

# Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V.

28. Jg. 2023, Heft 2

ISSN 1433-3910

---

## Inhalt

Zur 77. Ausgabe der „Mitteilungen“ .....	3
Die Harmonie der Farben <i>Wilhelm Ostwald</i> .....	4
Eine nicht-technische Bemerkung zum Thema „künstliche Intelligenz“ <i>Knut Löschke</i> .....	7
Das unsichere Fundament des Gebäudes der theoretischen Physik <i>Grit Kalies</i> .....	14
Anmerkungen zur historischen Entwicklung der Dosis-Zeit-Konzepte in Photometrie und Toxikologie <i>Volker Wunderlich</i> .....	27
Ostwalds Farbenfibel als Strukturschlüssel der Farbe und Meilenstein der Farbenlehre <i>Eckhard Bendin</i> .....	46
Musik – Begleitung eines Lebens <i>Gretel Brauer</i> .....	60
Gesellschaftsnachrichten .....	72
Laudatio Prof. emer. Dr. Jan-Peter Domschke zum 80. Geburtstag <i>Friedrich Reinhard Schmidt</i> .....	73
Weihnachts- und Neujahrswünsche .....	75
Autorenhinweise .....	76

---

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 2023, 28. Jg.

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

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Schmelzer/Ulrike Köckritz

Grimmaer Str. 25, 04668 Grimma, OT Großbothen

Postanschrift: Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V., Linnéstr. 2, 04103 Leipzig

Tel. 0341-39293714

IBAN: DE49 8606 5483 0308 0005 67; BIC: GENODEF1GMR

E-Mail-Adresse: [info@wilhelm-ostwald.de](mailto:info@wilhelm-ostwald.de)

Internet-Adresse: [www.wilhelm-ostwald.de](http://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.

Wir erbitten die Autorenhinweise auf der letzten Seite zu beachten.

Der Einzelpreis pro Heft beträgt 6,- €. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer.

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

## Zur 77. Ausgabe der „Mitteilungen“

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

in diesem Heft drucken wir den Beitrag W. Ostwalds „Die Harmonie der Farben“ von 1919 nach. Hierin schlägt Ostwald die Brücke von der gedanklichen Harmonisierung der Obertöne von Hupen und Klingeln im Straßenverkehr durch die Töne c, e, g zu seiner Farbforschung. Aus der Überlegung, dass die einzelnen Elemente in gesetzlicher Beziehung zueinanderstehen müssen, damit Farbharmonie entsteht, entwickelt Ostwald seine Farbregel.

Knut Löschke versucht in seinem Beitrag „Eine nicht-technische Bemerkung zum Thema „künstliche Intelligenz““ die hochemotionalen Diskussionen zu diesem Thema zu versachlichen. Die Tatsache, dass von uns programmierte Maschinen alles schneller, sicherer und zuverlässiger können als das unser Gehirn könnte, erschreckt uns, aber Maschinen können menschliche Intelligenz nicht ersetzen und niemals menschliches Bewusstsein erlangen. Der Autor lehnt deshalb den Begriff „künstliche Intelligenz“ ab, man sollte vielleicht von „Brain Extension“ sprechen.

„Das unsichere Fundament des Gebäudes der theoretischen Physik“ und die daraus erwachsenen Defizite, mit denen sich Grit Kalies jahrelang intensiv auseinandergesetzt hat, führen die Autorin zur Entwicklung einer Quantenprozessthermodynamik. Diese neue Sicht auf die Welt, die natürlich nicht unumstritten ist, könnte in unseren Mitteilungen Raum zur Diskussion geben.

Volker Wunderlich zeigt in seinem Beitrag „Anmerkungen zur historischen Entwicklung der Dosis-Zeit-Konzepte in Photometrie und Toxikologie“ formale Analogien zwischen einigen Gesetzmäßigkeiten der Photometrie und der Toxikologie. Diese Analogien betreffen die mathematischen Beziehungen zwischen Dosis beziehungsweise Lichtintensität, Einwirkungszeit und Effekt.

