungen, die im gewöhnlichen Leben mit den Worten Gewicht und Masse verknüpft sind, erscheint dieser Satz wie eine Selbstverständlichkeit, die keines Beweises bedarf. Überlegen wir uns aber den Sinn unseres Ergebnisses, so werden wir uns zunächst sagen, dass zwischen dem Gewicht, durch welches die Körper bei der Annäherung an die Erde Arbeit leisten können, und der Masse, welche ihre sogenannte Trägheit, d. h. ihr Verhalten bei der Aufnahme und Änderung ihrer Bewegungsenergie bestimmt, zunächst überhaupt kein Zusammenhang ersichtlich ist. Dass ein solcher vorhanden ist, und sogar im Sinne einer so genauen Proportionalität, dass die Beobachtung bisher keinerlei Abweichung hat erkennen lassen, ist eine rein erfahrungsmäßige Tatsache, die sich zunächst in der Gleichheit der Fallgeschwindigkeit aller Körper ausspricht. Die gleiche Tatsache bewirkt, dass die Schwingungsdauer eines Pendels nur von seiner Länge, nicht aber von seinem Gewicht und Material abhängig ist, und am Pendel hat die Prüfung dieses Gesetzes mit einem sehr hohen Grade von Genauigkeit stattgefunden.

Beim Nachdenken über den Zusammenhang zwischen den von der Schwereenergie und den von der Bewegungsenergie abhängigen Größen werden wir nun zunächst auf Betrachtungen geführt, wie wir sie bei einer ähnlichen Frage

bereits angestellt haben.³¹ Hätte ein Körper nur Masse, aber keine Schwere, so würden wir ihn nicht auf der Erde antreffen, da er irgendwo im Weltenraume seine einsame, durch keinen Genossen beeinflusste geradlinige Bahn verfolgen würde. Und wenn er zufällig einmal auf die Erde gelangte, so würde er sie ebenso schnell wieder verlassen, da es ja für ihn keine Ursachen gibt, die ihn dort hielten. Dies ist die eine Seite der Sache.

Hätten wir andererseits einen Körper mit Schwere, aber ohne Masse, so würden wir ihn gleichfalls nicht handhaben können. Wenn wir ihm noch so wenig Bewegungsenergie durch irgend welche Handhabung erteilten, so muss seine Geschwindigkeit dadurch alsbald unendlich groß werden. Denn die Bewegungsenergie ist

$$\frac{1}{2} mc^2;$$

hat der Ausdruck einen endlichen Wert, und ist $m = 0$, so muß notwendig c^2 und daher auch c unendlich sein, da sonst das Produkt keinen endlichen Wert erhalten kann. Also auch ein masseloser schwerer Körper kann auf der Erde nicht zur Beobachtung gelangen, und somit können den Gegenstand unserer Erfahrung nur solche Raumteile bilden, in denen Masse und Schwere gleichzeitig vorhanden sind.

Lässt sich auf solche Weise auch grundsätzlich die Notwendigkeit der gleichzeitigen Anwesenheit von Masse und Schwere an demselben „Körper“ einsehen, so ergibt sich doch noch nicht die Notwendigkeit einer strengen Proportionalität zwischen beiden, wie sie die Erfahrung erkennen lässt. Beim Nachdenken über die Frage bin ich schließlich bei den folgenden Überlegungen stehen geblieben, die ich zwar selbst nicht für ganz befriedigend halte, die aber doch als Anregung zu Verbesserungen hier ihre Stelle finden mögen.

Für die Bildung des Sonnensystems ist bekanntlich von KANT die Vermutung aufgestellt worden, dass es sich aus Körperteilchen gebildet habe, die ursprünglich sehr weit im Raume zerteilt gewesen sind. Durch das Fallen nach dem Massenmittelpunkte haben sich diese Körper im Laufe der Zeit genähert und schließlich (infolge einer noch unerklärten Exzentrizität dieses Falles) einen rotierenden Zentralkörper gebildet, der während seiner Kontraktion die Teile abgeschleudert hat, welche jetzt die Planeten bilden.

Wie bekannt, stimmen die meisten Tatsachen gut mit dieser Annahme überein, so dass sie als wissenschaftlich wohlbegründet gelten kann. Geht man von ihr aus, so muss man den Schluss ziehen, dass die Zusammensetzung dieses Zentralkörpers, falls die ursprünglich im Weltraum vorhandenen Teilchen ein verschiedenes Verhältnis zwischen Masse und Schwere besitzen, durch die diesen Teilchen eigene Fallgeschwindigkeit bestimmt worden ist. Es werden in den Zentralkörper nämlich zunächst solche Massen gelangen, deren verhältnis-

³¹ Hier verweist OSTWALD auf die Betrachtungen über den Zusammenhang zwischen Form- und Schwereenergie am Anfang dieser Vorlesung.

mäßige Schwere am größten ist, oder umgekehrt bei Körpern von gleicher Schwere die, deren Massen am kleinsten sind. Es findet eine Auslese aller vorhandenen Körper statt, welche dahin wirken muss, dass im Zentrum zunächst die am schnellsten fallenden eintreffen. Für diese wird das Verhältnis zwischen Schwere und Masse denselben Wert haben, und zwar den größten vorkommenden.

Gegen diese Ansicht lässt sich einwenden, dass im Laufe der Zeiten auch die langsamer fallenden Massen eintreffen werden, und dann das Verhältnis sich ändern muss. Indessen beträgt gegenwärtig die Zunahme des Sonnensystems durch fremde Massen, wie sich aus der Konstanz der Bahnelemente entnehmen lässt, so außerordentlich wenig im Verhältnis zu den vorhandenen Massen, dass ein solcher Einwand sich wohl widerlegen ließe.

Gewichtiger ist vielleicht die Bemerkung, dass doch schon während der bisherigen Existenzdauer des Sonnensystems auch die langsam fallenden Massen Zeit genug gehabt haben müssten, um sich dem System anzuschließen. Indessen wissen wir auch hierüber nichts und könnten umgekehrt die Tatsache der Proportionalität zwischen Schwere und Masse dazu verwerten, das verhältnismäßig geringe Alter unserer Erde daraus abzuleiten.

Auch bleibt zu bedenken, dass in Folge der Rotation des Zentralkörpers gleichfalls eine Auslese stattgefunden hat, durch welche die mit viel Masse bei wenig Schwere behafteten Teile fortgeschleudert worden sind. Da diese Auslese in demselben Sinne gewirkt haben muss, wie die Auslese durch den schnellsten Fall, so lässt sich auch diese Betrachtung im gleichen Sinne verwerten.

Diese Darlegungen lehren wenigstens, dass eine Erklärung jener merkwürdigen Proportionalität nicht außerhalb des Kreises unserer gegenwärtigen Kenntnisse liegt.³²

Aus den Wechselbeziehungen zwischen Schwere- und Bewegungsenergie ergeben sich die Gesetze, nach denen die Weltkörper ihre Wanderungen durch den Raum durchführen. Zunächst muss man die Gesamtheit aller mit Schwere behafteten Körper - und alle uns sichtbaren scheinen in diese Klasse zu gehören - als ein in sich zusammen gehöriges Gebilde auffassen, dessen reale Existenz keineswegs auf den von der „Materie“ jedes einzelnen Weltkörpers eingenommenen Raum beschränkt ist. Auf diesen letzteren Raum ist nur Form und Masse der Körper als der Ausdruck der entsprechenden Energien beschränkt; ihre Distanzenergie aber erstreckt sich über den ganzen Raum.

Man sieht die Notwendigkeit einer solchen Auffassung alsbald ein, wenn man sich überlegt, dass ein einzelner mit Distanzenergie ausgestatteter Punkt undenkbar ist. Denn diese Energie besteht gerade in dem Vorhandensein von Arbeitsbeträgen, die bei der Näherung oder Entfernung zweier (oder mehrere) Körper in andere Formen der Energie umgewandelt werden, oder aus solchen entste-

³² Hier vermerkt OSTWALD: In jüngster Zeit sind von H. A. LORENTZ und W. WIEN Betrachtungen angestellt worden, um die Schwere und Masse elektrodynamisch darzustellen. Diese haben gleichfalls zu einer angenäherten Proportionalität zwischen Masse und Schwere geführt.

hen. Es ist also mindestens noch ein anderer von dem ersten um einen gewissen Betrag entfernter Körper notwendig, damit überhaupt Distanzenergie vorhanden ist. Da ferner diese Energie von der Entfernung abhängt, so ist diese ebenso ein wesentlicher Teil der Distanzenergie, wie die Masse oder die Geschwindigkeit ein Stück der Bewegungsenergie ist.

Durch derartige Überlegungen fällt das anscheinende „Rätsel“, wie ein Körper auf einen anderen in die Ferne soll wirken können, also sich an einer Stelle betätigen soll, wo er gar nicht „ist“, als sinnlos zusammen. Es beruht auf dem Denkfehler, als säße die „Anziehungskraft“ eben nur in dem durch die Formenergie bestimmten Raume des betrachteten Körpers, und streckte von dort ihre Arme aus, um alles zu erfassen, was von wägbarer Materie in ihr Gebiet kommt. Wir wissen umgekehrt nichts anderes, als dass die gegenseitige Beziehung der gravitierenden Körper ebenso lange und unter gleichen Bedingungen vorhanden ist, wie diese Körper selbst. Es ist vermöge des Gesetzes von der Erhaltung der Energie nicht möglich, dass irgendwo ein schwerer Körper aus Nichts entsteht, der vorher nicht da gewesen war, und auf den nun die übrigen schweren Körper ihre Wirkung zu äußern anfangen. Sondern die Schwerebeziehungen sind von vornherein mit den Körpern selbst gegeben; die Schwereenergie ist als eine Art der Distanzenergie an ihre Betätigung im Raume gebunden, und gehört der Gesamtheit aller gravitierenden Gebilde gleichzeitig mit ihrer Existenz an.

Das „Rätsel von der Schwerkraft“ löst sich demnach in die Tatsache der Distanzenergie auf, und dass es eine Art der Energie gibt, die von der Entfernung abhängig ist, kann ebenso wenig als rätselhaft angesehen werden, wie dass eine andere von Volumen, und eine dritte von der Oberfläche und eine vierte von der Gestalt abhängig ist. Viel eher hätten wir Anlass uns zu wundern, wenn eine von der Entfernung abhängige Energie nicht vorhanden wäre.

Ob nun ein bestimmter Weltkörper sich um einen Zentralkörper bewegt, oder nicht, hängt von dem Verhältnis zwischen seiner Bewegungs- und seiner Distanzenergie ab. Dies ergibt sich aus folgenden Betrachtungen, die größtenteils schon von R. MAYER angestellt worden sind.

Denken wir den Weltkörper aus sehr großer Fernen gegen den Zentralkörper fallend, so wandelt sich in jedem Augenblicke die verlorene Distanzenergie in Bewegungsenergie um, und die augenblickliche Geschwindigkeit ist nur von der Entfernung abhängig, in welcher sich der Körper eben vom Zentralkörper befindet. Ist die Bewegung nicht genau zentral, so schwingt er um den Zentralkörper herum, und hat dann, ähnlich wie ein Pendel, gerade die erforderliche Geschwindigkeit, um sich wieder ins Unbegrenzte zu entfernen.

Ist nun die Geschwindigkeit, die ein beliebiger Weltkörper hat, größer, als die soeben bestimmte Geschwindigkeit in Bezug auf irgend einen anderen Körper, so wird er von diesem zwar in seinem Wege beeinflusst, er kann aber nicht der Satellit dieses Körpers werden, sondern entfernt sich wieder aus dessen Nähe. Ist dagegen die Geschwindigkeit kleiner, so reicht seine Bewegungsenergie nicht aus, um ihm eine beliebige Entfernung von dem Zentralkörper zu gestatten, und er muss seine Bewegungen dauernd um diesen erfolgen lassen.

Ähnliches gilt, wenn ein Weltkörper einen kleinen Teil ausschleudert; auch dann hängt es von der Geschwindigkeit seiner Bewegung ab, ob er seinen Stammkörper als Satellit umkreisen wird, oder sich aus seiner Nähe zunehmend entfernt.

Mit der Durchführung der soeben dargelegten allgemeinen Gesetzmäßigkeiten auf einen möglichst großen Kreis von Fällen beschäftigt sich die Wissenschaft der Mechanik. In der sogenannten reinen, d. h. beschränkten Mechanik werden die Körper zunächst als absolut starr betrachtet. Da es solche nicht gibt, liegt hier wieder ein Abstraktionsverfahren zur Vereinfachung der Darstellung und Bearbeitung vor. Im Sinne unserer Darlegungen ist ein starrer Körper ein solcher, dessen Formenergie sehr große Werte bei einer geringen Veränderung der Form annimmt; ein absolut starrer Körper wäre dann ein solcher, bei dem für jede endliche Formänderung unendlich viel Energie verbraucht werden würde. Eine derartige Annahme wird eben nur gemacht, damit man bei der Rechnung keine Rücksicht auf die Formenergie zu nehmen braucht, und die Rechnung wird falsch, wenn letztere eben nicht verschwindend gering ist.

Wird umgekehrt die Formenergie eines Körpers sehr klein, so gelangen wir zu einem anderen theoretischen Grenzfall, bei welchem sie Null ist. Solche Körper heißen dann Flüssigkeiten oder Gase. Beide unterscheiden sich durch die Art der Volumenenergie, welche sie besitzen.

Bei Flüssigkeiten ist (neben Resten von Formenergie) noch Volumenenergie in demselben Sinne vorhanden, wie bei den festen Körpern. Es gibt auch für sie ein bestimmtes Volumen, dessen Veränderung in irgend einem Sinne einen Arbeitsaufwand erfordert; ihr Volumen kann ebenso wenig verkleinert wie vergrößert werden, ohne dass zu diesem Zweck Energie aufgenommen werden muss. Demgemäß haben Flüssigkeiten auch ein eigenes, mit dem äußeren Drucke etwas veränderliches Volumen. Bei den „idealen“ Flüssigkeiten wird von dieser Veränderlichkeit abgesehen und sie werden theoretisch als inkompressibel betrachtet. Es ist einleuchtend, dass ein solches Absehen von einer vorhandenen Eigenschaft zwar in vielen Fällen in erster Annäherung zulässig ist, dass aber bei allen Schlüssen, die man aus dem theoretisch berechneten Verhalten idealer Flüssigkeiten zieht, für die Übertragung auf die Wirklichkeit eine Untersuchung darüber erforderlich wird, ob im vorliegenden Fall die Vernachlässigung zulässig ist.

Die sehr geringe Volumenänderung bei Druckänderungen macht Flüssigkeiten besonders geeignet zur Übertragung von Druck. So prüft man beispielsweise Dampfkessel und andere Gefäße, welche einen starken inneren Druck auszuhalten haben, durch Einpressen von Wasser bis zu dem vorgeschriebenen Drucke und hat keinerlei Gefahr für die Umgebung zu befürchten, falls der Kessel reißt, während ein Reißen bei gleicher Belastung mit zusammengepresster Luft (oder Dampf) eine zerstörende Explosion zur Folge haben würde. Der Unterschied liegt nur darin, dass Wasser vermöge seiner sehr geringen Zusammendrückbarkeit auch nur sehr geringe Mengen Volumenenergie in sich aufnehmen kann, aus der auf die losgerissenen Stücke des zerspringenden Kessels auch nur sehr geringe Bewegungsenergie übergehen kann. Umgekehrt muss ein Gas oder ein Dampf sehr bedeutende Men-

gen Volumenenergie aufnehmen, um auf einen höheren Druck zu kommen, und diese wandelt sich unter den angegebenen Verhältnissen in entsprechend große Mengen zerstörender Bewegungsenergie um.

Alle Flüssigkeiten besitzen Schwereenergie. Der Grund, dass wir keine Flüssigkeit kennen, die von dieser Eigenschaft frei wäre, ist ganz derselbe, wie für die entsprechende Eigentümlichkeit der festen Körper.³³ Die Folge hiervon ist, dass die Flüssigkeiten ihre freie Oberfläche immer in Gestalt einer waagerechten Ebene formen, da nur bei dieser Begrenzung Gleichgewicht vorhanden ist. Denn Gleichgewicht tritt in allen Fällen dann ein, wenn kein Teil des Gebildes so bewegt werden kann, dass dabei Arbeit gewonnen wird. Solange noch ein Anteil der Flüssigkeit über die Gesamtoberfläche hervorragt, ist dies möglich.

Nach unten sind die Flüssigkeiten durch die Gestalt der festen Körper begrenzt, auf denen sie aufrufen. Die Gefäße werden allerdings durch das Gewicht der Flüssigkeit auch etwas entstaltet, unter Umständen zerrissen. Für die Frage, ob dies letztere geschieht, sind die dargelegten Umstände maßgebend.³⁴

In einer schweren Flüssigkeit besteht ein Druck, der proportional der Tiefe unter der Flüssigkeitsoberfläche zunimmt. Indem man die Flüssigkeit unter einem solchen Drucke austreten lässt, kann sie eine entsprechende Menge Arbeit als Volumenenergie ausgeben, welche gleich dem Produkt aus Druck und Volumen ist. Hieraus ergibt sich die Bestimmung der Druckeinheit: Der Druck Eins ist der, welcher für die Volumeneinheit, 1 ccm, die Arbeitseinheit, 1 erg gibt. Für gewöhnlich ist bisher noch eine andere Druckeinheit im Gebrauch, welche ungefähr gleich dem mittleren Drucke der Luft ist und daher eine Atmosphäre heißt. Sie ist sehr viel größer, als jene systematische oder absolute Druckeinheit, denn sie beträgt $1,033 \times 10^6$ dieser Einheiten und wird durch eine Wassersäule von 1033 cm oder eine Quecksilbersäule von 76 cm Höhe dargestellt.

Diese Flüssigkeiten sind außerdem der Sitz einer anderen Energieart, von der wir eine Andeutung bereits bei Gelegenheit der festen Körper gewonnen hatten, der Oberflächenenergie. Diese kennzeichnet sich dadurch, dass die Oberfläche einer Flüssigkeit nicht vergrößert werden kann, ohne dass dazu Arbeit verbraucht wird. Demgemäß verwandelt sich diese Energie in andere Formen, wenn hierfür weniger Arbeit verbraucht wird, als sie hergeben kann. Da die Oberflächenenergie proportional der Oberfläche ist, so gibt sich die Verkleinerung der vorhandenen Oberflächenenergie durch Verkleinerung der Oberfläche zu erkennen, d. h. die Flüssigkeiten zeigen das Bestreben, ihre freie Oberfläche möglichst zu verkleinern. Dies ist die Ursache der runden Gestalt der Regentropfen und kleiner Quecksilbermassen.

In den Lehrbüchern pflegt sich die Darstellung dieser Erscheinungen und der Festigkeit der starren Körper auf die Hypothese von Anziehungen zwischen den kleinsten Teilchen oder Molekeln der Körper zu stützen, und man findet dem-

³³ Hier verweist OSTWALD auf den Zusammenhang zwischen Schwere- und Masse eines festen Körpers in dieser Vorlesung.

³⁴ Hier verweist OSTWALD auf seine Ausführungen zum außerordentlich starken Anwachsen der Formenergie in dieser Vorlesung.

gemäß diese Gebiete auch oft als Molekularmechanik von der Mechanik der Massen abgegrenzt. Ein Grund zu solchem Vorgehen ist nicht vorhanden; vielmehr werden nur entbehrliche Verwicklungen und schädliche Trübungen der wirklichen, d. h. mess- und nachweisbaren Beziehungen in die an sich klaren und einfachen Verhältnisse hineingebracht. Die Ursache dieses fehlerhaften Vorgehens lag in der Gewöhnung, die Distanzenergie neben der Bewegungsenergie als die einzige Art mechanischer Energie anzusehen. Daher glaubte man die Flächen- und Volumenenergie notwendig auf Distanzenergie zurückführen zu müssen, und versuchte diese Aufgabe durch die Annahme von Molekularkräften zu lösen. Da man diese aber nicht messen kann, so entstand nur eine Umschreibung der tatsächlichen Verhältnisse, welche die entscheidenden Punkte nur verdeckte, nicht aber aufklärte. Wir werden uns bald mit den hier zu Tage tretenden Bestrebungen nach hypothetischen „Veranschaulichungen“ aufweisbarer Verhältnisse eingehender beschäftigen.