Im Folgenden drucken wir das Nachwort von Eckhard Bendin „Ostwalds Farbenfibel als Strukturschlüssel der Farbe und Meilenstein der Farbenlehre“ im neu herausgegebenen Buch „Die Farbenfibel“ von Wilhelm Ostwald. Favoritenpresse, Berlin 2023 nach. Darin würdigt der Autor die Entwicklung der Farbenlehre durch Ostwald aber auch anderer bis hin zu aktuellen Weiterentwicklungen.

Aus dem Nachlass von Gretel Brauer stellte uns ihre Tochter A.-E. Hansel einen Text „Musik – Begleitung eines Lebens“ zur Verfügung, den wir gern hier veröffentlichen. Dieser Beitrag weist auf die große Bedeutung der Musik, insbesondere das eigene Musizieren, in der Familie Ostwald hin.

Das Heft beschließen die Gesellschaftsnachrichten mit einer Laudatio zum 80. Geburtstag unseres verdienstvollen Mitgliedes Jan-Peter Domschke und Weihnachts- und Neujahrswünsche des Vorstandes.

Jürgen Schmelzer

## Die Harmonie der Farben<sup>1</sup>

Wilhelm Ostwald

Vor dem Kriege, als es noch lebensgefährlich war, in Berlin die Bellevuestraße beim Potsdamer Platz zu überqueren, habe ich zuweilen an der Ecke dort beim Nachmittagkaffee das Treiben mit Aug und Ohr aufgenommen. Namentlich der Gehöreindruck war stark und nicht angenehm. Über dem Orgelpunkt des stetigen Straßenlärms, dessen Bestandteile in eine ununterscheidbare Masse zusammenfließen, ertönte eine höchst diskordante endlose Oberstimme von schrillen Radfahrglocken, Straßenbahngeklengel, Droschkenfahrerrufen und alles beherrschend Autohupen, die ihre durchdringenden Laute in allen denkbaren Tonlagen von sich gaben. Mit der allgemeinen Idee der Organisation der menschlichen Tätigkeit beschäftigt, konnte ich hier die Frage nicht abweisen: kann man denn nicht auch den Straßenlärm organisieren? Von meiner Laboratoriumslehrerzeit her setzt sich bei mir, wenn eine solche Frage auftaucht, alsbald ein Apparat im Gehirn automatisch in Bewegung, der nach dem Abschnurren das Ergebnis, gut oder schlecht, abwirft. Er lautete auch in diesem Falle bejahend.

Nehmen wir an, wir wären imstande, eine Polizeiverordnung folgenden Inhalts zu erlassen und durchzuführen: Alle Auto- und Fahrradhupen werden zum Verkehr nur zugelassen, wenn sie, statt wie bisher auf willkürliche und zufällige Töne eingestellt zu sein, aus irgendeinen der Töne c, e, g des C-Dur-Dreiklangs eingestellt sind. Es kostet ebensoviel, eine Hupe mit einem dieser Töne anzufertigen, wie mit jedem anderen Tone; eine Belastung wird also nicht bewirkt. Aber Welch ein Wandel im akustischen Straßenbild! Der Grundbaß bleibt derselbe. Aber an die Stelle des sinnlosen Durcheinanders der Oberstimme tritt eine fortlaufende vielstimmige Melodie in den Tönen c-e-g, die durch den beständigen Wechsel von Ton und Tempo eine unerschöpfliche Fülle reizender melodischer Überraschungen bringt, etwa wie Beethoven sie im ersten Satz seiner Heldensymphonie aus dem Dreiklangsmotiv gebildet hat. Das könnte man stundenlang anhören, ohne müde zu werden, und ich muß mich aufrütteln, um nicht durch die bloße Vorstellung in das entsprechende träumerische Wohlbehagen zu versinken.

Diese halbvergessenen Gedanken wurden wieder hervorgerufen, als die Farbforschungen, denen ich seit mehreren Jahren fast alle Energie widme, die mir noch geblieben ist, mich zur Lösung des alten Problems der Farbharmonie geführt hatten. Farben stehen harmonisch zueinander, wenn ihre Elemente einfache gesetzliche Beziehungen haben. Diese Elemente waren bisher verkannt und man konnte sie nicht messen. Jetzt kennt man sie und man kann sie messen. Bisher konnte man keine einfachen Beziehungen zwischen Farben bewußt herstellen; man war auf den künstlerischen Instinkt und glückliche Funde angewiesen, und die Allgemeinheit war koloristisch völlig verwildert. Demgemäß macht

---

<sup>1</sup> Abschrift von: OSTWALD, W.: Die Harmonie der Farben. Innendekoration 30 (1919), [11], S. 386, 388-389.

nicht nur die Straße, sondern auch fast jeder Innenraum chromatisch den Eindruck des Potsdamer Platzes am Nachmittag: die Farben brummen, schreien, schrillen überall wüst durcheinander. Und wo man mühsam, etwa in einem Zimmer eine leidliche Harmonie hergestellt hat, wird sie fast durch alles und jedes, was dazukommt, sei es ein Mensch, ein Möbel, ein Zierstück, wieder zerstört.

Gibt es einen Ausweg aus diesem Tohuwabohu? Die Antwort lautet wie im ersten Falle: man muß die Farbe organisieren. Wie man aus den Tausendein aller möglichen Töne die wenigen Stufen der Tonleitern unter Verwerfung aller anderen gewählt und aus ihnen den ganzen Wunderschatz unserer Musik erzeugt hat, so kann und muss man aus der eine Million übersteigenden Anzahl der möglichen Farben eine beschränkte Anzahl auswählen, die streng gesetzmäßig miteinander verbunden sind, und hat in ihnen das Material einer künftigen Farbkunst, die aus inneren Gründen noch viel reicher werden kann, als die Musik ist.

Dieser größere Reichtum liegt darin, daß die Mannigfaltigkeit der Farben dreimal größer ist, als die der Töne. Eine Tonharmonie wird ausschließlich durch die Höhe oder Schwingungszahl bestimmt. Die Farbe aber hat drei unabhängige Elemente: den Farbton, den Weißgehalt und den Schwarzgehalt, und es müssen alle drei gesetzmäßig geordnet sein, damit eine Harmonie zustande kommen kann. Deshalb sind die bisherigen Versuche, die Gesetze der Farbharmonik auszusprechen, gescheitert, da man immer nur die Farbtöne geordnet hatte, die beiden anderen Elemente aber ungeordnet ließ. Deshalb bat es auch nach der Entdeckung der Gesetze der Tonharmonie durch Pythagoras zweieinhalb Jahrtausende gedauert, bis die Gesetze der Farbharmonie aufgestellt werden konnten.

Gegenwärtig, wo diese Gesetze bekannt sind, ist es möglich, eine »Farbenorgel« zu bauen, mit der man Farbmusik machen kann, wie man Tonmusik mit der Tonorgel macht. Diese Farborgel hat ein gemeinsames Manual von 24 Tasten, nämlich 24 gesetzmäßig geordnete Farbtöne des Farbkreises, und dazu 28 Register, von den lichtesten bis zu den tiefsten, von den reinsten bis zu den trübsten Farben, also zusammen 672 Farben, wozu noch 8 Stufen Weiß, Grau, Schwarz kommen.