Ebenso wie sich die Distanzenergie als ein Produkt von Kraft und Weg, die Volumenenergie als eines von Druck und Volumen darstellt, so erscheint die Flächenenergie als ein Produkt von Spannung und Fläche. Diese Spannung oder Oberflächenspannung hängt von der Natur der beiden Körper ab, die aneinander grenzen. Bei einer Flüssigkeit kann man als normale oder typische Oberflächenspannung die bezeichnen, welche sie gegen ihren eigenen Dampf in einem sonst leeren Raume zeigt. Im übrigen sind die Oberflächenspannungen noch mit der Temperatur veränderlich, indem sie ohne Ausnahme mit steigender Temperatur abnehmen. Der Betrag der in dieser Gestalt vorhandenen Energien ist im allgemeinen nicht groß; so ist die Arbeit, um 1 qcm Wasserfläche zu erzeugen, gleich 82 erg. Die Einheit der Oberflächenspannung ist natürlich die, welche ein erg für ein qcm ergibt; die Oberflächenspannung des Wassers beträgt also nur 82 absolute Einheiten.

Da die anderen Flüssigkeiten Oberflächenspannungen von noch geringem Betrage zu haben pflegen, und die der festen Körper ungefähr um gleiche Werte liegt, so hat im allgemeinen die Oberflächenenergie keinen erheblichen Anteil an der Gestaltung unserer Außenwelt. Anders wird dies erst, wenn durch eine bedeutende Vergrößerung der Oberfläche der andere Faktor dieser Energie stark vermehrt wird. Dies tritt namentlich in den Organismen ein, die vermöge ihres zelligen Aufbaus (und der wabigen Beschaffenheit des Baumaterials nach BÜTSCHLI³⁵) eine sehr bedeutende Entwicklung der Oberfläche zeigen, und daher entsprechende Energiemengen betätigen. Auf die Einzelheiten dieser noch viel zu wenig gekannten Verhältnisse kann hier nicht eingegangen werden.

Während die Oberflächenenergie an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeiten (oder festen Körpern) und Gasen von der Beschaffenheit ist, dass eine Vergrößerung der Oberfläche Arbeit verbraucht, so bestehen zwischen Flüssigkeiten und festen Körpern Oberflächenenergien entgegengesetzten Zeichens, d. h. bei solchen wird Arbeit durch die Vergrößerung der gegenseitigen Berührungsfläche frei, und es kostet Arbeit, diese Oberfläche zu verkleinern. Hierauf beruhen die Erscheinun-

³⁵ Otto BÜTSCHLI (1848-1920), 1878 Prof. für Zoologie an der Univ. Heidelberg.

gen der Benetzung. Diese werden gewöhnlich durch die Annahme von Anziehungskräften zwischen den Teilen des festen Körpers und denen der Flüssigkeit, der Adhäsionskräfte „erklärt“, d. h. hypothetisch benannt. Es liegt hier wieder ein störender und unklarer Umweg vor, dessen Veranlassung dieselbe ist, wie sie eben für die Einführung der „Kohäsionskräfte“ geschildert worden ist. Sie sollten beide aus der rationellen Darstellung der Physik vollständig verschwinden.

Zwischen festen und flüssigen Körpern besteht ein durch die Temperatur geregelter Übergang: jeder feste Körper schmilzt bei einer bestimmten Temperatur, indem er flüssig wird. Auch diese Erscheinung wird fast nur hypothetisch durch eine Lockerung der Anziehungen zwischen den kleinsten Teilchen „erklärt“. Der Tatbestand ist, dass eine bestimmte Menge Energie, meist in Gestalt von Wärme, beim Schmelzen aufgenommen wird, so dass die flüssige Form immer mehr Energie enthält, als die gleiche Menge der festen. Da die Unterschiede des Körpers in nichts anderem bestehen, als in Unterschieden ihrer Energien, so bedarf es keiner „Erklärung“, dass durch Zufuhr von Energie zu dem festen Körper ein anderer mit anderen Eigenschaften gebildet wird. Wir sagen daher nur, dass der feste Körper beim Schmelzpunkt eine Umwandlung erfährt, bei welcher er seine Formenergie verliert und auch eine Reihe anderer Eigenschaften ändert. Insofern schließen sich diese Zustandsänderungen den chemischen Vorgängen an.

Man bezeichnet im Deutschen die Schmelzung und die analoge Verdampfung als Änderungen des Aggregatzustandes. Auch dieser Name ist ein Ausdruck der mehrfach erwähnten Hypothese von der molekularen Zusammensetzung der Körper, und daher für die Bezeichnung eines von allen Hypothesen unabhängigen tatsächlichen Verhältnisses nicht geeignet. Ich will statt seiner den bereits anderweit vorgeschlagenen Namen Formart benutzen.

Was nun die dritte Formart, den Gaszustand anlangt, so besteht deren Unterschied von den anderen darin, dass die Volumenenergie nicht bei einem bestimmten Volumen durch den Wert Null geht, wie bei den festen und flüssigen Körpern, sondern stets einen positiven Wert hat. Mit der flüssigen Formart teilt die gasige die Abwesenheit von Formenergie, die allein der festen zukommt.

Der stets positive Wert der Volumenenergie bedingt, dass ein Gas jeden Raum, der ihm dargeboten wird, vollständig ausfüllt; dabei ist es gleichgültig, ob in diesem Raume bereits anderes Gas enthalten ist oder nicht; nur ist im ersten Falle die Ausbreitung langsamer. Zu jedem Volumen gehört bei einer gegebenen Gasmenge ein bestimmter Druck, der außerdem von der Temperatur abhängt; bei bestimmter Temperatur ist der Druck dem Volumen umgekehrt proportional.

Lässt man daher ein Gas gegen einen entsprechenden Druck sein Volumen vermehren, so gibt es eine gewisse Menge Volumenenergie aus, welche in andere Arbeit verwandelt werden kann. Hierbei wird es kälter, und der Wärmeverlust ist gerade gleich der entzogenen Arbeit. Daher ändert es auch nicht seine Temperatur, wenn es sich durch Austreten in einen leeren Raum, also ohne Arbeitsleistung ausdehnt. Diese wichtigen Verhältnisse haben die experimentelle Grundlage für die Entwicklung der allgemeinen Energielehre gegeben, deren Entstehung von

der richtigen Auffassung des Verhältnisses zwischen Wärme und Arbeit abhängig war. Wir gehen in der nächsten Vorlesung genauer auf diese Begriffsbildungen ein.

Für den Anteil der Gase an der Gestaltung unseres Weltbildes ist ihre verhältnismäßig immaterielle Beschaffenheit, d. h. ihr Mangel an Formenergie und an einem eigenen Volumen neben der geringen Masse von großer Bedeutung gewesen. Durch diese Eigenschaften haben sich diese Körper lange der Kenntnis entzogen, und nur zögernd hat man ihnen während der Entwicklung der Wissenschaften ihre Stellung neben den anderen Körpern eingeräumt. Andererseits haben sie aus dem gleichen Grunde als Vorbilder für die hypothetische Schaffung immaterieller Materien gedient, und die Annahme eines gasförmigen oder ultragasförmigen Äthers spielt noch bis auf den heutigen Tage eine nicht geringe Rolle in der theoretischen Physik, trotzdem schon vor fünfzig Jahren J. R. MAYER das „große Wort“ gesagt hat: es gibt keine immateriellen Materien.³⁶

³⁶ Die Äthertheorie hat bis in die zwanziger Jahre des 20. Jahrhunderts eine gewisse Rolle in der Physik gespielt, obwohl sie längst experimentell und rechnerisch widerlegt war. Gegenwärtig bedient sich die Astrophysik gelegentlich immaterieller Objekte, um Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung zu erklären.

Die Kunstwissenschaft und die Farbe

Walter Gräff¹

I. Teil

Die Kunstforschung der neueren Zeit trachtet darnach, in der ihr dienenden Beschreibung der Denkmäler neben den älteren Elementen, Inhalt und Form, auch die Farbe in ihr Reich aufzunehmen. Von selbst wird dieses Bestreben gegenüber den Werken der Malerei wach. Während die älteren Schriftsteller sich meist den allgemeinen Redewendungen über das sanfte, liebliche, feurige Kolorit begnügen, und also Gemütseindrücke schildern, fehlen bei ihnen Farbbezeichnungen, die klare Begriffe auszulösen imstande wären. In älteren Galeriekatalogen findet der Leser bisweilen einzelne Farbenangaben, aber sie gleichen nur schmückenden Beiworten bei der Beschreibung von Bildnissen.

Die Einzelforschung der neueren Zeit schärfte den wägenden Blick auch für die feinsten formalen und malerischen Stilunterschiede. Aber die Untersuchungen wurden zumeist am Stich, oder an der Photographie vorgenommen, weil es ja unmöglich war, die Gemälde farbig richtig wiederzugeben. Bei der Darlegung der künstlerischen Probleme sah man infolgedessen von der Farbe meist ganz ab, denn die Sprache bot nicht das Mittel, den Eindruck des Forschers unzweideutig wiederzugeben.

So konnte mancher zu der falschen Ansicht gelangen, als habe die Farbe nur eine untergeordnete Stellung im Gemälde; in der Tat aber ist sie das persönlichste Ausdrucksmittel des Künstlers, das bis heute nur schwer oder noch gar nicht eindeutig mit Worten erfasst werden kann. Welche Wichtigkeit aber das Problem der Farbengebung für die beschreibende Kunstwissenschaft bereits gewonnen hat, geht aus den verschiedenen Versuchen hervor, denen wir seit einer Reihe von Jahren immer wieder begegnen, das Farbenerlebnis durch das Wort wiederzugeben.

So entstanden 1909 - 1911 der große Katalog mit den Abbildungen aller Gemälde des Kaiser-Friedrich-Museums in Berlin, in dessen Text Hans POSSE eine Analyse der Farben, der Valeurs und des Tons gab.² Was auf diesem Wege überhaupt lösbar war, hat POSSE gelöst. Seine Farbenangaben vermitteln fast immer Begriffe von den tatsächlichen Farben und können einen gewissen Gedächtnisinhalt geben; darüber hinaus ist ein genauer Vergleich der Farben von Bildern hier und an andern Orten nicht möglich. Dieselben Vorzüge und Grenzen haben die

¹ Der erste Teil dieses Aufsatzes erschien bereits 1922, vgl. GRÄFF, Walter: Die Kunstwissenschaft und die Farbe. In: Die Farbe. Abt. VII. - (1922/350), Nr. 30, S.381/93-400/112. Der zweite Teil stammt aus dem Ostwald-Nachlass und wurde nach unserer Kenntnis bisher nicht abgedruckt. Seine Entstehungszeit ist nicht bekannt. Die Kommentierung stammt von A. POHLMANN, der auch die nachgestellte Einschätzung verfasste. Fußnoten aus dem Original wurden übernommen und als solche gekennzeichnet.

² POSSE, Hans: Die Gemäldegalerie des Kaiser-Friedrich-Museums. Berlin : Bard, 1913. - Hans POSSE (1879-1942), Kunsthistoriker, Direktor der Staatlichen Gemäldegalerie in Dresden.

Kataloge der Galerien zu Darmstadt von Friedrich BACK (1914) und Bonn von Walter COHEN (1914).³ In solcher Weise mag sich der einzelne Forscher seine Erinnerungsanhalte merken; die zu bündigen Vergleichen ausreichende Genauigkeit wird aber auf diesem Wege nicht zu erreichen sein.

Der nächste Schritt war, die Farben durch Vergleichung mit einer vorhandenen reichhaltigen Farbenkarte festzulegen. Diese Lösung wurde von Heinrich ZIMMERMANN in seinem Werk über die vorkarolinische Buchmalerei versucht.⁴ Er hat den Wasserfarbenkatalog der Firma Schönfeld in Düsseldorf den Bestimmungen der Farben zugrunde gelegt. In seiner Besprechung dieses Werkes hat Arthur HASELOFF⁵ mit Recht darauf hingewiesen, dass dies eine nur wenigen zugängliche Skala sei; es kommen aber dazu noch andere Bedenken, so die zeitlich beschränkte Gültigkeit der Tabelle, die bei jeder neuen Fabrikationsreihe wechseln kann und die Unmöglichkeit, die Farben stets genau nach dem benutzten Vorbild neu herzustellen.⁶

Diese Fehler vermied Otto GRAUTOFF in seinem Werk über Nicolas POUSSIN dadurch, daß er sich von einem Künstler eine Tafel mit den wichtigsten bei POUSSIN vorkommenden Farben anfertigen ließ, diese in ziemlich willkürlicher Anordnung mit Nummern bezeichnete und seinen Messungen zugrunde legte, wobei er die Helligkeits- und Sättigungswerte durch die Angaben lichtstark, lichtarm, gesättigt und ungesättigt andeutete.⁷ Diese 62 Farbmuster gab er jedem Exemplare seines Werkes bei. Es war das ein Weg, aber ein Weg, der nur einmal gegangen werden konnte, denn entweder muß für jeden neuen Künstler eine neue Tafel mit neuen Nummern angefertigt oder neu hinzukommende Farben müssen den bisherigen mit weiterlaufenden Zahlen der Poussintafel sich einzuprägen, eine in dieser Weise weitergeführte Skala könnte niemand behalten. Und gerade in der Verbindung von Farbbezeichnung und Farbvorstellung, die das Auswendiglernen der Farben ermöglicht, beruht die Brauchbarkeit des Systems, ein Hauptteil des Problems.

³ BACK, Friedrich: Verzeichnis der Gemälde. Großherzoglich Hessisches Landesmuseum in Darmstadt. Darmstadt : Hohmann, 1914. - Friedrich BACK (1860-?), Kunsthistoriker, Direktor des Hessischen Landesmuseums Darmstadt.

COHEN, Walter: Katalog der Gemäldegalerie : vorwiegend Sammlung Wesendonck. Provinzial-Museum in Bonn. Bonn : Cohen, 1914. - Walter COHEN (1880-1942), Kunsthistoriker, Kustos des Kunstmuseums Düsseldorf.

⁴ ZIMMERMANN, Ernst Heinrich: Die Fuldaer Buchmalerei in karolingischer und ottonischer Zeit. In: Jahrbuch der k. k. Zentral-Kommission für Kunst- und historische Denkmale in Wien. Wien, 1910. – Ernst Heinrich ZIMMERMANN (1886-1971), Direktor des Germanischen Nationalmuseums in Nürnberg.

⁵ Arthur HASELOFF (1872-1955), Kunsthistoriker, Professor an der Universität Kiel.

⁶ Fußnote im Original: Um die Brauchbarkeit der Farbenangaben des Werks wenigstens innerhalb seiner Grenzen dauernd zu erhalten, wird es sich empfehlen, die benutzte Tafel von SCHÖNFELD mit dem ostwaldschen Verfahren nachzumessen und die Ergebnisse bekannt zu machen.

⁷ GRAUTOFF, Otto: Nicolas Poussin : sein Werk und sein Leben. München : Müller, 1914. Otto GRAUTOFF (1876-1937), Kunsthistoriker, Dozent an der Handelshochschule Berlin. Nicolas POUSSIN (1594-1665), einer der bedeutendsten französischen Maler des Barock.

Die Bedenken, die man aus anderen Gründen gegen GRAUTOFFS Verfahren geltend gemacht hat, sind allgemeiner Natur und werden uns später noch zu beschäftigen haben.

Das Problem kann aber auch nicht gelöst werden durch die für ihren besonderen Zweck wahrscheinlich ganz brauchbare „neue Farbentonkarte“ von BAUMANN-PRASE,⁸ die nach den Angaben der Verfasser „1359 systematisch abgestufte Farbtöne“ enthält. Ein gewisses System liegt ihr wohl zugrunde, wird aber im Ergebnis durch eine ziemlich willkürliche Auswahl wieder umgestoßen. Diese Karte beruht auf der Erfahrung des Anstreichers und ist rein gefühlsmäßig nach den Bedürfnissen dieses Handwerks zusammengestellt. Sie entbehrt einer klaren Übersicht; die einzelnen Farbtöne sind von 1 an durchnummeriert; ist daher ein Auffinden und Bestimmen der Farbe schon schwer, so ist ein Auswendiglernen der bezifferten Farben gänzlich unmöglich.

Weiter möchte ich den kallabschen Farbenanalysator⁹ erwähnen, an den seiner Zeit mancherlei Hoffnungen von Seiten vieler Kunsthistoriker geknüpft worden sind. Wurde er doch von Prof. Dr. WAETZOLDT¹⁰ dem IX. Internationalen kunsthistorischen Kongress in München 1909 unter großen Beifall vorgelegt als das Instrument, mit dem die Farbe auf eine Formel gebracht werden könne, derart, daß zu der Wortbezeichnung der Umgangssprache die Zahlenbenennung nach KALLABS Apparat hinzugefügt werde.¹¹ Ich habe niemals gehört, daß der Apparat tatsächlich zu Messungen verwendet worden sei. Er ist auch für die Praxis der Bildermessung unbrauchbar, da seine Ergebnisse mit der Vorlage nicht unmittelbar vergleichbar sind und mit seinem Formeln klare Farbbegriffe nicht verbunden werden können. Weitere Einwände macht WAETZOLDT selbst und sie genügen schon, um die Unbrauchbarkeit der Methode zu erweisen.

Ein unbedingt genau arbeitendes Instrument ist der von Leo ARONS¹² angegebene Farbenweiser (Chromoskop); doch hat er den Nachteil, daß die gesuchte Farbe unter Umständen schwer aufzufinden ist. Einmal gefunden, kann sie aber physikalisch genau festgelegt werden, jedoch wird die Formel keinerlei Farbvorstellung auslösen. Diese Nachteile haben die Verwendung des Apparats in der kunstwissenschaftlichen Praxis verhindert.¹³

⁸ Baumann-Prase – Paul BAUMANN (1869-1961) und Otto PRASE (1874-1956) traten 1911 mit einer „Farbentonkarte“ hervor – einem Farbsystem für die Anstrichtechnik, das in den nachfolgenden Jahrzehnten weiter ausgebaut und verbessert wurde.

⁹ Kallab – Ferdinand Viktor KALLAB (1847-1919), Färbereichemiker in Offenbach a. M., ließ sich 1908 seinen „Farben-Analysator“ patentieren.

¹⁰ Wilhelm A. WAETZOLDT (1880-1945), Direktor der Staatlichen Museen zu Berlin, Vorsitzender des deutschen Vereins für Kunstwissenschaft.

¹¹ Fußnote im Original: Bericht über die Verhandlungen des Kongresses, Leipzig 1911, S. 100 - 108. Über den Kallabschen Apparat vergl. den Vortrag des Erfinders „Farbe und Farbenharmonie“ in der Photographischen Korrespondenz, Dez. 1912, Nr. 627.

¹² Leo ARONS (1860-1919), Physiker, erfand u. a. die Quecksilberdampfampe.

¹³ Fußnote im Original: Vergl. Annalen der Physik 1212, 4. Folge, Bd. 39, s. 545 ff. „Kunstchronik“ vom 28. Nov. 1919, S. 187 f. von OSTWALD, Farbenlehre II, 172 f.

Welche Forderungen werden wir an einen Farbmesser für kunstwissenschaftliche Zwecke zu stellen haben? Er muß 1. wissenschaftlich begründet und so genau geeicht sein, daß es möglich ist, ihn zu jeder Zeit und an jedem Orte wieder zu erzeugen: also Unveränderlichkeit und Wiederherstellbarkeit; 2. er muß so reichhaltig sein, daß alle auf Gemälden vorkommenden Farben damit bestimmt werden können; 3. seine Farbbezeichnungen müssen eindeutig und international verständlich sein; 4. die Anordnung und Bezeichnung der Farben muß so sein, daß sie sich durch ihre innere Logik dem Gedächtnis einprägen läßt; 5. das Instrument muß die technische Eignung zum unmittelbaren Vergleichen von Vorlagen und Bildfarbe haben.

Diese Forderungen gehen weit über das hinaus, was seiner Zeit WAETZOLDT von einer für kunstgeschichtliche Zwecke geeigneten Farbterminologie verlangt hatte¹⁴: *Sie muss erstens möglichst eindeutige Benennungen erhalten, d. h. Namen, die entweder ganz genaue Farbvorstellungen auslösen, oder, besser noch von jedem in die unmittelbare Anschauung der benannten Farbe mit Hilfe eines Farbenapparates zu übersetzen sind. Eine Farbterminologie der Kunstwissenschaft muß ferner international verständlich sein, drittens muß sie dem Umfang der malerischen Palette möglichst nahe kommen.* Wir sind heute viel anspruchsvoller geworden und das ist die Folge der gewaltigen Fortschritte, die die Forschung durch OSTWALDS Farbenlehre, die in den letzten zehn Jahren aufgebaut worden ist, gemacht hat.

Inwieweit erfüllt nun OSTWALDS Farbenlehre und das darin begründete Messverfahren die Forderungen, die wir für kunstwissenschaftliche Zwecke gestellt haben?

1. Die erste Forderung ist wissenschaftliche Begründung und unverrückbare Eichung. Beides ist in äußerster knappster Form in den in Nr. 15 der Farbe¹⁵ abgedruckten Normblättern, in weiterer begründeter Darstellung in OSTWALDS Veröffentlichungen über die Farbenlehre niedergelegt. Es besteht kein Zweifel, daß es zu jeder Zeit und an jedem Orte möglich sein wird, die Farbe einer richtig gemessenen Formel wie die der sämtlichen Normen wieder herzustellen. Sollte also einmal ein vollkommeneres Verfahren das ostwaldsche ablösen, so werden wir in demselben Falle sein, indem der Musiker sich befände, wenn eine verbesserte Notenschrift die bisherige Tonbezeichnung ersetzen sollte. Man würde jede Note der bisherigen Schreibart in die neue übertragen können und also auch die Farbbezeichnungen; und diese Gleichung ließe sich ebenso gut heute als nach beliebiger Zeit aufstellen und würde stets gültig bleiben.

¹⁴ Fußnote im Original: Vgl.: Fußnote 10, S. 101.

¹⁵ Fußnote im Original: W. OSTWALD, Die Grundlagen der Farbnormen. (Die Normblätter werden hier nochmals abgedruckt).

Anmerkung der Redaktion: Da der nachfolgende Fußnotentext praktisch eine Kurzfassung der ostwaldschen Farbenlehre darstellt und relativ umfangreich ist, wurde er zwecks besserer Lesbarkeit an den Schluss des I. Teiles des Aufsatzes übertragen.

Zwar tobt, besonders wenn man seine Gegner hört, noch heftiger Streit um OSTWALDS Farbenlehre: zu viele andere waren auch gerade dabei, das Problem zu lösen und auf einem ganz anderen Wege.

Die Künstler lassen sich von einem Chemiker nichts vorschreiben, niemals werden sie nur mit OSTWALDS genormten Farben malen und niemals sich vormachen lassen, die Harmoniegesetze, die sie im Innern tragen, ließen sich in Formeln fassen und aus Formeln ließe sich deren Anwendung erlernen. Und nun hat er gar noch Farben in den Handel gebracht, die nicht völlig lichtecht sind, wie Delinquent selber gesteht.

Ruhig Blut! Es ist unglaublich, wie leicht es ist, an seinem Gegner vorbeizureden, peinlich allerdings dann auch, wenn er sich dadurch nicht getroffen fühlt und nicht antwortet. Weiß jemand von den Herren ein Verfahren, das besser unsere notwendigen Forderungen erfüllt? Er trete vor, er überzeuge mich und ich werde das Gute gerne zugunsten des Besseren aufgeben, denn ich will es nicht für mich, sondern für meine Wissenschaft. Ich glaube, diese Streitigkeiten dürfen uns Kunstwissenschaftler heute ganz gleichgültig lassen - was helfen uns Theorien?

2. Es sollen alle Farben bestimmbar sein, soweit sie in der Malerei vorkommen können. Diese Forderung ist unbedingt erfüllt. Denn die durch das ostwaldsche Verfahren bestimmbareren Farben liegen so nahe an der Schwelle, daß es nicht möglich ist, noch weitere erkennbare Farben dazwischenzuschieben. Wichtig ist nur, daß man sich bewusst bleibt, daß man den endgültigen Farbeindruck zu messen hat und nicht mit derselben Messung feststellen kann, wie er entstanden ist, ob durch reinen Farbeauftrag oder durch subtraktive Mischung. Die Elemente einer additiven Mischung sind einzeln messbar und in ihrer Wirkung abzuschätzen. Wenn wir die farbtongleichen Dreiecke sämtlicher 100 Farbtöne des Farbkreises von ba bis ts ausfüllen, so erhalten wir 17100 gemessene, genormte und bezeichnete Farben, die wohl alle mit Malermitteln darstellbare Farben enthalten. In der Tat aber werden wir mit viel weniger auskommen, wie die bisherige Praxis gezeigt hat. Denn für die meisten Messungen genügte die 680 Farben der Farbtonleitern. Bei den Messungen älterer Bilder ist völlige Genauigkeit nicht erforderlich, da sie aus anderen Gründen, wie unten zu zeigen ist, unerreichbar ist. Bei Messungen neu entstandener Bilder aber, wo es darauf ankommt, die Farben der Werke, so wie sie der Maler gegeben hat, aufzubewahren, und damit späteren Zeit wieder begreiflich und darstellbar zu machen, wo also unbedingte Genauigkeit herrschen muß, ist es oft nötig, den genauen Farbton durch Interpolieren festzustellen, was nach jeder Richtung hin sich als möglich erwiesen hat. Ebenso hat sich das Verfahren bewährt, bei Messungen im Restaurierungsatelier, wo beim Abnehmen von unechten Übermalungen in jedem Zustand Photographien hergestellt und jede abzunehmende Schicht vorher nach ihrem Farbwert gemessen wird. Man hat also praktisch die Möglichkeit, die Zahl der mit der Farbtonleiter anzusprechenden Farben durch Interpolieren zu vervielfachen und es ist sicher, daß alle vom Maler darstellbaren Farben auch genau durch die Formel festgelegt werden können. Umgekehrt aber enthalten die Farbtonleitern auch Farben, die der Künstler in der Re-

gel mit seinen Mitteln nicht darstellen kann, weil er diese Reinheitsgrade mit lichtechten Farben - vorläufig wenigstens - nicht erreicht.

3. Die Farbbezeichnungen nach OSTWALD sind völlig eindeutig; sie kommen weder ein zweites Mal in dem System vor, noch kann jemals etwas anderes als das von OSTWALD festgelegte und gemessene darunter verstanden werden. Mit der Formel, die aus Ziffern und Buchstaben besteht, ist auch ihre internationale Gültigkeit und Anwendbarkeit verbürgt. Die Farbbezeichnungen sind also vollkommen.

4. Wer sich auch nur im allgemeinen über die Grundsätze der Farbenlehre unterrichtet hat, dem werden die klaren Grundsätze der Anordnung eingeleuchtet haben, und wer darüber hinausgehend sich mit dem Farbkörper vertraut gemacht hat, der wird bald imstande sein, jede vorkommende Farbe nach Farbton, Weiß- und Schwarzgehalt annähernd genau anzusprechen. Umgekehrt wird er mit jeder ihm gegebenen Formel schnell den ungefähren Farbbegriff verbinden.

5. Über die technische Eignung des gewöhnlichen Messinstruments, die Farbtonleitern, liegen nun auch hinreichende Erfahrungen vor. Die eignen sich mehr als alle bisherigen Hilfsmittel zum unmittelbaren Vergleich von Bildfarbe und Mess- oder Vergleichsfarbe; denn ihre Bauart erlaubt die zu messende Farbe zwischen zwei Sprossen der Leiter einzuschließen und sondert sie zugleich von den Nachbarfarben, die physiologische Veränderungen in unserem Auge hervorrufen könnten, ab. (Übrigens habe ich im Laufe der Zeit bei mir eine immer geringere Beeinflussung durch Nachbarfarben feststellen können.) Es wird also praktisch der einzelne zu messende Farbleck aus seinem Zusammenhang mit den Nachbarfarben herausgenommen und lediglich dieser Fleck gemessen. Ferner wird die Betrachtung beider Flächen unter demselben Winkel erfolgen und der Lichteinfall für beide der gleiche sein. Auch die Größe des Gesichtswinkels wird in der Regel dieselbe sein können (wenn die zu messende Fläche groß genug ist), da Sprossen und Zwischenräume ungefähr gleich sind. Die Dauer der Beobachtung endlich werden wir auch bei diesem Instrument als zwangsläufig gleich bezeichnen können. Um beiden Farben, der gemessenen und der Vergleichsfarbe, denselben Hintergrund zu schaffen, habe ich mir Masken aus grauer dünner Pappe gemacht, die auf der Leiter verschiebbar sind und in Höhe der Leiter einen Ausschnitt in Größe einer Sprosse und eines Zwischenraumes haben. Es werden so die beiden Farben von derselben Farbe umgeben und unterliegen daher völlig den gleichen Bedingungen.¹⁶

Die grundsätzliche Eignung des ostwaldschen Messverfahrens für die Zwecke der Kunstwissenschaft dürfte nachgewiesen sein. Beim letzten Punkt sind wir eigentlich schon dazu übergegangen, die praktische Anwendung des Farbenmessers zu erklären. Hierbei hat sich das folgende Verfahren bewährt: Das zu

¹⁶ Fußnote im Original: Vergl. W. v. BEZOLD, Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstwerke, 2. Aufl., bearb. von Prof. Dr. W. Seitz 1921, S. 79.
 Wilhelm von BEZOLD (1837-1907), Physiker.
 Wilhelm SEITZ (1872-?), Professor für Physik an der Universität Aachen.

messende Bild wird in gutes Nordlicht gebracht, daß unter einem Winkel von etwa 45° auffällt. Die Messungen werden von mindestens zwei farbentüchtigen Personen unabhängig voneinander gemacht. Die zu messenden Stellen werden auf einer Photographie durch Durchstechen mit einer Nadel genau bezeichnet, so daß die Gewissheit besteht, daß jeder dieselbe Stelle misst. Sie sind nummeriert und jeder schreibt sich seine Ergebnisse auf. Zu Anfang werden sich - je nach der Erfahrung der Messenden - größere Unterschiede ergeben, die aber durch wiederholte Messung und gegenseitige Kontrolle immer kleiner werden. Der endlich gefundene Mittelwert wird dann als gemessener Farbwert rückwärts auf die nicht aufgezoogene Photographie neben die gelochte Stelle geschrieben. Hält man dann die Aufnahme gegen das Licht, so wird sich mit der Form die Farbbezeichnung erkennen lassen und für den, dem sich mit der Farbenformel Farbbegriffe bereits verbinden, wird die Form sich farbig beleben. Auch die von GRAUTOFF gefundene Ausführung ist möglich, die Photographie mit Pauspapier zu überdecken, das die Komposition durchschimmern läßt und auf ihm die Formel an den gemessenen Stellen anzubringen. Ersteres hat den Vorteil größere Klarheit, letzteres den, die Komposition im Sinne des Originals zu zeigen.

Welche Farben werden nun gemessen? Das wird von dem Zweck abhängen, der im einzelnen Falle damit verbunden wird. Handelt es sich darum, einen allgemeinen Eindruck vom Ganzen zu vermitteln für Fachleute, denen Bilder derselben Schule, Art und Farbengebung bekannt sind, so kann dies sehr wohl durch eine Auswahl der am wichtigsten erscheinenden Farben geschehen, die die farbige Haltung des Bildes bestimmen. Daß diese subjektive Auswahl nur gewisse Anhaltspunkte zur Rekonstruktion geben wird, die notwendig ebenfalls subjektiv ausfallen muß, ist selbstverständlich. Aber ebenso gut wie uns der Klavierauszug eines uns bekannten Orchesterstücks, der doch in der Regel ebenfalls eine subjektive Auswahl enthält, einen gewissen Eindruck der Originalaufführung wieder vermitteln kann, so können wir uns durch einen solchen Farbenbestimmungsauszug eines uns bekannten Gemäldes dieses uns wieder farbig ins Gedächtnis zurückrufen.¹⁷ Oder glaubt jemand mit den allgemeinen Bezeichnungen, die bisher üblich waren, käme man ebenso weit? Vor allem fehlt hier stets die Gleichzeitigkeit des Lesens von Formen und Farben, die uns sofort Farbenklänge vermitteln. Wir dürfen auch nicht vergessen, daß die bisherigen Farbennotizen in Gemeinschaft mit der Photographie (wenn sie nicht mit panchromatischen Platten gemacht ist) oftmals Verwirrung angerichtet haben, da es sehr schwer ist, die vagen Begriffe vom Helligkeitswert der Farben einigermaßen mit der Tonskala der Photographie in Einklang zu bringen.

Eine solche Auswahl wird für den Zweck von Katalogen und allgemeinen kunstgeschichtlichen Vergleichen in der Regel ausreichen. Handelt es sich aber um Echtheitsfragen und genauere Vergleiche einzelner Bilder oder bis ins einzelne gehende Farbenanalysen, so muß u.U. das ganze Bild durchgemessen werden,

¹⁷ Fußnote im Original: Den Klavierauszug kann man spielen, den Farbenbestimmungsauszug nur im Geiste rekonstruieren, was natürlich schwieriger erscheint.

oder bestimmte Teile bis ins einzelne. Dann müssen allerdings noch Schwierigkeiten behoben werden, die unter den Fehlerquellen später zu besprechen sind, die im Malmaterial ihren Ursprung haben. Für solche Sonderstudien müssen auch besondere Messungen gemacht werden, die dann allerdings einer Partitur des Bildes gleich zu achten sind, denn sie vermitteln dem, der sie zu lesen versteht, der die Form farbig zu sehen imstande ist, der gelernt hat (m. a. W.) sein Handwerk auszuüben (wie es der Musiker, der Musikhistoriker, der Musikschriftsteller können muß, sonst ist er ein Stümper), sie vermitteln ihm den völlig farbigen Eindruck des Gemäldes. Selbstverständlich Farbensinn und Farbengedächtnis muß einer haben, aber das ist doch eine unerlässliche Vorbedingung für den Kunsthistoriker, der sich mit farbigen Gestaltungen zu beschäftigen gedenkt. Die Beherrschung der Farbe wird in Zukunft als handwerkliches Können von jedem Kunsthistoriker gefordert werden, und wenn er es nicht von der Schule her bereits mitbringt, so wird er es in den ersten Studienjahren sich aneignen müssen. Doch darüber später mehr.

Nun möchte ich einiger Schwierigkeiten gedenken, die sich mir im Laufe meiner nun fast zweijährigen Beschäftigung mit der Farbenmessung von Gemälden ergeben haben, Schwierigkeiten, die übrigens nicht in dem ostwaldschen Verfahren begründet sind, sondern bei jeder Farbenmessung von Bildern auftreten werden.

Keinerlei Schwierigkeiten macht es, gleichmäßig getönte und angelegte Flächen zu messen; leicht ist es auch noch, wenn Farben, z. B. Gewänder, innerhalb desselben Farbentons schattiert sind (vorausgesetzt, daß die Schattenreihe wirklich richtig getroffen ist), dann braucht die Schattenreihe nur in ihrem hellsten, dem mittleren und dem tiefsten Ton gemessen zu werden, um in Verbindung mit der hier meist richtigen Photographie ausreichende Begriffe zu vermitteln. Ändert sich aber vor allem wie in schillernden Gewändern auch der Farbton, so muß dieser an den wichtigen Stellen gemessen werden und der Befund als besondere Bemerkung hinzugefügt werden.

Schwerer noch ist es, die Farben der Modernen, besonders der Neoimpressionisten und Pointillisten zu messen; denn hier werden wir die Bestandteile der zu addierenden Farben erkennen und messen, uns dann aber auch über deren optische Mischung klar werden müssen. Zur Lösung der ersten Aufgabe wird die Übung viel beitragen, die optische Mischung werden wir von den kürzesten Entfernungen aus abschätzen, wobei wir das Messinstrument zum Vergleich in der Nähe halten können. Das Ergebnis muß dann übereinstimmen mit dem, was uns der Farbenkreisel, mit den gemessenen Farben in denselben Größenverhältnissen gedeckt, zeigen würde.

Solche Bedenken sind es, die mir die meisten meiner Berufsgenossen machen, wenn ich mit ihnen zum ersten Male über die Messungen spreche und sie ihnen vorführe. Fast jeder nahm zuerst Abwehrstellung ein, und wenn die einfachsten Messungen auch einleuchteten, so war er doch bestrebt, sofort die schwierigsten auszusuchen oder gar zu konstruieren, um mir die Aussichtslosigkeit des Unterfangens klar zu machen.

Neben diesen Schwierigkeiten der Messung, die aber nicht unüberwindlich sind, wie wir sahen, gibt es nun Mängel, die bei älteren Bildern aus dem Material entspringen und in den Veränderungen der Farben begründet sind, die keinem Bild im Laufe der Zeit völlig erspart bleiben. Die Quellen hierfür sind Staub- und Schmutzablagerungen, chemisch oder durch das Licht hervorgerufene Veränderungen der Pigmente, vergilbte Mal- und Bindemittel und vergilbte Firnisse.

Diese Veränderungen alter Gemälde sind deshalb von Bedeutung, weil sie uns das Vergleichen einzelner Bilder miteinander außerordentlich erschweren, und wenn wir sie nicht auf ein gewisses Maß beschränken können, sogar den Vergleich in den letzten Folgerungen unmöglich machen. Denn es kann nicht darauf ankommen, Bilder in dem Zustand zu vergleichen, in dem sie sich zufällig zur Zeit der Messung befinden, nachdem sie vielleicht Jahrhunderte lang an ganz verschiedenen Orten und unter ganz verschiedener Pflege gestanden hatten, sondern wir müssen zu erkennen suchen, wie sie ausgesehen haben zur Zeit ihrer Entstehung, und das wird uns natürlich nur schwer gelingen.

1. Am einfachsten ist es mit dem Schmutz, der auf der obersten Firnislage sitzt und als ein grauendes Medium wirkt; er kann leicht entfernt werden. Mitaufgefirnisster älterer Schmutz kann nur mit der betreffenden Firnislage entfernt werden. Sein Einfluss ist mit dem Firnis selbst zu berücksichtigen.

2. Die Pigmente können sich verändern durch Ausbleichen oder Nachdunkeln lichtunechter Farben oder durch andere chemische Veränderungen, die in nicht vernünftiger Malweise ihre Begründung finden und durch chemische Veränderungen, die durch schweflige Säure usw. der Atmosphäre hervorgerufen sind. In manchen Fällen wird wohl die Mikroskopie und Mikrochemie die veränderten Farbstoffe bestimmen und damit die ungenauen Messungen ergänzen können.

3. Die Binde- und Malmittel vergilben etwas, was eine gewisse Verschiebung aller Farben nach der warmen Seite hin zur Folge hat. Der Künstler, der sein Handwerk kennt und beherrscht, wird manchmal damit rechnen und dementsprechend den Ton allgemein etwas kühler nehmen; er wird auch seine Farben nicht mit Bindemittel übersättigen, die ein unnötiges Nachgilben zur Folge haben müssen.

4. Bis zu einem gewissen Grade rechnen erfahrene Künstler auch mit einer Vergilbung des Firnisses. Manche haben ihre Farbgebung sogar darauf eingestellt. Im großen und ganzen sind das aber Ausnahmen. Anders verhält es sich mit Bildern, die statt der einen Firnislage, mit dessen Vergilbung gegebenenfalls der Künstler rechnen konnte, deren mehrere übereinander tragen, was wohl bei fast jedem älteren Gemälde - zumal wenn es längere Zeit hindurch in Restauratorenhut gewesen ist - zutrifft. Es ist oft gar nicht auszudenken, wie viele Schichten von alten vergilbten oder gar von gelb gefärbten Firnissen (die den Galerieton geben sollten) auf alten Bildern sitzen. Die dadurch hervorgerufene Verfärbung der Bilder kann sich bis zu einem rötlichen Braun (etwa 12-17 ng) steigern, welchen Färbewert wir beispielsweise bei dem alten Firnis auf dem Bildnis des Sylvius von REMBRANDT der Sammlung v. CARSTANJEN (z. Z. in München), feststellten. Das

Bild wurde vor zehn Jahren von den meisten oberen Firnislagen befreit, während die untersten darauf gelassen wurden. Bei Bildern mit solcher Verfärbung durch Firnis sind die meisten Farben samt Form und Zeichnung erloschen und es ist aussichtslos, sich überhaupt eine Vorstellung des alten Zustandes machen zu wollen. Hier muß der Firnis heruntergenommen werden, ganz oder zum größten Teil, denn nur dann werden wir vergleichbare Farben sehen. Wie sehr vergilbte Firnisse auch in dünneren Lagen die Färbung von Gemälden beeinträchtigen können, wird uns klar werden, wenn wir uns an scheinbar ganz frische Bilder erinnern, die nur einen angenehmen Galerieton haben. Hier finden wir sehr oft, daß das Blau des Himmels, das wir auch als blaue Farbe ansprechen, bei genauerem Zusehen eigentlich grau genannt werden muß, und wenn wir ein solches Bild aus dem Rahmen nehmen, so können wir oftmals unter dem Falz noch wirklich frische Farben ohne oder mit nur wenig Firnis finden, womöglich ein Blau des Himmels, das noch wirkliches Blau ist und uns sofort den Unterschied deutlich macht zwischen der vom Maler gewollten und der durch den Firnis gewordenen Farbe.