Ich habe mir eine solche Orgel gebaut. Es ist nach mehrjährigen Vorbereitungen eine Arbeit von vielen Wochen gewesen, und mit dem Stimmen bin ich immer noch nicht ganz fertig. Sie hat die Gestalt von 28 Kästen, den 28 Registern entsprechend. Jeder Kasten ist übereinstimmend in 24 Fächer geteilt, und jedes Fach enthält ein anderes, genau eingestelltes Farbpulver, das nach Vermischen mit einem Bindemittel die gewünschte Farbe ergibt. Habe ich ein Muster gezeichnet und die Harmonie ausgedacht, welche ich verwenden will, so brauche ich nur die zugehörigen Register zu ziehen und ihnen die gewünschten »Töne« zu entnehmen, um mein Muster harmonisch in Farbe zu setzen.\*)

Ich kann es nicht beschreiben, welche Fülle von entzückender Überraschungen man bei solcher Arbeit erfährt. Daß die Farben harmonisch zueinander stehen werden, wenn man die Gesetze der Farbharmonik richtig angewendet hat, weiß man. Aber wie jede neue Harmonie aussieht und wirkt, erlebt man immer wieder zum ersten Male mit dem ganzen Reiz der ersten Berührung bisher stumm gewesener Saiten. Und da schon die einfachsten Motive viele Tausend Einzelfälle ergeben,

die sich voneinander unvergleichlich viel mehr unterscheiden, als in der Musik transponierte Harmonien, so bleiben die Reize unerschöpflich neu. Ich muß mich immer wieder zwingen, diese Farbgenüsse zu unterbrechen, um das Gefühl nicht durch ein Übermaß abzustumpfen und mein Urteil in dieser neuen Welt nicht zu verwirren.

Und dabei muß ich mir sagen, daß diese Dinge künstlerisch nicht höher stehen, als etwa die ersten Wohlklänge, die der beginnende Klavierschüler dem Instrument zu entlocken lernt. Ich sehe es an den Erzeugnissen einer künstlerisch begabten Mitarbeiterin, welche zwar erst von mir gelernt hat, wie man in die Tasten der Farborgel greifen muß, welche aber mit ihnen nun eine viel ausdrucksvollere Farbmusik zu machen weiß, als es meine methodischen Produkte sind.

Und diese Tatsache wirft ein klares Licht auf das künftige Verhältnis der Kunst zu dem neuen Farbwissen. Frei von Fehlern zu sein, ist der niedrigste Grad und der höchste, sagt Schiller. Das Wissen ermöglicht, jenen niedersten Grad der Fehlerfreiheit sicher zu erreichen. Zwischen diesem und der höchsten Kunstleistung liegt aber noch ein unendlicher Abstand, den zu durchmessen mehr gehört als die Kenntnis der Farbharmonik. Aber bis jener niederste Grad, von dem aus der Künstler seinen Aufstieg beginnt, Allgemeingut geworden ist, ist noch unendliche Arbeit zu tun. Denn zurzeit ist er auf einige Wenige beschränkt, während grundsätzlich jeder nicht farbenblinde Fortbildungsschüler ihn erreichen kann.

\*) Solche Farborgeln, aus Wasserdeckfarben in Näpfchen bestehend, werden bald durch den Verlag Unesma in Leipzig hergestellt werden. Im gleichen Verlage sind meine Schriften und Tafelwerke zur Farbenlehre erschienen.

# Eine nicht-technische Bemerkung zum Thema „künstliche Intelligenz“

Knut Löschke

## 1. „Künstliche Intelligenz“ mit der Evolutionsbrille betrachtet

Die völlig zufällige und nicht zielgerichtete natürliche Evolution von Lebewesen auf unserem Planeten führte unter dem Druck sich ständig wandelnder Selektionsfaktoren zum Entstehen von sogenannten extrakorporalen Entwicklungen bei tierischen Lebewesen. Es überlebte auch dadurch die Art und deren Population, die sich am besten an Umweltbedingungen, sowohl natürliche als auch an soziale, anpassen konnte. Zur Erinnerung: nicht der Stärkste, sondern die am besten Angepassten kommen weiter.

Als Beispiele seien hier nur die oft kunstvollen Nester von Vögeln, die Benutzung von Schneckenschalen als Behausungen von Krebsen, die erstaunlichen Bauten von Ameisen und die Benutzung von Steinen und Stöckchen als Werkzeuge von Menschenaffen und von Rabenvögeln angeführt.