Haben wir nun Mittel, diese Firnisveränderungen auszuschalten? Bis zu einem gewissen Grade, ja: Wenn es uns gelingt, den Färbewert des Firnisses festzustellen und zu messen, dann können wir unserer messenden Vergleichsfarbe eine Lasurfarbe von dem gemessenen Firniswert hinzufügen und die Gleichung herstellen: Originalfarbe plus Firnis ist gleich Vergleichsfarbe plus gemessenem Firnislasurwert.

In dem Vorstehenden stelle ich den vergilbten Firnis einer Lasur gleich. In der ersten Wirkung sind sich beide in der Tat gleich. Was ist nun das Wesen der Lasurfarbe? Es ist eine in dünnen Schichten durchsichtige, in dickeren durchscheinende farbige Schicht, die auf einen farbigen Grund aufgetragen ist. Machen wir uns nun klar, wie eine solche Schicht wirkt: Die auffallenden weißen Lichtstrahlen müssen, um zu der unteren Farbschicht zu gelangen, zunächst einmal durch die farbige Lasur hindurchgehen, wobei eine Reihe von farbigen Strahlen, vor allem der Komplementärfarben, verschluckt werden. Die so gefärbten Strahlen werden, soweit sie die Untermalung nicht absorbiert, dann von dieser zurückgeworfen und gehen nun zum zweiten Mal durch die Lasurschicht hindurch, wobei eine zweite Filterung und demgemäß auch Verfärbung eintritt. Dieselbe Wirkung hat auch ein auf einen farbigen Grund gelegtes farbiges Glas. Halte ich aber ein solches, der Lasur entsprechend gefärbtes Glas vor das Auge oder wenigstens soweit von der Farbe weg, daß eine Verfärbung der Schicht durch Strahlen, die durch das Glas auf die Farbe fallen, nicht eintreten kann, so wird beim Anschauen der Farbe durch das farbiges Glas nur eine einmalige Filterung eintreten und eine dementsprechend geringere Verfärbung, im Gegensatz zu der doppelten beim aufgelegten Glase. In beiden Fällen tritt subtraktive Farbenmischung ein¹⁸.

¹⁸ Fußnote im Original: Vgl. W. OSTWALD, Malerbriefe, Leipzig 1904, S. 65-67; 124-127 und „Die Farbe“ I. 135; E. BRÜCKE, Die Physiologie der Farben, 2. Aufl. 1887, S. 144; BEZOLD / SEITZ Fußnote 16, S. 44.

Die Wirkung der Firnisse ist die gleiche, denn sie sind durchsichtig und mehr oder weniger gefärbt, außerdem allerdings meistens etwas durch Staub verunreinigt (vergraut).

Welche Möglichkeiten haben wir nun zu Messung des Firniswertes? Praktisch wird das möglich sein, wenn auf einem Bild irgendwo ein Stück Farbe ohne Firnis neben einem Stück mit Firnis sich befindet, was wie oben gesagt unter dem Rahmenfalz oder gleich daneben auf der Bildschicht vorkommen kann. Oder auch, wir können durch Abnehmen der Hauptfirnisschichten an einer gleichmäßig gefärbten Stelle (am besten ebenfalls unter dem Falz) diesen Zustand herstellen. Dann sind wir imstande, durch Überdecken der firnisfreien Stelle mit einem richtig gefärbten Gelatineblättchen diese Stelle der gefirnissten wieder gleichzumachen.¹⁹ Das so rein experimentell gefundene Gelatineblättchen wird also dem Firniswert gleich sein. Fügen wir nun dieses Gelatineblättchen unter den obenerwähnten Schieber zur Farbtonleiter so ein, daß die Breite einer Sprosse in den Ausschnitt hineinragt, so werden wir die Farbe der sichtbaren Sprosse um den Lasurwert des Gelatineblättchen verändern, der aber wieder gleich ist dem Lasurwert des Firnisses. Die Gleichung ist also hergestellt, wenn die mit dem Blättchen überdeckte Sprosse der Farbtonleiter mit der gefirnissten Farbe des Gemäldes übereinstimmt. Ziehen wir dann von beiden Seiten der Gleichung den gleichen Wert der Verfärbung durch die Lasur ab, so wird bleiben: Die Farbe der Sprosse der Tonleiter (ohne Gelatineblättchen), wie sie sich durch die auf der Leiter stehende Formel ausdrücken läßt, ist gleich der Farbe des ungefirnissten Bildes.²⁰

Einfacher, doch weniger genau, wird die Feststellung auch durch Messung von reinem Bleiweiß auf dem Gemälde mit der Farbtonleiter geschehen können .

Von großem praktischen Wert wird es sein, wenn wir uns Vergleichstabellen herstellen, die die Veränderungen der am meisten in Gemälden vorkommenden Farben durch eine Reihe von praktisch ermessenen Firniswerten herstellen. Damit können wir uns die Messarbeit bedeutend erleichtern; denn dann messen wir die Farben des Bildes, wie wir sie vor uns haben, mit den unveränderten Leitern, stellen den Firniswert fest und entnehmen den wahren Wert der Farben aus den in Betracht kommenden Tabellen. Auch den Firniswert selbst können wir mit ihnen bestimmen, wenn wir wie in den ersten Fällen Originalfarbe und nebenan die

Ernst Wilhelm BRÜCKE (1819-1892), Mediziner, legte bedeutende Untersuchungen u. a. zur Anatomie des Auges, zur Farbenlehre und zur Phonetik vor.

¹⁹ Fußnote im Original: Zu diesen Versuchen habe ich mir sogen. Keilfilter auf Gelatine herstellen lassen, die vom hellsten verdünnten Gelb anfangend, allmählich tiefer und wärmer werden und die erfahrungsgemäß vorkommenden Firniswerte darstellen. Sie sind am Rande von Zentimeter zu Zentimeter eingeteilt und in jedem Zentimeter ist der Mittelwert mit dem Farbmesser bestimmt, wobei der Filter auf einen Anstrich von Bariumsulfidweiß aufgelegt war. Es ergaben sich die Reihen: 04 ca, 05 eb, 06 ge, 07 id, 08 lf und 06 cb, 07 ec, 08 gd, 09 if, 10 ng.

²⁰ Fußnote im Original: Ich brauche wohl nicht zu betonen, dass es nur Sache eines Restaurators sein kann, Firnisse ganz oder an kleinen Stellen abzunehmen und dass das niemals der unerfahrenen Hand eines Kunsthistorikers überlassen bleiben kann.

veränderte Firnisfarbe messen und in der Tabelle nachsehen, durch welchen Lasurwert diese Veränderung bedingt ist.

Aus den vorstehenden Ausführungen dürfte wohl erhellen, daß es möglich sein wird, innerhalb gewisser Grenzen die Verfärbung der Bilder durch vergilbte Firnisse auszuschalten. Einen sicheren Maßstab werden wir allerdings immer dann bekommen, wenn der Firnis bis auf die untersten Lagen entfernt werden kann. Dies wird natürlich nur in seltenen Ausnahmefällen möglich und ausführbar sein. Als alter Praktiker weiß ich auch sehr wohl, daß nur wenige alte Bilder gleichmäßig aufgestrichene Firnisse tragen und daß viele Bilder öfters nur an einzelnen Stellen nachgefirnisst worden sind, so daß sich kaum ein altes Bild finden wird, auf dem der Firnis gleichmäßig dick sitzt und also auch die Farben gleichmäßig lasiert. Aber sollen wir die ganze Untersuchung deshalb überhaupt unterlassen, weil immer gewisse Unstimmigkeiten und unlösbare Schwierigkeiten bleiben werden? Je mehr Erfahrung im Messen jemand erworben hat, desto leichter wird er imstande sein, auch diese zu überwinden.

Im Zusammenhang mit der Firnismessung möchte ich auf ein praktisches Hilfsmittel hinweisen, mit dem es uns möglich sein wird, die Farben von durch Firnis vergilbten Bildern einigermaßen nach ihrem wahren Wert zu erkennen. Dies können wir, wenn wir den Wert der Firnislasur durch ihre Komplementärfarbe ausschalten. Eine richtig abgestimmte Blauscheibe auf reines Bleiweiß, das durch die Firnislasur vergilbt ist, gelegt, hebt die Firniswirkung auf und erzeugt mit ihr durch subtraktive Mischung ein neutrales Grau. Wenn wir also über das ganze Bild einen solchen lasierenden Körper decken, so wird die Vergrauung überall sich in demselben Maße geltend machen, wie beim Weiß, aber die einzelnen Farbtöne werden wieder einigermaßen richtig abgestimmt erscheinen und erkannt werden können (allerdings um einige Schattenstufen tiefer). Statt eine solche blaue Lasurscheibe über dem ganzen Bilde anzubringen, was große technische Schwierigkeiten haben würde, können wir aber auch (wie aus den Erörterungen über das Wesen der Lasur hervorging) das Bild mit einer seitliches Licht abschließenden Brille besehen, deren Gläser den doppelten Färbewert der Blaulasur besitzen. Ich erwähne dieses Verfahren deshalb, weil ein Restaurator seinem Auftraggeber einigen Anhalt über das Aussehen eines Bildes mit vergilbtem Firnis, der erst abgenommen werden soll, geben kann und dann, weil es ein Hilfsmittel für Kopisten werden kann, die dadurch instandgesetzt werden können, die Farben etwa so anzuschlagen, wie sie ohne den Firnis erscheinen würden, wenn sie es verstehen, die Vergrauung abzuziehen. Dann nämlich erreichen ihre Bilder erst im Laufe der Zeit, d. h. nach Jahren, den warmen Ton des gefirnissten Originals und es entsteht nicht die sonst eintretende Übervergilbung durch die die Bilder in der Regel die Farben des Originals ganz verlieren (Vergl. die Meisterkopien in der Schackgalerie).²¹

²¹ Adolf Friedrich Graf VON SCHACK (1815-...), Dichter, Übersetzer und Kunstmäzen, der auf Einladung König Maximilians II. von Bayern nach München zog und dort eine Gemäldegalerie (Schackgalerie) einrichtete.

Fassen wir nun einmal zusammen, was wir aus den besprochenen Bedenken als Ergebnis für die Farbenmessung entnehmen können. Wir haben eine Reihe von Veränderungen besprochen, denen ältere Bilder, die nicht zur Zeit ihrer Entstehung gemessen werden konnten, ausgesetzt sind; wir sahen, daß sie z.T. gar nicht, z.T. nur innerhalb gewisser Fehlergrenzen ausgeschaltet werden können. Daraus ergibt sich für uns die Folgerung, daß in der Regel eine völlige Genauigkeit nicht erreicht werden kann und infolgedessen auch nicht erstrebt zu werden braucht, daß wir daher unsere Vergleiche allgemein fassen müssen. Damit ist allerdings nicht gesagt, daß wir nicht imstande wären, wo es in Einzelfällen auf völlige Genauigkeit ankommt, auch eine größere Genauigkeit zu erzielen. In solchen Fällen wird es eben nötig sein, die Hauptfehlerquelle, den gelben Firnis, zu beseitigen²² und zu versuchen, die zweitschwerste, die Pigmentveränderung, auf andere Weise festzustellen.

Hierzu kann uns die Mikroskopie und die Mikrochemie wertvolle Dienste leisten. So weit dies möglich ist, müssen in den Restaurierungswerkstätten mit diesen Mitteln Untersuchungen der Pigmente, der Bindemittel und der Firnisse sowie der Grundierungsmassen und ihrer Bindemittel gemacht werden, die, gemeinsam betrieben mit dem Studium der alten Quellen (BERGER²³ u. a.), uns über die Malweise der Alten und ihre Entwicklung bis zur Neuzeit aufklären können. Es werden sich die Besonderheiten im Verfahren der einzelnen Länder, zu den verschiedenen Zeiten und vielleicht auch der einzelnen Persönlichkeiten erkennen lassen und aus der Fülle der Beobachtungen werden wir wieder Rückschlüsse auf Alter, Volk und Persönlichkeiten ziehen dürfen. Auch über die Veränderungen, denen die einzelnen Pigmente ausgesetzt sind, werden wir Erfahrungen sammeln und aus diesen Erfahrungen Rückschlüsse auf das frühere Aussehen veränderter Farben ziehen dürfen. Solche Untersuchungen sind zuerst von OSTWALD angeregt, dann von RAEHLMANN²⁴ aufgenommen und ausgeführt worden. Von OSTWALD liegt uns eine mustergültige Untersuchung vor, die den zu beschreitenden Weg klar erkennen läßt²⁵. Weiter hat OSTWALD einen Atlas sämtlicher Pigmente in starken Vergrößerungen vorbereitet, der noch der Veröffentlichung harret.²⁶ Endlich hat der

²² Fußnote im Original: In jedem Falle muß man sich bewusst sein, daß ohne Not alte Firnisse, besonders deren unterste Lagen, solange sie gesund sind, nicht abgenommen werden dürfen, da stets die Gefahr besteht, daß feinste Lasuren dabei leiden könnten.

²³ Ernst BERGER (1857-1919), Maler und Maltechniker in München, der mit Ostwald im Kontakt stand und ihn des öfteren zu Rate zog.

²⁴ Eduard RAEHLMANN (1848-1917), Ophthalmologe, Vorsitzender des Geschäftsführenden Ausschusses der Goethe-Gesellschaft.

²⁵ Fußnote im Original: W. OSTWALD „Gemälde unter dem Mikroskop“ in der Woche 1904 Nr. 6; - Verf. „Ikonoskopische Studien“ in den Münch. kunsttechn. Bl. VI, Nr. 7 und 8; Verf. „Mikroskop. Untersuchung des Malgrundes der Cusanischen Himmelskugel in den Abhandlungen d. K. Verf. D. Wiss. zu Göttingen. Math.-phys. Bl. 11. F., Bd. X, Nr. 6. - E. RAEHLMANN, Über die Maltechnik der Alten; Berlin 1910; Verf. Über die Farbstoffe der Malerei, Leipzig 1914; Römische Malerfarben, in den Mittlgen. Des Röm.-Kais.-Deutsch. Archäol. Instituts, Bd. XXIX, 1914; Verf. Die Stellung der Temperamalerei in der Kunst der versch. Zeitepochen in Mh. F. Kunstwissenschaft, IX., S 404.

²⁶ Anmerkung der Redaktion: Dieses Material wurde bisher nicht veröffentlicht.

Engländer A. P. LAURIE²⁷ in derselben Richtung gearbeitet. Mit dem so verbreiteten und weiter auszubauenden wissenschaftlichen Rüstzeug werden also sicherlich die meisten Fragen gelöst werden können, und es wird das, was uns die Farbmessung nicht lösen kann, auf diesem Wege ergänzend erreicht werden.

Wenn ich nun noch von einigen Unvollkommenheiten des Messinstrumentes spreche, so geschieht es vor allem deshalb, weil ich den genialen Schöpfer der deutschen Farbenlehre um deren Abstellung bitten möchte; denn ich weiß, sie können beseitigt werden. Unsere Versuche haben ergeben, daß die gewöhnlichen käuflichen Farbtonleitern für Ölgemälde in der Regel nicht ausgedehnt genug sind, da die tiefen Töne der dunkelklaren Reihen in solchen Bildern oft tiefer sind, als das Messinstrument reicht. Zur Messung von Leim-, Tempera- und Aquarellgemälden werden die vorhandenen Leitern in der Regel genügen, wenn deren Oberfläche nicht gefirnisst ist. Jedoch ist es notwendig, daß die Leitern, die sich in Ölfarben herstellen lassen, im vollen Umfang herausgeführt werden. Hierzu werden die Leitern in den Kreisen r und t etwa von rc bis rq und von te bis tr gehören. Auch müssten diese Leitern einen Firnisüberzug erhalten, damit die Oberfläche des Objekts und der Vergleichsfarbe den gleichen Bedingungen unterworfen sei. Bei gefirnissten Bildern haben wir eine glatte Fläche, die wenig zerstreutes Licht ergibt, während bei den rauen Aufstrichen auf den Sprossen der bisher allein gefertigten Farbtonleitern das Licht stark zerstreut und dadurch ein anderer Farbeindruck erzeugt wird.

Diese Anregung deckt sich, wie ich sehe, genau mit dem, was als Ergebnis seiner Erfahrungen Herr Dir. KRÜGER²⁸ in Nr. 2 der Farbe ausgesprochen hat: Wir brauchen Leitern von allen mit den Mitteln der Tafelmalerei herstellbaren Farben und mit Oberflächen, wie sie bei diesem Verfahren die Regel sind.

Eine wichtige Untersuchung aber müssen wir noch anstellen, ehe wir alle Bedenken fallen lassen können. Es gibt etwas Unmessbares bei Bildern jeder Art, was ich als die „Farbwährung“ bezeichnen möchte. Die Wirkung derselben Farbe ist höchst verschieden je nach der Oberfläche und der Technik: Eine raue unebene Oberfläche erzeugt Reflexlichter, durch die den Farben Weiß beigemischt wird und daneben in den Vertiefungen Schatten, die sie vergrauen. Ferner macht es einen großen Unterschied für den farbigen Eindruck, ob wir es mit einer Deck- oder Lasurfarbe zu tun haben, ob eine Lasur auf einem weißen oder irgendwie farbigen Grund aufgetragen ist. Jedenfalls sind wir imstande, wie unsere Versuche mit dem ostwaldschen Farbmesser (Chrometer) ergeben haben, mit unserm Messinstrument das tatsächlich zurückgeworfene farbige Licht richtig anzusprechen und zu messen. Aber den verschiedenen Eindruck, den die gleiche Farbe in den verschiedenen Fällen macht, werden wir mit den Mitteln der bisherigen Farbmessmethode nicht vermitteln können, sondern wir werden über die Formel hinaus die Wirkung durch Erklärung ergänzen müssen.

²⁷ Arthur Pillans LAURIE (1861-1949), Chemiker, Professor am Royal College of Arts in London.

²⁸ Franz August Otto KRÜGER (1868-1938), Maler und Kunstgewerbler, Leiter der Werkstelle für Farbkunde in Dresden seit 1920.

Zum bessern Verständnis möchte ich die Musik heranziehen, da bei ihr dieselbe ungelöste Schwierigkeit auf einem entsprechenden Wege behoben wird.

Bei der Musik hat man sich darauf geeinigt, den sogenannten Kammerton a^1 (das „a“ der eingestrichenen Oktave) mit 435 Schwingungen als Norm anzunehmen und hat alle übrigen Töne der Tonleiter zu diesem in bestimmte Verhältnisse gebracht. Dadurch sind alle Töne, die wir in der Musik wirklich anwenden, festgelegt, normiert und können in unsere Notensysteme eingereiht werden. Wir werden dementsprechend Töne mit gleichen Schwingungszahlen stets als dieselben ansprechen, einerlei, ob sie gesungen, mit einem Streich-, Blas- oder Schlaginstrument erzeugt worden sind. Sie werden auch in allen Fällen eindeutig durch dasselbe Notenzeichen angegeben werden können. Der Klang der menschlichen Stimme und der mancherlei Musikinstrumente unterscheiden sich aber sehr stark voneinander, auch wenn sie Töne gleicher Höhe und gleicher Stärke abgeben. Diesen Unterschied bezeichnen wir als ihre Klangfarbe und diese hängt vor allem ab von der Art der Erzeugung der Töne und von den ihren Klang verstärkenden Resonanzapparaten, durch welche die sogenannten Obertöne entstehen²⁹. Bei der Tonmessung und der Eintragung der normierten Töne in die Notensysteme ist aber die Klangfarbe mit den für die einzelnen Instrumente bezeichnenden Obertönen nicht berücksichtigt und wird sich wohl auch niemals eindeutig ausdrücken lassen. Der Komponist hilft sich hier durch die Anordnung der einzelnen Stimmen und Instrumente, indem er in der Partitur jeder ihre Notenzeile gibt; und wer gelernt hat eine Partitur zu lesen und aus der Erfahrung die nötige Klangphantasie besitzt, der kann daraus schon, ohne daß das Musikstück aufgeführt wird, sich die vom Komponisten innerlich geschaffenen Klänge vorstellen. Für den Laien dagegen kann nichts die Aufführung ersetzen.

Die Gemeinsamkeit ist, glaube ich, klar. Wir können eine bestimmte Farbe messen und eindeutig aufzeichnen, nicht aber ihren besonderen Farbklang oder das, was ich, da dieses Wort bereits belegt ist, mit „Farbwährung“ bezeichnen möchte. Wie wir sahen, bestimmt sich diese im wesentlichen durch die Oberfläche und die Technik. Um also den besonderen Charakter einzelner Farben und ganzer Bilder klarzumachen, ihre Farbwährung auszudrücken, werden wir zu einem ähnlichen Mittel greifen müssen, wie der Musiker, nämlich wir werden allgemeine Bemerkungen über Grundträger, Grundierung, Aufbau und Maltechnik und besondere Angaben in Ausnahmefällen, ob Deckfarbe oder Lasurfarbe usw., machen. Der zum Sehen erzogene Fachmann wird danach den eigentümlichen Charakter des ganzen Bildes und den besonderen der einzelnen nach ihrer Währung bezeichneten Farbteile sich vorstellen und daraus beim Vergleichen die nötigen Folgerungen ziehen können.

Um derartige Erfahrungen zu erwerben, müssen wir uns allerdings viel umfassendere Kenntnisse von dem Wesen der Farbe und von der Technik erwerben, als dies bisher nötig erschien. Die Erziehung des Kunsthistorikers, der auf diesem Gebiete tätig sein will, muß in ganz andere Bahnen geleitet werden.

²⁹ Fußnote im Original: Vgl. RIEMANN, Grundriß der Musikwissenschaft, Leipzig 1908, S. 31 ff.

Diese Aufgabe kann nur in engem Zusammenhang mit den Museen gelöst werden. Die Erziehung zur Farbe hat allem vorauszugehen. Selbstverständliche Voraussetzung ist Farbentüchtigkeit. Jeder, der sich mit Gemälden beschäftigen will, muß sich darauf untersuchen lassen. Diejenigen, bei denen qualitative oder quantitative Anomalien des Farbensinns vorliegen, sind schlechterdings nicht fähig, über die Farbe mitzureden, während sie u.U. ein sehr feines, ja feineres Empfinden für Helligkeits- und Tonwerte rein malerischer Natur haben können, als ihre glücklicher begabten Genossen. Sie werden, ähnlich ihren Leidensgefährten unter den Künstlern, mit Vorteil sich mit Graphik in den Schwarz-Weißtechniken beschäftigen und darin vielleicht mehr leisten können als jene.

Um seinen Beruf ausfüllen zu können, hat jedermann ein gewisses handwerkliches Können nötig. Dieses ist aber bei den geistigen Berufen nicht der Zweck und das Ziel, sondern die Voraussetzung und das Mittel zum Zweck. Die Beherrschung des Handwerklichen bietet nur die Grundlage, auf der Werte geschaffen werden können. Das Handwerk des Musikers und vor allem des Schaffenden, des Komponisten, ist die genaue Kenntnis der Instrumente, ihres Charakters, ihrer Möglichkeiten, was natürlich durch Selbstspielenkönnen besonders gut erkannt wird; dann die Beherrschung der gesamten Musikwissenschaft, vor allem der Musiktheorie, die ihm durch die darin ruhende Gesetzmäßigkeit erst das richtige Gefühl der Freiheit geben kann. Die genaue Kenntnis der gesetzmäßigen technischen und formalen Grenzen und damit die wirkliche Beherrschung des Handwerks wird die Phantasietätigkeit nicht einengen, sondern beflügeln. Und nur der Schwache wird zum Routinier, der Starke aber je nach seiner Begabung ein größerer oder kleinerer Künstler werden. Und auch das Genie wird nur dann wirklich Großes leisten, wenn er sein Handwerk ganz beherrscht. Denn Kunst ist Auswahl unter der unendlichen Fülle der Möglichkeiten, die die Form zulässt, und das Talent unterscheidet sich von dem Genie dadurch, daß es unter den Möglichkeiten seinem Geschmack entsprechend auswählt, während das Genie das Richtige trifft. Beide aber unterliegen den Gesetzen des Handwerklichen, was nicht hindert, daß der Meister - aber nur er - die Form zerbrechen kann.

Der Musikhistoriker muß imstande sein, dem Künstler zu folgen und in entsprechendem Grade muß er also auch das Handwerk des Schaffenden kennen. Bei ihm kommt aber in höherem Maße als bei jenem die Kenntnis der Ästhetik und der Geschichte als notwendiges Handwerkszeug hinzu.

Das Handwerk des Malers ist die Kenntnis des Zeichnens, des Malens, der Komposition, der Perspektive, wozu gewisse Kenntnisse der Farbenlehre und der Farbenchemie kommen sollten.

Und der Kunsthistoriker, der sich mit der Malerei beschäftigt? Das Handwerkliche versteht sich von selbst! Wer wird sich mit Architektur beschäftigen, ohne die notwendigen technischen Kenntnisse zu besitzen, ohne die Sprache des Fachs mit den Begriffen verbinden zu können? Wir müssen, wenn wir das Kunstwerk begreifen wollen, das, womit der Künstler sich ausdrückt, erkennen und mit der Sprache ergreifen können. Sein Ausdruck ist in der Malerei die Farbe; mit

ihr drückt er seine Idee aus, durch sie entsteht die Form, der Raum, Licht und Schatten: sie ist das ursprüngliche des Ausdrucks. Nur die Idee geht ihr voraus. Die Ausführung ist durch sie bestimmt. Daß es auch Malereien gibt, bei denen die Farbe diese Rolle nicht spielt, die ebenso gut in Schwarz, und Weiß ausgeführt sein könnten oder die eigentlich nur angemalte Zeichnungen sind, ist hier ohne Belang.

Der junge Kunsthistoriker wird also gut tun, sich beizeiten seine handwerkliche Basis zu schaffen. Wilhelm OSTWALDS grundlegende Werke „Die Einführung in die Farbenlehre“, „Die Farbenfibel“, „Die Farbschule“ werden ihn mit den Problemen bekannt machen, und allmählich wird er im Farbkörper heimisch werden und imstande sein, sich die Stellung einzelner in der Natur und der Kunst geschauter Farben klarzumachen und mit den geschauten Farben die Formeln zu verbinden.

Man muß sich nicht einbilden, den umgekehrten Weg gehen zu können und etwa wie bei GRAUTOFFS „Poussin“ versuchen zu wollen, ohne Vorbereitung ostwaldsche Farbbezeichnungen auf farblosen Bilderwiedergaben durch Nachschlagen im Farbenatlas in ein innerlich geschautes farbiges Bild umzuwandeln. Auch bei längerer Übung wird das Gedächtnis die Fülle der Formelbegriffe nicht fassen können. Wer aber die Ordnung kennt und nun versucht, in die Welt der Farben einzudringen, dem wird sich die Tür leicht und schnell öffnen, schneller, als er es je für möglich gehalten hat. In kurzer Zeit wird er fähig sein, jede vorkommende Farbe ungefähr zu bestimmen und auf ihre Formel zu bringen; ich sehe das an mir selbst, der sich nun seit etwa zwei Jahren damit beschäftigt, und an den Fortschritten, die ich hier mache: die meisten Farben bestimme ich innerhalb gewisser Fehlergrenzen, die immer kleiner werden, richtig.

Umgekehrt muß aber auch geübt werden, Formeln in innerlich geschauten Farben umzusetzen, wobei man sich durch Vergleiche mit der Farbtonleiter kontrollieren muß. Man wird bald soweit kommen, jede Formel als Farbe innerlich zu sehen und umgekehrt mit gesehenen Farben die Formel zu verknüpfen. So wird man das Farbengedächtnis stärken und gleichzeitig wird die Schwellentüchtigkeit zunehmen, d. h. man wird sicherer und feiner nahe beieinander liegende Farben zu unterscheiden lernen.

Ist man so weit geübt, so kann man allmählich daran gehen, die Farben von leicht zugänglichen Gemälden zu messen. Hierbei muß man sich zunächst über den farbigen Aufbau des Bildes klar werden und entscheiden, auf welchen Farben die Wirkung beruht. Diese wird man zuerst, ohne das Messinstrument anzuwenden, abschätzen und dann seine Schätzung durch die Messung kontrollieren. Nach einiger Zeit wird man sich das farbiges Bild auf Grund der bezifferten Photographie oder der Skizze wieder im Geiste zu beleben suchen, indem man die Farbenpartitur liest. Man wird erkennen, daß das gar nicht so überaus schwer ist, da die Farbe an die Form gebunden ist. Man hat die Möglichkeit, dieses innere Bild vor dem Original nachzuprüfen und wenn nötig zu verbessern. Derartige Übungen stärken das Farbengedächtnis außerordentlich, schärfen die Beobachtungsgabe, machen uns empfänglich für physiologische und psychologische Farbenprobleme und die da-

raus zu ziehenden Folgerungen für die Entwicklung des Sehens und der Kunst. Denn um diese Probleme geht es; die Farbmessungen sind ja nicht Selbstzweck, sondern sie sollen uns zur Brücke werden, über die wir zu höheren Erkenntnissen fortschreiten.

Text zu Fußnote 15: W. Ostwald, Die Grundlagen der Farbnormen. (Die Normblätter werden hier nochmals abgedruckt).

Blatt 1. Allgemeines. Weiß Grau, Schwarz. Farben sind objektiv gekennzeichnet durch das Rückverhältnis der farbigen Oberfläche für Licht.

Wird das Licht regelmäßig zurückgeworfen, so heißt die Fläche spiegelnd, wird es zerstreut, so heißt sie matt. Die Begriffsstimmungen der Farbe gelten für vollkommen matte Flächen.

Da fast alle praktisch matten Flächen etwas spiegeln, so gilt folgende Regel:

Die Betrachtung erfolgt senkrecht zur Fläche, das Licht soll unter einem mittleren Winkel von 45° einfallen.

Vollkommen weiß heißt eine Fläche, welche alles Licht zurückwirft.

Vollkommen schwarz heißt eine Fläche, welche kein Licht zurückwirft.

Vollkommen grau heißt eine Fläche, welche von allen Lichtarten einen gleichen Bruchteil zurückwirft.

Bunt heißt eine Fläche, welche verschiedene Lichtarten in verschiedenem Verhältnis zurückwirft.

Als Vertreter des vollkommenen Weiß dient chemisch reines gefälltes Bariumsulfat.

Als Vertreter des vollkommenen Schwarz dient ein lichtloser Raum: der Kirchhoffsche schwarze Körper, eine verhältnismäßig kleine Öffnung in einem innen schwarz ausgekleideten Hohlkörper.

Jedes Grau ist gekennzeichnet durch den Bruchteil Weiß (w), den er enthält, entsprechend der Formel

$w + s = 1$, wo s Schwarz ist. Dieser Bruchteil wird photometrisch gegen vollkommenes Weiß gemessen.

Als Instrument dient das Halbschatten-Photometer nach Wilhelm Ostwald.

Ob eine Fläche rein grau ist, ergibt sich beim Vergleich mit einer beschatteten vollkommen weißen Fläche (z.B. im Halbschatten-Photometer) oder mit einer optischen Mischung aus vollkommenem Weiß und Schwarz (z.B. mittels des Kreises). Beide müssen bei gleicher Helligkeit auch im Farbton übereinstimmen.

Ob eine Fläche vollkommen grau ist, ergibt sich bei der photometrischen Messung in verschiedenem Licht; bei einer vollkommen grauen Farbe erweist sich der Weißgehalt unabhängig von der Art des Lichts.

Blatt 2. Bunte Farben. Vollfarben (v) schreiben wir einer Fläche zu, die das gleichfarbige Licht vollkommen, das gegenfarbige gar nicht zurückwirft. Sie erscheint daher im gleichfarbigen Licht ebenso hell wie eine vollkommen weiße Fläche, im gegenfarbigen Licht ebenso schwarz wie eine vollkommen schwarze Fläche im gleichen Licht. Vollfarbige Flächen kommen in Wirklichkeit nicht vor.

Jede wirkliche Fläche zeigt sowohl unvollkommene Zurückwerfung wie unvollkommene Schluckung.

Den Betrag der ersten Unvollkommenheit nennt man den Schwarzgehalt (s), den der zweiten den Weißgehalt (w) der Farbe.

Jede Farbe entspricht einer Gleichung $v + w + s = 1$, in welcher jedes Glied zwischen 0 und 1 liegen kann. Hierin kann w durch eine photometrische Messung in gegenfarbigem, s durch eine solche im gleichfarbigen Licht bestimmt werden; v ergibt sich aus der Gleichung. Eine Farbe, in welcher w und s merkbare Werte haben, heißt trüb.

Die Vollfarben sind durch den Farbton verschieden und bilden mit Bezug auf diesen eine stetige, in sich zurücklaufende Reihe, den Farbtonkreis. Mischt man zwei farntonverschiedene Vollfarben optisch zu gleichen Mengen, so entsteht außer Grau ein neuer Farbton, der in der Mitte zwischen denen der Bestandteile liegt. Hiernach ist der Farbtonkreis eindeutig geordnet.

Man unterscheidet im Farbtonkreis acht Hauptfarben:

Gelb	Kreß	Rot	Veil
Ublau	Eisblau	Seegrün	Laubgrün

Die untereinanderstehenden Paare mischen sich optisch zu Grau, ohne daß ein Farbton entsteht; sie heißen Gegenfarben.

Laubgrün, Gelb, Kreß und Rot heißen die warmen, Veil, Ublau, Eisblau, Seegrün die kalten Farben.

					ea	ca
				ga		ec
			ia		gc	
		la		ic		ge
	na		lc		ie	
pa		nc		le		ig
	pc		ne		lg	
		pe		ng		li
			pg		ni	
				pi		nl
					pl	
						pn

Die Farbtöne werden gemäß dem Zehnerprinzip durch Teilung des Farbtonkreises in 100 Punkte genormt. Das praktische Bedürfnis erfordert Berücksichtigung der 8 Hauptfarben, die in je 3 Stufen unterteilt werden, so daß 24 praktische Farbtonnormen entstehen, die erstes, zweites, drittes Gelb, Kreß, Rot usw. genannt werden. Es entsprechen sich daher folgende Namen und (abgerundete) Zahlen:

Erstes	Zweitens	Drittes	Gelb	00	04	08
- - -	- - -	- - -	Kreß	13	17	21
- - -	- - -	- - -	Rot	25	29	33
- - -	- - -	- - -	Veil	38	42	46
- - -	- - -	- - -	Ublau	50	54	58
- - -	- - -	- - -	Eisblau	63	67	71
- - -	- - -	- - -	See grün	75	79	83
- - -	- - -	- - -	Laub grün	88	92	96

Farbzeichen. Aus der Nummer des Farbtons und den beiden Buchstaben für Weiß und Schwarz setzen sich die Farbzeichen der genormten Farben zusammen, wobei die Zahl den Farbton, der erste Buchstabe den Gehalt an Weiß, der zweite an den Schwarz bedeutet.

Die Kunstwissenschaft und die Farbe

II. Teil

Mit der Feststellung, dass in unserer Zeit alles dazu hindränge, die Farbe als ausschlaggebenden Faktor in die Betrachtungsweise der Kunstwissenschaft aufzunehmen, ist nur die allgemeine Richtung angedeutet. Aber der Endzweck, das oder die Ziele, blieben vorerst in nebliger Ferne; sie sollen im Folgenden durch eine Reihe von Entwicklungsmöglichkeiten, von Möglichkeiten der Auswirkung, erhellt werden, die ich jetzt im einzelnen darlegen werde.

Fürs erste möchte ich kurz den Satz voranstellen: Der Endzweck der Farbmessungen ist, unsere Erkenntnis zu fördern, die ihrerseits berufen ist, die Wissenschaft zu höheren Zielen zu führen.

An eine wissenschaftliche Auswertung der Messungen können wir erst herangehen, wenn wir größere Reihen von Messungen vor uns haben. Es wird dies am leichtesten möglich sein, wenn sich die Leitungen der größeren Kunstinstitute

dazu entschlossen haben, Kataloge mit Farbenanalysen, die neben den einfachen objektiven Farbenangaben durch Worte auch deren physiologische und subjektive psychologische Wirkungen zeigen, und außerdem im einzelnen Maßangaben der wichtigsten Farben, die für die Komposition der Bilder von Bedeutung sind, enthalten, herauszugeben.

Im Verlaufe solcher Arbeiten wird sich die Notwendigkeit und gleichzeitig auch die Möglichkeit herausstellen, für die wichtigsten Farben klare, eindeutige Sprachbegriffe zu schaffen. Einen entsprechenden Vorgang kennen wir bereits aus der Musik, wo es seit langem möglich ist, dem Laien Begriffe zu vermitteln, ohne dass die rein musikalischen Fachausdrücke allein angewendet werden müssen.

Das Eis ist bereits gebrochen. Es liegt ein Katalog der Gemälde der Fürstl. Fürstenbergischen Gemäldegalerie zu Donaueschingen vor, in dem der Ostwaldschüler Pater Martin SCHALLER aus Beuron Farbenanalysen und Messungen der wichtigsten altdeutschen Gemälde gegeben hat.³⁰ Ich habe eine Reihe derselben nachgeprüft, und bin im allgemeinen mit dem dort eingeschlagenen Verfahren durchaus einverstanden. Natürlich sind die Angaben nicht zu benutzen ohne den Anhalt, den für Aufbau und Form die Fotografie uns zu geben imstande ist.

Ferner sollte sich der Kunsthistoriker daran gewöhnen, beim Besprechen von Bildern eine Farbenanalyse der tatsächlichen und der physiologischen und im Auge psychologisch entstandenen Farben zu geben und diese durch genaue Messungen zu unterstützen, wobei eine bezifferte Skizze der farbigen Komposition von großem Wert sein kann. Dass übrigens auf die Messungen nicht verzichtet werden kann, zeigt uns folgende Erwägung: Wenn wir uns über die Farbenerscheinungen in Bildern klar werden wollen, so müssen wir in jedem Falle von der tatsächlich vorhandenen Einzelfarbe ausgehen und diese in ihrem wahren Wert kennen lernen, denn erst dann werden wir imstande sein, auch die Veränderungen physiologischer Natur und die daraus entstehenden psychologischen Eindrücke richtig einzuschätzen. Wenn wir so in der Farbenprüfung die wahren Farbenwerte der Einzelfarben und daneben im Zusammenhang die uns erscheinenden (psychologisch veränderten) Farben angeben, beseitigen wir damit auch den Einwurf, der von vielen Seiten gegen alle Messungen gemacht wird, dass wir ja nicht den wirklichen Farbeindruck messen könnten. Das tun wir auch in der Tat nicht, aber wir interpretieren ihn. Diese geistige Arbeit hat aber weiter den Vorteil, dass sie bei längerer Ausübung uns über Maß und Ausdehnung der durch unser Auge (physiologisch) begründeten Veränderungen immer mehr aufklärt, so dass vielleicht ein Zeitpunkt kommen mag, in dem der geschulte Kunsthistoriker die Angaben über die (physio-

³⁰ Anmerkung der Redaktion: Pater Martin SCHALLER aus dem Kloster Beuron zählt zusammen mit dem Lehrer Max BÜHLER von der Realschule Rottweil zu den ersten und eifrigsten Anwendern der Farbenlehre OSTWALDS sowohl bei der Analyse von Kunstwerken als auch im schulischen Unterricht in Süddeutschland. Max BÜHLER beschreibt seine Arbeit und die Messungen SCHALLERS in der Galerie Donaueschingen in dem Aufsatz: Ostwalds Farbenlehre. In: Kunst und Jugend (1922), 2, S. 161-162. Wenige Monate später, im September 1922, erklärt BÜHLER auf der Herbsttagung des Vereins württembergischer Zeichenlehrer, er lehne die ostwaldsche Harmonielehre grundsätzlich ab und die Farbenlehre OSTWALDS biete keine sichere Grundlage für den schulischen Zeichenunterricht, vgl.: KOLB, G.: Tagung des Vereins württembergischer Zeichenlehrer. In: Kunst und Jugend. (1922), 5/6, S. 237.

logisch-gewordenen Farben) Erscheinungsfarben entbehren kann, da er aus seiner Erfahrung heraus die Wirkungen im voraus berechnen kann und sie auch innerlich vor sich sieht.

Auf dem angegebenen Wege werden wir in einer absehbaren Zeit eine solche Fülle von Unterlagen und Tatsachen bekommen, dass wir daran gehen können, sie nach bestimmten Gesichtspunkten zu ordnen.