Richard DAWKINS beschreibt dies sehr ausführlich in seinem 1982 erstmalig erschienen Buch „Der erweiterte Phänotyp“ als den „langen Arm der Gene“ [1].

Etwas locker gesagt heißt das: zum Bienenvolk (Imker sagen dazu auch interessanterweise „Der Bien“) gehören die Waben, wie zum Termitenvolk der Bau, zum Bonobo der Stock als Werkzeug. Es sind organische und nichtorganische, jedoch untrennbare Einheiten.

Diese Entwicklung setzte sich in den Populationen unserer - uns bereits schon sehr ähnelnden, aber noch weitestgehend tierischen - Vorfahren (Homo erectus, Neandertaler, Denisova-Mensch) über Faustkeile, Schaber, Speere, bis hin zur Verwendung des Feuers fort.

Besonders interessant ist die Erfindung von Bekleidung der in die kälteren, durch Eiszeiten geprägten Gebiete einwandernden menschlichen Vorfahren. Bekleidung anstelle eines immer dichter werdenden Felles als sehr schönes Beispiel für eine extrakorporale Anpassung anstelle einer genetischen.

Bezüglich unserer Gattung, dem Homo sapiens, gelang es der Natur wahrscheinlich erstmalig und einmalig (Ich-)Bewusstsein zu entwickeln und die außerkörperliche (extrakorporale) Evolution so weit zu bringen, dass wir diese bis heute in zwei wesentliche Richtungen einteilen konnten: In die Entwicklung und Produktion von Werkzeugen und in die Entwicklung und Produktion von Instrumenten. Im Sprachgebrauch gehen diese Einteilungen zwar hin und wieder durcheinander, aber wir können uns darauf einigen, dass wir unter „Werkzeug“ die außerkörperliche, leistungsmäßige Verbesserung und die Unterstützung der Extremitäten, unseres Körpers, besonders aber unserer Hände und unter „Instrument“ die Leistungssteigerung und Unterstützung unserer Sinne (Sehen, Hören, Fühlen, Riechen, Schmecken) verstehen können.

Maschinen, Industrieanlagen, wissenschaftliche Untersuchungsgeräte, ja unsere gesamte Technik ist – wenn man diesen Gedanken weiter spinnt – dann nichts weiter als eine natürliche, eine evolutionäre Folge der Wirkung von Selektionsfaktoren. Nur, dass im Falle des Homo sapiens nicht nur Umweltfaktoren (hier im wesentlichen Klimaveränderungen), sondern auch starke gruppendynamische, soziale Faktoren und deren komplexe Wechselwirkungen und Rückkopplungen immer mehr Raum einnehmen. Das erscheint uns alles so selbstverständlich, dass wir es als etwas völlig Normales ansehen. Oder im anderen Extremfalle als etwas Gefährliches, nicht zur Natur und zu uns, dem biologischen Wesen „Mensch“ Gehörendes.

Keiner käme jedoch auf die Idee, einen Hammer als künstliche Faust zu bezeichnen, ein Eigenleben dessen zu befürchten oder einer Geige Musikalität zu unterstellen und darauf zu bauen, dass sie eine Melodie komponieren werde.