Ich sprach oben davon, dass die Fotografie zur Vermittlung der Formen und des Aufbaues von Gemälden (des Formalen und Kompositionellen), nicht wohl zu entbehren sei. Wir müssen uns nämlich darüber klar werden, dass eine richtige Auswertung der Farbmessungen nur dann möglich ist, wenn wir die Farben in ihren wahren Größenverhältnissen zueinander und ihren Umgrenzungen bzw. Begrenzungen nach den benachbarten Farben hin, berücksichtigen.³¹ Die Kraftgröße (Intensität) der einzelnen Farbenflecken, die von vornherein schon nach der Helligkeit verschieden ist, kann noch erheblich gesteigert werden durch ihre Begrenzung, wobei Überstrahlungen an unregelmäßig gestalteten Flächen vor allem in Betracht kommen, die die Wirksamkeit erhöhen und den Eindruck einer größeren Fläche erzeugen können, als sie tatsächlich vorhanden ist.

Form und Farbe stehen also in engen Wechselbeziehungen zueinander, sie bestimmen sich gegenseitig.

Aus Farbe und deren Begrenzungen (mit Absicht ist hier von der Begrenzung und nicht der Umgrenzung gesprochen; die Gesetze, denen eine durch andersfarbige Linien umgrenzte Fläche folgt, sind andere als die, die bei nicht umgrenzten Flächen eintreten. Vergl. BEZOLD-SEITZ, S. 117 ff. Vergl. auch die Sonnenblumen von VAN GOGH in der Staatsgalerie zu München)³² setzen sich ja die sichtbaren Zeichen der Malerei zusammen. Sie sind das unbedingt allein im Bilde vorhandene, also das Ursprüngliche, und sie liegen auch der Vorzeichnung und selbst der Farbenskizze zugrunde; alles andere, was durch Farbe und Begrenzung ausgedrückt wird, ist aus der Erfahrung abgeleitet, es ist nicht wirklich, sondern es bedeutet.

Über die Form als Begrenzung der Farbenflecken und die Linie als ihr Ausdrucksmittel ist im letzten Grunde noch fast alles zu erforschen. Auch hier ist die Feder in Gang gesetzt worden, noch ehe das ABC erlernt worden war; dieses werden wir erst beherrschen müssen. Die Fibel dazu hat uns wieder einmal der große Ordnungswissenschaftler Wilhelm OSTWALD in seiner Harmonie der Formen gegeben. Die Bedeutung der Form und der Begrenzungslinie nicht nur für das

³¹ Ich habe es hier vermieden das Wort „Form“ zu gebrauchen, und statt dessen von der Umgrenzung der Farbflächen gesprochen. Form ist in der Natur Körperform; sie erscheint von einem Punkt aus gesehen umgrenzt als Silhouette, und ihre Modellierung an scharfen Kanten verschieden beleuchteter Flächen als Grenzlinien, die im Bilde als Linien auf der Fläche oder als Begrenzungen von Farbenflecken dargestellt sind. Beim Sehen ist es umgekehrt. Hier tasten wir die Gegenstände im Raum mit den Augen ab und sie stellen sich uns körperlich farbig im Licht dar, modelliert durchs Licht in Lichtern und Schatten und unterschieden außerdem durch die Lokalfarben, die sich durch Licht und Schatten verändern. (Orientierendes Sehen). Ihre Stellung im Raum und zueinander erkennen wir aus den perspektivischen Verschiebungen der Verkleinerung und der farbigen Luftperspektive.

³² Vincent VAN GOGH (1833-1890).

farbige Bild, sondern auch für die Graphik, wird uns dann erst völlig klar werden. Bei unseren weiteren Betrachtungen werden wir übrigens Form und Farbe überhaupt nicht mehr trennen dürfen, da beide jederzeit, wie sicherlich die zukünftigen Untersuchungen ergeben werden, unter einen gemeinsamen Nenner gebracht werden können und müssen.³³

Wenn wir zu wissenschaftlich verwertbaren Ergebnissen kommen wollen, so müssen wir die im einzelnen ungeordneten Farbmessungen nach bestimmten klaren Gesichtspunkten ordnen, damit wir imstande sind, jederzeit über das vorhandene Material verfügen zu können. Es kann dabei jede Ordnung, die klar und unzweideutig ist, genügen, jedoch wird es sich empfehlen, in gleicher Weise vorzugehen, wie wir es beim Ordnen der übrigen kunstgeschichtlichen Forschungstoffe gewohnt sind. Die beiden Hauptgesichtspunkte sind: Ordnung nach Künstlern oder Ordnung nach Schulen, und innerhalb dieser nach zeitlicher Reihenfolge. Die letztere dürfte für unsere Zwecke vor allem in Frage kommen.

Innerhalb der Schulen empfiehlt sich die Anordnung nach der Zeit einzuhalten und hierbei nach Meistern zusammenzustellen. Diese Anordnung hat den großen Vorteil, dass wir alle Bilder, die wir nur nach der Schulzugehörigkeit bestimmen können, zeitlich an ihre Stelle einsetzen können. Es wäre also Folgendes durchzuführen:

1.) Germanisch:

Niederländische

Vlämisch

Holländisch

Niederdeutsche

Mitteldeutsche

Oberdeutsche

Fränkisch, Schwäbisch,

Schwäbisch, Bayrisch

2.) Romanische:

Italienische

Französisch

Spanisch

Ober- mittel- und unteritalienisch

Bleiben dann noch zweifelhafte Bilder übrig, so sind diese, wenn möglich, unter die großen allgemeinen Schulbegriffe in zeitlicher Folge anzuordnen. Diese Anordnung empfiehlt sich auch schon deshalb, weil wir durch sie am schnellsten und ohne Umwege zur Erkenntnis von Gesetzmäßigkeiten gelangen werden. Dass solche bestehen, dürfte wohl jedem Fachmann, der richtig sehende Augen hat, ohne weiteres klar sein. Denn aus dieser mehr oder weniger klaren Erkenntnis heraus

³³ Anmerkung im Original: Zur Messung der Farbflecken in ihrem gegenseitigen Größenverhältnis werden wir einen einfach gebauten Planimeter benötigen, oder auch Millimeterpapier. Die Messungen selbst können ebenso gut an Fotografien als an den Originalen selbst vorgenommen werden. Die Intensität der einzelnen Farbflecken ist photometrisch zu errechnen; die Größe der Einwirkung der einen auf die benachbarte Farbenfläche dagegen ist Sache der Physiologie, die der Kunsthistoriker wahrscheinlich durch Erfahrung wird ersetzen können.

hat wohl jeder schon so manches Mal seine kritischen Folgerungen gezogen. Aber wirklich klar geworden, in jeder Weise über die Schwelle des Bewusstseins getreten, so, dass sie mit Worten fassbar wären, sind sie wohl nur wenigen. Wir wären sonst wissenschaftlich weiter gekommen, als wir heute sind. Unsere Anordnung ermöglicht uns, ohne Mühen längere Beobachtungsreihen zusammenzustellen. Aus ihnen können wir das Gemeinsame in Farbe und Form rein herauslösen und zu Erfahrungsreihen zusammenstellen, die wir als gesetzmäßig empfinden.

Die erste Erkenntnis, zu der wir gelangen werden, deren Gesetzmäßigkeit wir nachweisen und in der Folge auch in Worte fassen können, wird die der Rassen- (Volks-) und Stammesfarben und -formen sein. Diese Erkenntnis können wir in den meisten Fällen schon beim Ordnen des Materials finden. Wir werden dabei feststellen, dass innerhalb desselben Volkes gewisse allgemeine Gemeinsamkeiten vorhanden sind, und dass innerhalb dieses Gemeinsamen die einzelnen Stämme wieder unterschieden werden können nach dem ihnen Gemeinsamen in Farbe und Form. Gewissen Schwankungen innerhalb dieser Farben (Stammesfarben urspr.) werden wir begegnen, wenn wir die einzelnen Meister für sich betrachten. (Welche Gründe dies hat, wird uns später beschäftigen). Innerhalb der Stammesfarben werden wir weiter gewisse Schwankungen bemerken, und wenn wir dann diese Schwankungen, die sich in Veränderungen des Kolorits und der Form, jedoch in nicht allzu weiten Grenzen, aussprechen, bei anderen Stämmen und Schulen desselben Volkes untersuchen, und weiterhin auch in der gleichzeitigen gesamten europäischen Malerei, so werden wir finden, dass derartige zeitliche Querschnitte Beeinflussungen sind, die zur selben Zeit alle Völker und Stämme in derselben Weise durchmachen müssen.

Das Erstere nennen wir den Volksstil, das Zweite den Zeitstil. Volksstil ist also das, was innerhalb desselben Volkes oder Stammes oder derselben Schule als das durchgehend allen Zeiten Gemeinsame und also für den betr. Stamm Eigentümliche (Typische) erkannt wird. - Zeitstil sind die Veränderungen, (Abbiegungen in gewissen Grenzen,) die zu der gleichen Zeit jene besonderen (typischen) und im Grossen und Ganzen sich gleichbleibenden Völker- und Stammfarben und -formen erfahren, ohne das jene allgemeine durchlaufende senkrechte Stammeslinie völlig verlassen wird.

Form und Farbe sind also in den gleichen Gebieten gleichbleibend und deshalb in verschiedenen unterscheidbar; Beispiele: Schwaben, Mittel-Oberrhein, Mittelrhein, Nürnberg, Mainfranken; Florenz, Siena, Umbrien, Venedig, Lombardei; Holland, Vlamland.

Die Veränderung der Linie als Begrenzung der Farbfläche zu verschiedenen Zeiten, z. B. Spätgotik und Renaissance, lässt doch in jedem Fall die Rückführung auf ein durch die Zeiten hindurchgehendes an den Stamm gebundenes Formgefühl erkennen. Daraus folgt also, dass wir beide unter einen gemeinsamen Nenner bringen dürfen.

Als ein drittes Ergebnis unserer Untersuchungen werden wir weiter das Gesetz des persönlichen Stils, soweit er sich in Farben und Formen erkennen lässt, zu buchen und zu untersuchen haben. Und zwar werden wir erkennen, dass im

allgemeinen der junge Künstler in erster Linie stammlich orientiert ist, dass aber bei ihm je nach seiner Eindrucksfähigkeit gewisse zeitliche Beeinflussungen seines Stiles mehr oder weniger hervortreten. Ebenso ist es nicht ausgeschlossen, dass Einflüsse von Lehrern, von Reisen oder sonstigen äußeren Ereignissen sich bei ihm bemerkbar machen. Wir werden danach imstande sein, einzelne Werke, über deren zeitliche Einordnung in das Gesamtwerk Zweifel bestehen, an die richtige Stelle zu setzen. Wenn uns biographische Notizen hierbei unterstützen, so sind sie im Grunde die Probe auf die Rechnung. Wir werden also aus dieser Erkenntnis die volklich und zeitliche Bedingtheit der einzelnen Künstler in Farbe und Form als wechselnd erkennen und daraus Schlüsse auf ihre innere Entwicklung ziehen dürfen, für die wir vielleicht auf anderem Wege eine Erklärung nicht finden können.

Der Einwand, dass die empfohlenen Messungen nach persönlichen, zeitlichen und stammesbedingten Gesichtspunkten gemacht werden könnten, ist nicht stichhaltig. Denn wer gelernt hat, zu sehen, auf was es zur Erkenntnis von Gesetzen ankommt, wird dieselbe Auswahl treffen (denn um eine Auswahl wird es sich bei solchen Messungen zu allgemeinen kritischen Zwecken handeln,) die ein anderer zu anderer Zeit und von anderem Volks auch treffen kann. Für Einzeluntersuchungen wird es dagegen unumgänglich nötig sein, besondere Messungen von Fall zu Fall anzustellen.

Für gewöhnlich haben wir es zur selben Zeit fast im ganzen Abendland mit den gleichen Pigmenten (Farbstoffen) zu tun. Aber ihre Anwendung in der alten Malerei ist bei jedem Volk verschieden. Und nicht nur die Technik des Auftrages, sondern auch die Mischungen zur Erhöhung der Farbenfülle. Hierin spricht sich in der Regel ein unbewusstes, manchmal allerdings auch ein bewusstes Farbenwollen aus. Wir können sicher sein, dass, wenn das Zeitfarbengefühl nach gewissen nicht vorhandenen Farben begehrt, diese auch gefunden werden. Eine Bestätigung dieser Behauptungen werden unsere Untersuchungen wohl ergeben. Wir haben sie vielleicht gerade jetzt schon, seit wir durch OSTWALD eine Reihe von neuen Grün kennen gelernt haben, die der Zeitstil offenbar auch verlangt, und die seitdem als Pigment neu dargestellt worden sind.³⁴

An einigen Beispielen möchte ich nun den Begriff von Volks-, Zeit- und persönlichen Farben kurz beleuchten. Ich werde niemand etwas Neues sagen, wenn ich auf die Unterschiede zwischen romanischer und germanischer Malerei hinweise, zwischen italienischer und spanischer Farbgebung, zwischen florentinischer und venezianischer Farbe. Oder zwischen holländischer und vlämischer Farbe, - wenn auch hierbei mancher schon den Kopf schütteln mag, der an das 15. Jahrhundert denkt, - oder zwischen schwäbischer (alemannischer) und nürnbergischer oder weiter nürnbergischer und oberfränkischer, mittelfränkischer und niedermainfränkischer Farbgebung.

³⁴ Anmerkung im Original: Zeitfarbe kann zusammenfallen mit einer Stammesfarbe oder sich sehr stark nähern, dann beherrscht für unser Empfinden diese Farbe die Mode, die Zeit. (Spanische Zeit, Rokoko Frankreich! Burgund um 1400-1430). Symbolische Farben!

Es wird weiter jedem einleuchtend sein, wenn ich auf Gemeinsamkeiten im Ton der europäischen Gemälde aus der 2. Hälfte des 14. Jahrhunderts aufmerksam mache, oder auf die Aufhellung, die um das Jahr 1420 allenthalben in Europa eintritt, oder die warme Bräunung, die um 1520-30 sich allenthalben bemerkbar macht, oder die gewisse Härte in der Farbgebung, oft verbunden mit tiefen warmen braunen Tönen in der 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts, die dann um 1600 bei allgemeinem Kälterwerden der Farben wieder einer größeren Buntheit Platz macht. Am augenfälligsten und klarsten werden wir das Wesen der Zeitfarben erkennen, wenn wir unsere eigene Zeit uns anschauen, und dabei beobachten, wie wir aus der tiefen, warmen, vollen und satten Farbgebung der 80er Jahre zu den aufgehellten Farben der Freilichtmalerei am Ende dieses Jahrzehnts und weiter zu den kalkigen Grautönen des späteren Impressionismus gekommen sind, die dann wieder um Jahr 1906 abgelöst wurden durch ganz fein mit Weiss gebrochene kältere Farben. Wie diese dann immer voller und satter, aber auch immer kälter wurden, bis wir in der Spanne zwischen 1910-20 allmählich überhaupt keine warmen Farben mehr zu sehen bekamen. Ein Umschwung bereitet sich vor im Frühjahr 1921, wo endlich wieder warme Farben hervorgeholt werden, anfangs noch zaghaft und selten, dann aber seit 1922 erlebten wir einen wahren Triumph der warmen Farben. Den Gang der Entwicklung unserer Zeitfarben können wir noch besser als in den Kunstaustellungen in der Frauenmode verfolgen, die, wie es scheint, der Kunst vorausseilt. Und wenn wir Künstler, die stark zeitlich orientiert sind, in ihren Werken zu Rate ziehen, so werden wir, wenn sie sich ehrlich prüfen, eine volle Bestätigung für diese Entwicklung finden. (So haben mir Künstler zugegeben, dass es ihnen in der „kalten Periode“ unmöglich gewesen sei, ein warmes Rot auf die Palette zusetzen.)

Es hat Zeiten gegeben, in denen Künstler, vor allem eine instinktlose Jugend, die nur dem Zeitgeist folgt, den Geist des eigenen Volkes aber zu verneinen sucht, auch in erster Linie in den Zeitharmonien der Farbe und der Form arbeiten wird, wobei Persönlichkeit, die allerdings wohl in der Regel nicht vorhanden ist, und Stamm, der verachtet und so weit als möglich ausgeschaltet wird, stark zurücktreten müssen zugunsten eines Internationalismus in der Kunst, dessen Erzeugnisse sind wie Fohlen von einem Hengst, und deren Wert, auf jene Zeit allein beschränkt, weniger in der Kunst beruht, als darin, dass sie dem Kulturhistoriker ihre Zersetzungserscheinungen der Zeit beweisen. Eine solche Zeit liegt gerade hinter uns.

Was persönlicher Stil ist, wird uns sofort klar, wenn wir einige ausgesprochene Künstlercharaktere in ihrer Entwicklung verfolgen. Albrecht DÜRER beginnt als der WOLGEMUT-Schüler³⁵ stark befangen in der Nürnberger Art. Venedig wirkt in Farbe und Form auf ihn, - so stark, dass wir seinen Einfluss erkennen könnten, auch wenn wir nichts von seinem Aufenthalt dort wüssten. Erst allmählich verschafft sich die heimische Art wieder ihr Recht und er findet sich selbst wieder, aber auch die niederländische Reise hinterlässt gewisse nachweisbare Spuren. Der große Zwiespalt, der sich fast tragisch durch das Leben dieses Genius zieht, ist in

³⁵ Albrecht DÜRER (1471-1528); Michael WOLGEMUT (1434/37-1519), Maler in Nürnberg;

der Farbe und in der Form unverkennbar. - Oder RAFFAEL und TIZIAN.³⁶ Bei ihnen beobachten wir vielleicht stärker als bei DÜRER die Einflüsse der Zeit, die sich aber auch bei DÜRER, vor allem seit LUTHERS Auftreten, bemerkbar machen.

Bei der Einordnung des Materials haben wir vorläufig nur die nach Ort und Zeit bekannten Bilder in Betracht gezogen. Unberücksichtigt blieben also alle Bilder von unbekanntem Meistern, unbekannt im Entstehungsort und unbekannter Entstehungszeit. Wir haben nun eine Reihe von allgemeinen kritischen Merkmalen, nach welchen wir einen großen Teil dieser Bilder bestimmen können.

1. (Literatur: FRIMMEL, FRIEDLÄNDER).³⁷

Wollen wir nach solchen Merkmalen bestimmte Bilder nun ebenfalls einordnen, so wird sich als Folgerung ergeben: sie werden sich in Farben- und Formgebung, wenn die Bestimmung richtig ist, der Reihe einfügen. Finden wir dagegen Unstimmigkeiten, so besteht die Vermutung, dass entweder die Bestimmung falsch gewesen ist, oder dass wir es mit Fälschungen oder echten, aber verfälschten Gemälden zu tun haben.

2. Bei falscher Bestimmung wird sich die richtige auf Grund der Farben- und Formenanalyse wahrscheinlich finden lassen. Bei verfälschten übermalten Bildern, bei denen Form oder Farbe oder beides späterhin verändert worden ist, werden wir aus diesen beiden Elementen die Zeit und den Ort der Veränderung feststellen können, Zeit und Schule des Originals dagegen nur, wenn das guterhaltene noch genügenden Anhalt bietet. Bei Fälschungen muss man sich klar machen, dass jede Zeit und jedes Volk sich in den Geist eines längst verstorbenen Meisters nur aus der eigenen Zeit heraus einleben kann, und daher Unstimmigkeiten mindestens nach einem Menschenalter zutage treten. Daher ist auch eine Bestimmung der Fälschung nach Ort und Zeit möglich.

Tatsächlich wenden wir bei der Bestimmung von Gemälden diese Grundsätze an, aber es sind nicht ausgesprochene und unbedingt festgelegte, sondern nur gefühlsmäßig angewandte, über die wir uns nur in seltenen Fällen Rechenschaft ablegen, ja, die sogar von berufenster Seite, wie es scheint, als überhaupt nicht vorhanden angesehen werden, obwohl als bestimmt anzunehmen ist, dass auch diese Autorität bei ihren meisten Bestimmungen sich von solchen Erwägungen leiten lässt. (FRIEDLÄNDER, „Über Kunstkennerchaft“, besser „Über Gemäldebestimmung“, worin das Wort „Farbe“ auf x Seiten zweimal vorkommt).

Eine weitere Beobachtung von großer Wichtigkeit werden wir beim Ordnen der Messungen machen. Wir werden nämlich finden, dass einzelne Persönlichkeiten, deren Schulangehörigkeit allgemein anerkannt ist, in Form und Farbe aus dem Zusammenhang ihrer Schule herausfallen. Wenn wir nun den Grund davon

³⁶ RAFFAEL – eigentlich Raffaello SANTI (1483-1520); TIZIAN – eigentlich Tiziano VECELLIO (1488/90-1576);

³⁷ Theodor VON FRIMMEL, (1853-1928), Kunst- und Musikhistoriker, ab 1904 Hrsg. der „Blätter für Gemäldekunde“, Galeriedirektor.

MAX J. FRIEDLAENDER (1867-1958), Kunsthistoriker, Leiter des Kupferstichkabinetts in Berlin, 1929 Generaldirektor der Berliner Museen, nach 1933 Emigration.

feststellen, so kann es sich sehr wohl ergeben, dass Farbe und Form die einer anderen Schule aus anderem Stamme sind, und ist die Herkunft des betr. Meisters bekannt, so würde es sich wohl immer ergeben, dass Form und Farbe des Meisters nicht oder nur wenig sich verändert haben mit der Übersiedlung auf einen anderen Stammes-(Schul-) Boden. Einige wenige Beispiele mögen hier genügen: Stefan LOCHNER³⁸ (Kölnische Schule) aus Meersburg am Bodensee; der Meister des Hausbuches³⁹ (der Hauptmeister) wahrscheinlich aus der Bodenseegegend gebürtig, am Mittelrhein tätig. Im Gegensatz dazu ein mit diesem Meister noch meist zusammengeworfener mittelrheinischer Meister mit entsprechender Farben- und Formgebung; Hans von KULMBACH⁴⁰ in Oberfranken in Nürnberg, der Kölner Bartholomäusmeister⁴¹ vom Mittelrhein, der Franzose WATTEAU⁴² aus dem vlämischen Valenciennes. Was solche Meister an schulbildender Kraft besessen haben, wird sich in den seltensten Fällen dauernd in Form und Farbe bei ihren Schülern erhalten, sondern sie werden fast regelmäßig in die heimische Betrachtungs- und Ausführungsweise wieder hineinfließen. Wir können diese Meister deshalb zwar nicht ganz aus dem Schulzusammenhang herausreißen, werden ihrem Schaffen aber nur dann gerecht, wenn wir ihre künstlerische Herkunft berücksichtigen. Denn bis zu einem gewissen Grade werden sie Außenseiter bleiben.

Wir sehen also, ein wie ungeheuer wichtiges Material wir durch die Messungen von Farbe und Form zur Bilderbestimmung erhalten, und je besser die Ordnung des Materials sein wird, und je weiter wir mit der Auswertung der Beobachtungen kommen, desto sicherer und unanfechtbarer werden unsere Ergebnisse sein. Jedenfalls werden Unstimmigkeiten zwischen historisch interpretierender usw. Kritik und der Farben- und Formkritik immer zu denken geben und uns es nahe legen, nach ihrem Grunde zu forschen, und es wird sich dann wohl stets ergeben, dass es sich um falsche Bestimmungen oder um Kopien, Fälschungen oder Verfälschungen handelt. Die Einordnung unbekannter Bilder nach diesen Gesichtspunkten wird also gleichzeitig eine kritische Arbeit der Bilderbestimmung sein.

³⁸ Stefan LOCHNER (1400/10-1451), bedeutendster Meister der Kölner Malerschule.

³⁹ Hausbuch-Meister (nachweisbar zwischen 1475 und 1490), deutscher Zeichner, Stecher und Maler, erhielt seinen Namen von den Federzeichnungen im sogenannten Hausbuch, das auf Schloß Wolfsegg aufbewahrt wird.

⁴⁰ Hans von KULMBACH – eigentlich Hans SÜß (um 1480-1522), Maler der deutschen Frührenaissance.

⁴¹ Meister des Bartholomäusaltars (nachweisbar zwischen 1440 und 1510), wirkte die letzten Jahrzehnte in Köln, erhielt seinen Namen vom Bartholomäus-Altar, heute im Besitz der Alten Pinakothek in München.

⁴² Antoine WATTEAU (1684-1721), bedeutender französischer Maler.

Walter Gräff: Ein Kunsthistoriker bedient sich der Naturwissenschaft

Albrecht Pohlmann

Walter GRÄFF (1876-1934), der Verfasser des vorangehenden Aufsatzes, gehörte zu den wenigen Kunsthistorikern seiner Zeit, die naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Untersuchungsmethoden in ihrem Fach zu etablieren versuchten. Das Doerner-Institut in München, heute die führende deutsche Institution zur naturwissenschaftlichen Untersuchung von Gemälden, beruft sich ausdrücklich auf GRÄFF als einen seiner ideellen Urheber und stellt fest: *Die Bedeutung Walter Gräffs für die Geschichte des Doerner-Institutes wurde bislang unterschätzt.*¹

GRÄFF entstammte der begüterten Familie eines Tabakfabrikanten in Kreuznach² und war – nach mehreren Semestern Jurastudiums – 1902 zum Fach Kunstgeschichte übergewechselt, das er zunächst bei Heinrich WÖLFFLIN in Berlin studierte. Zwischen 1903 und 1904 führten ihn Studienreisen nach Deutschland, den Niederlanden und Frankreich. Danach setzte er bis 1905 sein Kunstgeschichtsstudium bei Henry THODE in Heidelberg fort und bereiste danach Süddeutschland, Italien und wiederum Frankreich, wo er sich anderthalb Jahre zu Forschungszwecken in Paris aufhielt. Im Ergebnis dieser Recherchen konnte er 1906 seine Heidelberger Dissertation über „Die Einführung der Lithographie in Frankreich“ verteidigen. Folgerichtig begann er seine Laufbahn an den Münchener Museen 1908 in der Königlich Bayerischen Graphischen Sammlung, wechselte aber bereits 1909 an die Staatliche Gemäldegalerie, wo er 1911 vom unbesoldeten wissenschaftlichen Hilfsarbeiter zum Kustos aufstieg, 1915 zum Konservator. 1914 wurde er als Vizewachtmeister der Reserve zum Kriegsdienst eingezogen (er hatte 1895/96 als Einjährig-Freiwilliger gedient) und war im späteren Kriegsverlauf Kunstoffizier in Norditalien. Er wurde schließlich 1920 zum Hauptkonservator ernannt, erhielt 1927 den Professorentitel und wurde 1933 Honorarprofessor an der Münchener Universität, verstarb aber bereits ein Jahr später.

¹ www.doernerinstitut.de

² Für diese und die weiteren biografischen Angaben wurde folgendes Material verwendet:
 BURMESTER, Andreas und SIEFERT, Helge: Grenzgänger zwischen Kunstwissenschaft und Kunsttechnologie – Walter Gräff (1876-1934) zum Gedenken. In: Bayerische Staatsgemäldesammlungen (Hrsg.): Jahresbericht 1998. München, 1999, S. 12-24:
 Brief von Bruno HEIMBERG, Direktor des Doerner-Instituts, an Karl HANSEL, Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V., München, d. 19. Februar 1998 (Herrn HANSEL sei hiermit für die Überlassung der Angaben gedankt).
 GOLTZ, Michael Graf von der: Kunsterhaltung – Machtkonflikte : Restaurierung zur Zeit der Weimarer Republik. Berlin : Reimer, 2002.
 Königliche Museen zu Berlin (Hrsg.): Kunsthandbuch für Deutschland. 6., neubearb. Aufl.. Berlin : Reimer, 1904.
 Dresslers Kunsthandbuch. Leipzig : Haberland, 1906; Dresslers Kunstjahrbuch. 7. Jg. Rostock : Dresslers Kunstjahrbuch, 1913; Dresslers Kunsthandbuch. 9. Jg., Bd. 2: Bildende Kunst. Berlin.: Curtius, 1930.

Aus GRÄFFS glücklicherweise erhaltenem Nachlass³ geht hervor, dass er sich mit zahlreichen Aspekten der Farbe befasst hat. Spätestens 1921 muss er in Kontakt mit OSTWALD gekommen sein, als dieser in München über „Wissenschaftliche und praktische Farbkunde“ sprach. Eingeladen hatte zu dieser Farbtagung der Polytechnische Verein in Bayern, dessen Vorstand GRÄFF angehörte. Seit Jahren hatte sich bereits eine lautstarke Opposition gegen OSTWALDS Farbenlehre formiert, die schließlich seinen Austritt aus dem Deutschen Werkbund bewirkte, der ihn ursprünglich mit den Untersuchungen zur Farbe beauftragt hatte. In München war es vor allem eine Gruppe von Künstlern und Maltechnikern im Umkreis der Deutschen Gesellschaft für rationelle Malverfahren (DGRM) bzw. ihrer Zeitschrift, den „Technischen Mitteilungen für Malerei“, Paul KÄMMERER, Paul HORN, später vor allem Max DOERNER, die die vermeintliche Dominanz der Kunst- und Naturwissenschaftler zurückdrängen wollten. Auf der anderen Seite standen Chemiker wie Alexander EIBNER, Leiter der Versuchsanstalt für Maltechnik an der Technischen Hochschule in München, aber auch der aufgeschlossene Kunsthistoriker GRÄFF, der offenbar rege Arbeitskontakte zu EIBNER unterhielt. Es ist letztlich DOERNER, mit seinem Eintritt in die NSDAP die neuen Machtverhältnisse für seine Pläne nutzend, der 1934 mittels Denunziation GRÄFFS Berufung zum Nachfolger EIBNERS verhindert – Michael von der GOLTZ hat diesen beklemmenden Vorgang eindrücklich geschildert.⁴ Es existierte also in München ein Frontverlauf, in dem GRÄFF eindeutig auf Seiten der Wissenschaft – und damit auch OSTWALDS – stand.⁵ Dieser Frontverlauf war allerdings nicht immer übersichtlich, er zog sich beispielsweise auch durch die von Adolf Wilhelm KEIM begründete DGRM selbst, deren Vorstand zeitweilig sowohl EIBNER und GRÄFF wie auch ihre Widersacher angehörten.

Interessant sind in diesem Zusammenhang zwei Texte, die GRÄFF 1920 im letzten Jahrgang der „Münchner kunsttechnischen Blätter“ veröffentlicht hatte. Deren Begründer, der Maler Ernst BERGER, besaß in der Kunstwelt einen ausgezeichneten Ruf als gelehrter Entdecker und Herausgeber maltechnischer Quellen, war aber über seine Hypothesen zur Technik antiker Wandmalerei mit den Kreisen um die „Technischen Mitteilungen“ in Streit geraten. Seither wurde er heftig bekämpft und in vielen Fragen als Gegner betrachtet. BERGER hatte wohl seit 1903 in engem fachlichen Kontakt mit Ostwald gestanden, dessen kunsttechnologische Arbeiten er häufig zitierte. Ab 1916 druckte BERGER zahlreiche frühe Texte OSTWALDS zur Farbenlehre in seiner Zeitschrift ab. Die Entscheidung Walter GRÄFFS, hier und nicht in den „Technischen Mitteilungen“ zu publizieren, kann somit als bewusste Richtungsentscheidung verstanden werden. Sein erster Text, „Ueber das Reinigen von Oelbildern“⁶, verteidigt die wissenschaftlich fundierten Restaurierungen der Bayerischen Staatsgemäldesammlungen gegen Vorwürfe, die

³ Vgl.: BURMESTER / SIEFERT Fußnote 2.

⁴ Vgl.: GOLTZ Fußnote 2, S. 185f.

⁵ Vgl.: BURMESTER / SIEFERT sowie GOLTZ Fußnote 2.

⁶ GRÄFF, Walter: In : Münchner kunsttechnische Blätter 16 (1919/20), 13, S. 73-75; 14, S. 80-82; 15, S. 85-87; 16, S. 93-94.

Münchener Künstlerkreise in den „Technischen Mitteilungen“ dagegen erhoben hatten. Ihre Forderung, Maler sollten wie in früheren Zeiten die Leitung der Gemäldegalerien übernehmen, wies GRÄFF unter Hinweis auf die Schäden, die unter derartigen Direktoraten angerichtet worden waren, zurück: *Die Malerdirektoren haben gründlich abgewirtschaftet*⁷ In diesem Text zitiert GRÄFF zustimmend aus OSTWALDS „Malerbriefen“:⁸ Es ist dabei zu bedenken, dass GRÄFF dies äußert, als die Polemik gegen OSTWALDS Farbenlehre gerade in München ihrem Höhepunkt entgegensteuert.⁹

Der zweite Text in BERGERS Zeitschrift¹⁰ gilt GRÄFFS Vorschlag, zeitgenössische Künstler, deren Werke vom Staat angekauft würden, sollten einen Fragebogen ausfüllen, um genaue Auskunft über die von ihnen benutzten Materialien und ihre Verwendung zu erhalten. Damit sollte späteren Restauratoren geholfen, vor allem aber auch das Bewusstsein für Material und Technik geschärft werden. GRÄFFS Fazit weist große Verwandtschaft mit dem Schlussabschnitt von OSTWALDS „Malerbriefen“ auf: *Die Verfolgung der handwerklichen Vorgänge bei der Arbeit erfordert zweifellos eine gewisse Selbstzucht vom Künstler, die sich auf die Dauer dadurch belohnt, dass er zunächst dazu kommen wird, mit Bewusstsein das seiner künstlerischen Absicht entsprechende technische Verfahren einzuschlagen, das ihm nicht einen trügerischen Augenblickserfolg, sondern die dauernde Erreichung seines Zieles verbürgt. Und im Laufe der Zeit wird dann der eine Hauptzweck wieder erreicht werden, nämlich das, was die notwendige Voraussetzung des künstlerischen Schaffens überhaupt ist: dass der Künstler ohne Nachdenken, aus der Beherrschung seiner handwerklichen Mittel heraus, gleichsam automatisch sein Handwerk richtig ausübt.*¹¹

Walter GRÄFF ist – neben seinen strahlendiagnostischen Gemäldeuntersuchungen - überdies als einer der Pioniere der mikroskopischen und mikrochemischen Bilduntersuchung anzusehen: an die Arbeiten von OSTWALD, RAEHLMANN, GASPARETZ, LAURIE¹² und anderen anknüpfend, fertigte er Mikrofotos von Gemäldeoberflächen an, analysierte Grundierungen verschiedener Zeiten und betreute die Dissertation über mikrochemische Bilduntersuchung, die Hans HETTERICH bei Alexander EIBNER an der Versuchsanstalt für Maltechnik in München schrieb.¹³

Ganz offensichtlich ist GRÄFF schon bald nach bekannt werden der ostwaldschen Farbenlehre von den neuen Möglichkeiten begeistert, die diese für

⁷ Vgl.: GRÄFF, Fußnote 6, S. 94.

⁸ Vgl.: GRÄFF, Fußnote 6, S. 86.

⁹ GAGE, John: Militarismus in der Kunst? Wilhelm Ostwald und die Maler. In: Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 4 (1999) , 2, S. 54-63; sowie POHLMANN, Albrecht und MATERNA, Helmut: Wilhelm Ostwald : Farbenlehre, Maltechnik, Gemäldeuntersuchung. In: Beiträge zur Erhaltung von Kunstwerken 8. Berlin, 1999, S. 44-60.

¹⁰ Bildererhaltung durch Gesundung der Maltechnik. Ein Vorschlag von Dr. Walter Gräff. In: Münchner kunsttechnische Blätter 16 (1919/20), 17, S. 100; 18, S. 105-106.

¹¹ Vgl. GRÄFF, Fußnote 10, S. 106.

¹² Dazu ausführlich mit Literaturangaben vgl. POHLMANN / MATERNA, Fußnote 9.

¹³ HETTERICH, Hans: Zum Stand und zur zukünftigen Entwicklung der mikrochemischen Bilduntersuchung. Phil. Diss, TH München, 1931.

sein Fach bietet. Sein Aufsatz „Die Kunstwissenschaft und die Farbe“, von dem der erste Teil 1922 in Nr. 30 der Zeitschrift „Die Farbe“ erscheint, geht diesen Möglichkeiten nach. An Gemälden wird nun eine Farbbeschreibung möglich, die die Forderungen nach Wissenschaftlichkeit, Klarheit, Übersichtlichkeit und Allgemeingültigkeit genauer erfüllt, als es in allen bisherigen Versuchen geschehen war. Zahlreiche Einwände, die sich angesichts der besonderen Probleme äußerst nuancierter Farbpartien wie auch von stark strukturierten, gealterten oder verschmutzten Gemäldeoberflächen erheben könnten, macht GRÄFF selbst und schlägt Möglichkeiten der Abhilfe vor. Es ist dennoch deutlich, dass die Genauigkeit des Verfahrens immer relativ bleiben wird: eine sorgfältig lasierte Himmelsfläche des 18. oder frühen 19. Jahrhunderts etwa läßt sich in ihren unmerklichen Übergängen nicht stufenlos erfassen. Solcherart Einwände mag es viele geben. Jedoch ist GRÄFFS Argument dagegen nicht von der Hand zu weisen: *Aber sollen wir die ganze Untersuchung deshalb überhaupt unterlassen, weil immer gewisse Unstimmigkeiten und unlösbare Schwierigkeiten bleiben werden?! Je mehr Erfahrung im Messen jemand erworben hat, desto leichter wird er imstande sein, auch diese zu überwinden.*

Interessant ist in diesem Zusammenhang der Vergleich mit den Anfängen einer koloritgeschichtlichen Schule, wie sie sich vor allem in Theodor HETZERS Arbeiten¹⁴ manifestieren: Hier wird wortmächtig etwa TIZIANS Kolorit beschrieben, ohne dass der Autor all zuviel von der Realisierung dieser Farbigkeit, von ihrer materiellen Grundlage geahnt hat (geschweige denn von den zahlreichen Veränderungen, denen die farbige Erscheinung der Gemälde durch Alterung und Restaurierung unterworfen ist). Was ihm aber vor allem fehlt, sind die Mittel zur unmissverständlichen Kennzeichnung der geschilderten Farbigkeit. HETZER erfasst mitunter intuitiv die Komplexität dieses „Kolorits“, verfügt aber über kein präzises Instrumentarium, sie in seinen Beschreibungen manifest werden zu lassen.

Man macht es sich zu leicht, wenn man schließlich vom heutigen Stand der Kunstgeschichte aus GRÄFFS Bemühungen abtut, wenngleich die Versuchung hierzu nahe liegt: Die Farbproduktion hat sich seitdem derart verbessert, dass eine exakte Benennung der einzelnen Farbnuancen überflüssig erscheint. Dem ist allerdings nicht so: Die Farbtreue der Reproduktion bleibt stets aus objektiven Gründen mangelhaft, was in den Reproduktionsverfahren und ihren Mitteln selbst begründet ist.¹⁵ Auch enthöbe eine getreue Reproduktion nicht der Forderung nach Genauigkeit der Benennungen, da Sprache das Medium wissenschaftlicher Mitteilung bleibt. Mit dem ostwaldschen bedient sich GRÄFF seinerzeit des modernsten Systems zur Farbkennzeichnung. Zum Bemühen um Genauigkeit gibt es auch heute keine Alternative, soll eine Bildbeschreibung der farbigen Erscheinung gerecht werden. Allerdings bleibt dies vorerst Wunschenken – tatsächlich schert

¹⁴ HETZER, Theodor, Tizian – Geschichte seiner Farbe. Die frühen Gemälde. Bildnisse. Stuttgart 1992 (Schriften Theodor HETZERS, Bd. 7) – Die erste Auflage von HETZERS Buch erschien 1935.

¹⁵ KUDIELKA, Robert, Zum Versuch, von Tizians Farbkunst einen anschaulichen Begriff durch Farbabbildungen zu geben. In: HETZER, Fußnote 14, S. 15-35

sich Kunstgeschichte auch heute noch meist herzlich wenig um Farbnuancen. Am besten fährt noch, wer sich bei älteren Bildern auf die schmale Auswahl der damals verfügbaren Pigmente stützt – aber auch hierbei bleibt ein zu großer Raum für Missverständnisse und Unklarheiten, sind doch beispielsweise die Grüns häufig Mischöne, wurde Zinnober oft mit einer Krapplasure überzogen, usw.