Wir können feststellen: die natürliche Evolution einer Art, hier insbesondere der Art „Mensch“, führt einerseits zur Herausbildung einer an die Umwelt im weitesten Sinne bestens angepasste biologische Form (Körper, Stoffwechsel, usw.). Bezogen auf den Menschen benutze ich gern den Begriff „Homo geneticus“. Unter bestimmten Umständen führen andererseits Umweltfaktoren dazu, dass die biologische Anpassung infolge von Mutationen der Gene ergänzt wird, durch außerkörperliche, in die Population einfließende „Ergänzungen“, die auf vielfältige Art und Weise zusätzliche Erfolgsfaktoren für die Entwicklung der Art ergeben. Interessant ist, dass sich offenkundig dadurch auch eine Weitergabe von „arterhaltenden“ Informationen über andere Kanäle als über reine Weitergabe von Erbinformationen zu entwickeln scheint. Der nichtgenetische Lernprozess entsteht so und mit ihm die Weiterentwicklung von nicht-biologischen Entäußerungen. Im Zusammenhang mit der Menschheitsgeschichte nennen wir das im weitesten Umfange „Kultur“. Hier wäre die Bezeichnung „Homo mementikus“ anwendbar.

Der Memetik-Begriff geht auf eine Idee von Richard DAWKINS [2] und Susann BLACKMORE [3] zurück und soll hier nicht weiter ausgeführt werden und verweise auf meine Vorlesungen im Rahmen des Studium generale der HTWK Leipzig zu diesem Thema.

## **2. Nun geht es „ans Eingemachte“**

In unserer Entwicklungsgeschichte als Homo sapiens sehen wir, dass infolge der memetischen Lern- und Informationsaustauschprozesse unserer individuellen Gehirne immer bedeutendere extrakorporale Erzeugnisse Raum greifen. Mit der Entstehung einer grammatikalischen Sprache und der Abstraktion von Mengen und deren Vergleiche durch Zahl und Zählen, beginnen die Menschen Hilfsmittel für das Zählen und Rechnen zu benutzen. Dieser Prozess gipfelt bis heute in der Erfindung der programmierbaren, digitalen Rechenmaschine.

Wir haben begonnen, Funktionen und Eigenschaften eines Gehirns nachzubilden und unser eigenes zu unterstützen. Mit der modernen, elektronischen Signalverarbeitung bilden wir Funktionen von Nervensystemen nach und versuchen, sie zu verbessern.

Eine Sache ist besonders interessant: Konnten wir noch in die alten (analogen) Addiermaschinen hineinschauen und beobachten, was da klapperte und schaltete und schließlich rechnete, so ist uns die Arbeit von Software im Computer schon sehr suspekt und vielen unklar. Über Quantencomputer will ich hier gar nicht sprechen. So unklar ist das Ganze, dass zum Beispiel Juristen bis heute nicht sagen können, was Software ist und in Gerichtsurteilen immer noch annehmen, dass Software die Diskette, die CD oder der Speicherchip sei.

Maschinen, basierend auf Chips und von Software gesteuert, sind heute in der Lage, zu zählen, zu rechnen, logisch zu schlussfolgern, Daten zu speichern und diese zu erinnern. Mit Hilfe solcher Grundfunktionen können Muster, wie Bilder und Bewegungen, ja sogar gesprochene Sprache erkannt und bewertet werden. Mehr noch: die von uns erschaffenen Maschinen können selbstständig Maschinen steuern, Werkzeuge und Instrumente benutzen. Sie können Daten sammeln sowie z.B. dem Arzt bei der medizinischen Diagnose helfen und Therapien vorschlagen. Ja sie können sogar Texte generieren, die manche für intelligent halten [4]. Die von Menschen programmierten Systeme können das alles schneller, sicherer und zuverlässiger als das unser Gehirn je könnte. Und das erschreckt uns.

Aber es liegt nichts Mystisches, nichts Geheimnisvolles, nichts „Übernatürliches“ darin. Die völlig zufällige und nicht zielgerichtete evolutionäre Entwicklung hat lediglich einen neuen Typus außerkörperlicher Anpassungen unserer Art hervorgebracht: eine Simulation, eine Unterstützung, eine Erweiterung, von wenigen, ziemlich simplen Gehirnfunktionen: eine extrakorporale „Brain Extension“.