Der zweite, bisher unpublizierte Teil von GRÄFFS Text für Ostwalds Zeitschrift „Die Farbe“ liegt nur in einer Typoskriptfassung vor, die vom Autor möglicherweise noch überarbeitet werden sollte. Interessant ist der Unterschied zwischen GRÄFFS Modernität bei der Anwendung der Naturwissenschaft - und seine kunsthistorische Auffassung und Methodik selbst. Er macht den untersuchten Produktionsaspekt nicht für seine Wissenschaft fruchtbar, sondern bleibt – wie die meisten seiner damaligen Kollegen – in einer Kategorisierung der Malerei in nationalen und regionalen Schulen stehen, wie sie vor allem von der Kunstgeschichte des 19. Jahrhunderts ausgebildet und von der des 20. meist ideologisiert worden ist. Dieses Beharren auf den Konstanten der „Nationalstile“ hat zur Konsequenz, dass der evolutionäre Aspekt der Kunstentwicklung vernachlässigt wird. Wohl unterscheidet GRÄFF zwischen „Volksstil“ und „Zeitstil“, aber „ein durch die Zeiten hindurchgehendes an den Stamm gebundenes Formgefühl“ erhält eindeutig Vorrang, während in der Zeit lediglich „Schwankungen“ dieser Grundkonstanten angenommen werden.

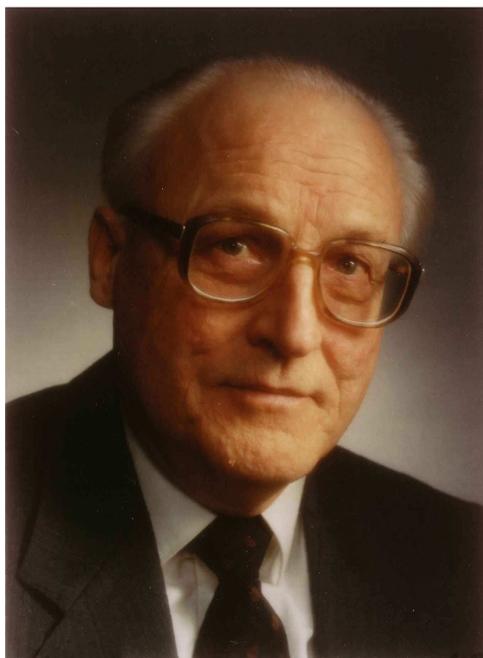
Letztlich äußern sich hier ideologische Beschränktheiten, die im Gegensatz zur „Objektivität“ der favorisierten naturwissenschaftlichen Verfahren stehen. Michael von der GOLTZ hat in seiner bahnbrechenden Studie zur Restaurierung in der Weimarer Republik darauf hingewiesen, dass GRÄFF langjähriges NSDAP-Mitglied war¹⁶, was zunächst überrascht. Nationalsozialismus und wissenschaftliche Modernität schlossen sich allerdings nicht aus. GRÄFFS Beziehung zum Nationalsozialismus bedürfte noch näherer Untersuchung. In seinen veröffentlichten Schriften jedenfalls heben sich wissenschaftliche Objektivität und Genauigkeit deutlich vom nationalistischen und rassistischen Grundton von Kunstschriftstellern ab, die mit dem Nationalsozialismus sympathisierten. Auch seine Referenzen an jüdische Fachkollegen lassen nicht auf einen Antisemiten schließen.

¹⁶ Vgl.: GOLTZ, Fußnote 2, S. 186

Zur Erinnerung an Levi Tansjö (1929 – 2003), Chemiker und Chemiehistoriker ¹

von Horst Remane, George B. Kauffman und Jan Sandström*)

Am 11. Oktober 2003 verstarb in Malmö der schwedische Chemiker und Chemiehistoriker Levi TANSJÖ im Alter von 74 Jahren. Er war weit über die Grenzen seines Landes hinaus als ideenreicher und engagierter Wissenschaftler bekannt und als geistreicher Gesprächspartner hoch geschätzt.



Levi TANSJÖ wurde am 11. April 1929 in Markaryd, einem kleinen süd-schwedischen Ort, geboren. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Schule studierte er an der Universität Lund, Schwedens zweitälteste Universität, Mathematik, Theoretische Physik, Physik und Chemie. Er graduierte zum Master und arbeitete im Laboratorium von Erik LARSSON auf dem Gebiet der Organosilizium-Verbindungen. Insgesamt sieben Publikationen aus dieser Zeit zeugen von seinem

¹ Nachdruck (in den Formalia leicht bearbeitet) aus: Internationale Zeitschrift für Geschichte und Ethik der Naturwissenschaften, Technik und Medizin N.S. 13 (2005), 3, S.185-187. Wir danken Frau Prof. Dr. Renate TOBIES (Managing Editor) für die freundliche Genehmigung. Das Foto stellte Herr Prof. H. REMANE zur Verfügung.

großen experimentellen Geschick und seinem Einfallsreichtum.² Im Jahre 1964 wurde Levi mit der Arbeit „Über organische Siliziumverbindungen, die Si-N-Bindungen enthalten“ [Kiselorganiska föreningar innehållande Si-N-bindingar] promoviert.³ Aufgrund seiner ausgezeichneten Dissertation erhielt er eine Lektorenstelle am neu begründeten Department für Organische Chemie an der Universität Göteborg, dem Lars MELANDER (geb. 1919) vorstand. Ein von Levi konzipierter und von ihm erfolgreich umgesetzter Grundkurs der Organischen Chemie setzte Maßstäbe für die Chemikerausbildung in Schweden. Im Jahre 1973 verlieh ihm dafür die Schwedische Chemische Gesellschaft die Medaille für ausgezeichnete Lehrtätigkeit [Kemistsamfundets Pedagogmedalj].

Nach siebenjähriger Tätigkeit in Göteborg ging Levi 1971 zurück an die Universität Lund, wo er ein Lektorat für Organische Chemie erhielt. In dieser Zeit begann er, sich mit der Geschichte der Naturwissenschaften zu befassen. Zunächst interessierten ihn die Herausbildung des Energiekonzeptes im 19. Jahrhundert. Die Ergebnisse stellte er in einem Vortrag mit dem Titel „*Wer fand das Energieprinzip?*“ im Chemical Center der Universität Lund vor. Der überwältigende Erfolg, zu dem auch sein ausgeprägtes Redetalent beigetragen hatte, bestärkte ihn, sich neben seiner Tätigkeit als Chemie-Lektor, weiter mit historischen Themen zu befassen.

Bald folgten Vorträge, in denen er verschiedenartige Aspekte aus der Geschichte der Physik und Chemie behandelte, darunter die Entwicklung der Naturwissenschaften in Frankreich während und nach der Großen Französischen Revolution (1789 – 1795), die Arbeiten der französischen Naturforscher Nicolas Léonard Sadi CARNOT (1796 – 1832)⁴ und Joseph-Louis GAY-LUSSAC (1778 – 1850) sowie des Engländers Sir Humphry DAVY (1778 – 1829). Eine zentrale Rolle spielten in Levis Arbeiten die Chemie in Schweden⁵ und die schwedischen Chemiker Jöns Jacob BERZELIUS (1779 – 1848), Carl Gustaf MOSANDER (1797 – 1858)⁶ und besonders der Begründer der Theorie der elektrolytischen Dissoziation und Chemie-Nobelpreisträger des Jahres 1903, Svante ARRHENIUS (1859 – 1927). In seinen

² TANSJÖ, Levi: N-Substituted alkyltriaminosilanes. I. Reaction of *n*-propyltrichlorosilane with primary and secondary amines. In: Acta Chemica Scandinavica 11 (1957), S.1613-1621; ders.: N-Substituted alkyltriaminosilanes. II. Reaction of N-substituted *n*-propyltriaminosilanes with amines. In: Acta Chemica Scandinavica 13 (1959), S.29- 34; ders.: N-Substituted alkyltriaminosilanes. III. Preparation of sterically-hindered compounds. In: Acta Chemica Scandinavica 13 (1959), S.35-39; ders.: N-Substituted alkyltriaminosilanes. IV. Intermolecular condensation. In: Acta Chemica Scandinavica 14 (1960), S.2097- 2101; ders.: N-Substituted alkyltriaminosilanes. In: Acta Chemica Scandinavica 15 (1961), S.1583-1594; ders.: Reaction of alkylsilicon fluorides with primary amines. In: Acta Chemica Scandinavica 18 (1964), S.456-464; ders.: Reaction of phenylsilicon fluorides with primary amines. In: Acta Chemica Scandinavica 18 (1964), S.465-473.

³ TANSJÖ, Levi: Kiselorganiska föreningar innehållande Si-N-bindingar. [Über organische Siliziumverbindungen, die Si-N-Bindungen enthalten/On organic silicon compounds containing Si-N bonds]. Dissertation Universität Lund 1964.

⁴ TANSJÖ, Levi: Comments on the closure of the Carnot cycle. In: Journal of Chemical Education 62 (1985), S.585-591.

⁵ TANSJÖ, Levi: Swedish luminaries in the ranks of chemistry. In: Chemistry International 11 (1989), S.147-153.

⁶ TANSJÖ, Levi: Carl Gustaf Mosander and his research on rare earth. In: Episodes from the History of the Rare Earth Elements, hrsg. v. C. H. EVANS. Kluwer: Dordrecht 1996, S.37- 54.

Arbeiten über ARRHENIUS analysierte Levi dessen epochemachende Dissertation,⁷ die Herausbildung der Physikalischen Chemie als eigenständige Disziplin⁸ sowie die Freundschaft mit den Chemie-Nobelpreisträgern Jacobus Henricus VAN'T HOFF (1852 – 1911), Emil FISCHER (1852 – 1919) und Wilhelm OSTWALD (1853 – 1932).⁹ Als Co-Autor war Levi maßgeblich an den ausführlich kommentierten Editionen der Briefwechsel FISCHER – ARRHENIUS¹⁰ sowie ARRHENIUS – OSTWALD¹¹ beteiligt.

Zu unterschiedlichen Anlässen hielt Levi, immer mit großer Resonanz, wissenschaftshistorische Vorträge. So trug er in seinen Vorlesungen und in zahlreichen Veranstaltungen über bedeutende Persönlichkeiten vor, die an der Universität Lund gewirkt haben. Genannt seien der Chemiker Christian Wilhelm BLOMSTRAND (1826 – 1897)¹² und der Physiker Johannes (Janne) Robert RYDBERG (1854 – 1919). Als Tour-Lecturer führte er im Jahre 1977 eine Gruppe der American Chemical Society auf ihrem chemiehistorischen Trip durch Europa. Von Februar bis Mai 1979 hielt er selbst chemiehistorische Vorträge an verschiedenen großen amerikanischen Universitäten. Zum Europäischen Kristallographen-Kongreß, der vom 6. bis 11. August 1995 in Lund aus Anlass des 100jährigen Jubiläums der Entdeckung der Röntgen-Strahlen stattfand, zeichnete Levi im Eröffnungsvortrag ein faszinierendes Bild des Entdeckers der Röntgen-Strahlen und ersten Nobelpreisträgers für Physik, Wilhelm Conrad RÖNTGEN (1845 – 1923).¹³ Im Dezember 1996 erinnerte er in einem Vortrag vor der Chemischen Gesellschaft in Lund an den 100. Jahrestag der Entdeckung der Radioaktivität durch Henri BECQUEREL (1852 – 1908).¹⁴ Im Januar 1997 hielt Levi im Dramatischen Theater Malmö einen Vortrag über „*Strindberg und die Chemie*“ (*Strindberg och kemien*). Über viele Jahre arbeitete er an der von Kari MARKLUND heraus-

⁷ TANSJÖ, Levi: A big step toward 1887: Arrhenius' doctoral dissertation of 1884 (in Swedish). In: *Kemisk Tidskrift* 100 (1988), 1, S.28-34,36.

⁸ TANSJÖ, Levi: The wonderful year of physical chemistry: 1887 (in Swedish). In: *Kemisk Tidskrift* 100(6) (1988), S.54-56,59,61-62,65-68,70.

⁹ TANSJÖ, Levi: [1987b]: An apartment room in Wuerzburg in 1887: Two theories met here that affected all chemists (in Swedish). In: *Kemisk Tidskrift* 99(4) (1987), S.10-11,13-15,67,82.

¹⁰ REMANE, Horst, TANSJÖ, Levi: Briefwechsel von Emil Fischer mit Svante Arrhenius aus den Jahren 1902 bis 1919. *Acta Historica Leopoldina* 33 (116 S.)

¹¹ HANSEL, Karl; TANSJÖ, Levi: Svante Arrhenius und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen. *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V., Sonderheft 15, Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e. V.: Großbothen 2002* (167 S.)

¹² TANSJÖ, Levi: Über Christian Wilhelm Blomstrands ‚Chemie der Jetztzeit‘. In: „Carl-Wilhelm-Scheele-Ehrung 1986. – Materialien der bilateralen wissenschaftshistorischen Tagung der Akademie der Wissenschaften der DDR und der Königlich-Schwedischen Akademie der Wissenschaften vom 23. bis 26. September 1986 in Stralsund. In: Akademie der Wissenschaften der DDR. Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft, Kolloquien Heft 62 (1987), S.101-107.

TANSJÖ, Levi: While waiting for Werner. Chemistry in chains. In: *Coordination Chemistry: A Century of Progress*, hrsg. v. George B. KAUFFMAN. American Chemical Society: Washington D C, 1994, S.34-40.

¹³ LUM-Arkivet 1995: Lund brännpunkten för kristallforskare; ECM16; <http://www3.lu.se/info/lum/LUM-09-95/LUM9-67-kristall.html>

¹⁴ LUM Arkivet 1996: Det händer vid Lunds universitet: Becquerels upptäckt av radioaktivitet: ett 100-års minne; http://www3.lu.se/info/lum/LUM-13_96/LUM13_59_kalend.html

gegebenen Schwedischen National-Enzyklopädie (*National Encyklopedin*) mit. In den mehr als 20 Bänden umfassenden Werk stammt eine Vielzahl herausragender biographischer Beiträge über Chemiker und Physiker aus seiner Feder.¹⁵

Levis Engagement für die Geschichte der Chemie reichte weit über die Grenzen Schwedens hinaus. So war er der Vertreter seines Landes in der Sektion Geschichte der Chemie der FECS (Federation of European Chemical Societies) seit ihrer Gründung. Mit seinen gehaltvollen Vorträgen bereicherte Levi verschiedene internationale Kongresse. Durch seine weitreichenden Kenntnisse war er stets ein gefragter Diskussionspartner und aufgrund seiner freundlichen Art überall hoch geschätzt.

Mit seiner Arbeit „Die Wiederherstellung von freundschaftlichen Beziehungen zwischen Gelehrten nach dem 1. Weltkrieg: Bestrebungen von Svante Arrhenius und Ernst Cohen“ erbrachte er im Jahre 1997 in Innsbruck, Österreich einen grundlegenden Beitrag zum Tagungsthema „Naturwissenschaft und Politik“.¹⁶

Für seine Verdienste um die Pflege des wissenschaftlichen Erbes von Wilhelm OSTWALD und Svante ARRHENIUS wurde Levi im Jahre 1990 zum Ehrenmitglied des neu gegründeten Vereins der Freunde und Förderer der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte (heute Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.) gewählt.

Horst Remane (Halle/S., Bundesrepublik Deutschland),
horst.remane@pharmazie.uni-halle.de

George B. Kauffman (Fresno/California, U.S.A.)
georgek@csufresno.edu

Jan Sandström (Lund, Schweden)
jan.sandstrom@orgk1.lu.se

¹⁵ Als Autor, der für Chemie und Physik zuständig war, veröffentlichte Levi TANSJÖ zahlreiche, meist biographische, Artikel in der 20bändigen Schwedischen National-Enzyklopädie: [Swedish] Nationalencyklopedin, hrsg. v. Kari MARKLUND. Bokförlaget Bra Böcker: Höganäs 1998ff. [ISBN 91-7133426-2]

¹⁶ TANSJÖ, Levi: Die Wiederherstellung von freundschaftlichen Beziehungen zwischen Gelehrten nach dem 1. Weltkrieg. Bestrebungen von Svante Arrhenius und Ernst Cohen. In: POHL, Gerhard W. (Hrsg.): Naturwissenschaften und Politik. Schwerpunkt: die Jahre 1933 – 1955. Trauner Verlag: Linz 1997, S.71-80.

Gesellschaftsnachrichten

Wir gratulieren

- zum **75.** Geburtstag

Herrn Rolf Huth

- zum **70.** Geburtstag

Herrn Dipl.-Ing. Hartmut Männel

Herrn Dr.-Ing. Ingo Nietzold

Herrn Dr. Jürgen Wendt

Herrn Prof. Dr. Manfred Zeidler

- zum **65.** Geburtstag

Frau OStR Helene Marquis

Herrn Prof. Dr. Jürgen Troe

und dem Wilhelm-Ostwald-Gymnasium in Leipzig zum 20. Jahr seines Bestehens.

Wir begrüßen neue Mitglieder

Nr. 211 Herrn Dr. Rainer Stumpe, Leipzig

Nr. 212 Herrn Dr. rer. nat. Heiner Hegewald, Dresden

Nr. 213 Herrn Dipl. Chem. Rainer Schwokowski, Dresden

Nr. 214 Herrn Dr. sc. nat. Wolfgang Göbel, Kreischa

Nr. 215 Herrn Dr. Rolf Haink, Eggersdorf

Zugänge zum Archiv

Von Herrn B. Steininger erhielten wir sein Buch:

Raum-Maschine Reichsautobahn. Berlin, Kadmos 2005 mit vielen Angaben zur Mitwirkung von Walter Ostwald am Bau der Reichsautobahn.

Herr Prof. Quitzsch stellte uns Heft 10 der Dahlemer Archivgespräche Berlin, MHV GmbH 2004 mit einem Beitrag von K. Krause über die Rolle Leipziger Wissenschaftler bei der Formierung der Kaiser-Wilhelm-(Max-Planck) Gesellschaft zur Verfügung,

Spenden

Für großzügig bemessene Beiträge und Spenden bedankt sich der Vorstand sehr herzlich bei Frau W. Willkomm und Herrn Dr. W. Hönle.

Außerdem bedanken wir uns beim Heimatverein Großbothen, bei Herrn Prof. Fritz Mauer und bei der Firma Ing. Roland Kreisel, Großbothen, für die Instandsetzung

des Göbels. Anlässlich der Ostwald-Festtage wurde der funktionsfähig gemachte und neu gestrichene Antrieb wieder installiert und an den Vorstand übergeben.

G ö p e l

**Historisches Technikzeugnis für erneuerbare
Energie**
(nach Wilhelm Ostwald: „Muskelenergie“)

Als Dauerleihgabe vom Kreismuseum Grimma an die
Wilhelm – Ostwald – Gesellschaft zu Großbothen übergeben.

**Eine Rekonstruktion des Göpels wurde durch die
Fa. Ing. Roland Kreisel, Maschinenbaumeister
Maschinen – und Apparatebau Großbothen
vorgenommen.**

**Initiative und Organisation zur Rekonstruktion
sowie Finanz – und Sachleistungen von
Prof. Dr. Fritz Mauer, Großbothen.**

Weitere anteilige Finanz – und Sachleistungen von:

- Fa. Ing. Roland Kreisel, Sachzuwendungen
- Heimatverein Großbothen e.V., Finanzzuwendungen
- Herr Christian Bodenbinder, Sachzuwendungen

Nach technischer Rekonstruktion auf Spendenbasis wurde der Göpel
am 1. September 2005 wieder durch die Spendegeber feierlich in den
unmittelbaren Besitz des Leihnehmers, die Wilhelm – Ostwald –
Gesellschaft , übergeben.

<p>Übergabe   01. September 2005</p>	<p> Übernahme 01.09.05</p>
--	---

Ebenfalls zu den Festtagen spendete die Familie Brauer/Hansel eine Natursteinabdeckung für die Ostwald-Gruft im Steinbruch.

Sonstiges

Last not least möchten wir uns nochmals bei der Leitung und den Mitarbeitern des Kulturhauses Leuna für die außerordentliche Hilfe bei der Ausrichtung der Ostwald-Ausstellung bedanken. Auf Grund des guten Zuspruches wurde die Schau um einen Monat verlängert und konnte annähernd 1000 Besucher begrüßen.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an den Bürgermeister von Großbothen und Herrn Neudeck vom Bauhof der Gemeinde für die schnelle Hilfe bei der Arbeitschutzbelehrung für unsere 1-Euro-Jobs.

GGI

GEWERBE WOHNEN FREIZEIT SPORT

Ihr Immobilienpartner in Grimma und Wurzen



TLG Gewerbepark Grimma

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



Großbothen/Sachsen

**des sächsischen Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald
- seit 90 Jahren ein Ort kreativen Arbeitens**

Sie finden beste Arbeitsbedingungen für:

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

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

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

Bei Bedarf können Gästezimmer im Ort vermittelt werden.

Wir empfehlen Ihnen auch einen Besuch der musealen Räume im

Haus „Energie“

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

e-Mail-Adresse: ostwaldenergie@aol.com

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

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