Das bezieht sich grob gesagt, auf ein Individuum. Das besondere Moment an dieser Entwicklung ist, dass die Herausbildung verschiedener Versionen des „Extended Phänotyps“ auch nicht-materielle Varianten betrifft: das sind Gedanken, Ideen, Werte... kurz, den sozialen Organismus. Menschen-Gruppen erzeugten als Folge der Evolution die dynamische menschliche Kultur.

Und so, wie aus einzelnen Werkzeugen und Instrumenten ganze Maschinensysteme und Industriekomplexe entstanden sind, entstand über elektronische Vernetzungssysteme das uns noch unheimlicher erscheinende Internet mit all seinen Funktionen und sozialen Medien, mit Google, Wikipedia, Facebook und so weiter. Für mich ist das eine sehr interessante Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, der Art „Mensch“: eine „kulturelle Extension“. Der Computer, das Internet und die KI-Systeme sind Teile unserer Kultur geworden.

### **3. Was ist „künstliche Intelligenz“?**

Ich halte den Begriff „künstliche Intelligenz“ für dieses Entwicklungsphänomen aus gewissen Gründen für außerordentlich ungeeignet, ja für falsch, weil es – unter Bezug auf unsere deutsche Umgangssprache – uns und die Diskussion darüber in falsche Richtungen führt.

Beispiel: Unter der Überschrift „Winter in Aussicht“ schrieben die Macher von wetter.com z.B. folgendes: „Die Wettermodelle berechnen derzeit zwei Varianten für den Winter.“ Sprache ist Ausdruck vom Denken. Richtig muss es doch wohl heißen: „Die Meteorologen entwarfen mit Hilfe der von ihnen aufgestellten und

programmierten Wettermodelle und aufgrund deren Rechenergebnisse, zwei mögliche Szenarien für das Wetter der nächsten Wintertage“.

Ich würde also viel lieber den Begriff „Brain Extension“ anstelle von „künstlicher Intelligenz“ benutzen. Das auch, um nicht in die geradezu gefährliche Situation zu geraten, erklären zu müssen, was denn nun „natürliche Intelligenz“ sei. Der Neurobiologe und Computertechniker Jeff HAWKINS schreibt dazu: „Die Zellen in Ihrem Kopf lesen diese Worte. Zellen sind einfach gestrickt. Eine Zelle kann weder lesen noch denken. Wenn jedoch genügend Zellen zusammenarbeiten, um daraus ein Gehirn zu bilden, dann lesen diese Zellen nicht nur Bücher, sondern schreiben sie auch. Doch wie ein Gehirn, das aus einfachen Zellen besteht, Intelligenz hervorbringt, ist eine hochinteressante Frage und nach wie vor ein Rätsel“ [5]. Ein Hund und eine Katze können wesentlich besser hören und riechen als Menschen und ein Adler kann wesentlich besser sehen. Aber sind sie deshalb intelligent oder gar intelligenter als Menschen?

All unsere informationstechnologischen Errungenschaften sind – zumindest was den jetzigen Stand betrifft – weder intelligent noch klug, noch kreativ, noch neugierig. Und vor allem: sie besitzen keine, durch biologische und kulturelle Evolution geformte Vernunft und keine durch Erziehung, Bildung und Erfahrung geprägte humanistische Urteilskraft. Sie haben kein selbstgestecktes Ziel vor Augen, keine Neugier, keine wie auch immer begründete eigene, situationsunabhängige Intension. Sie sind ein Haufen Blech, Draht und Silizium, wenn der Mensch den Stecker ziehen oder die Batterie ausbauen würde.

Die Maschinen können helfen, unsere Arbeit, unser Leben, ja „die Welt“ zu verbessern oder das genaue Gegenteil davon. Aber sie, die technischen Errungenschaften, können und werden unsere menschliche Intelligenz nicht ersetzen und vor allem menschliches Bewusstsein, das wunderbare Ergebnis der biologischen und kulturellen Evolution über Jahrmillionen, nicht erlangen.

Sehr interessant fand ich in diesem Zusammenhang ein Interview, in dem der Technik- und Produktionschef des japanischen Automobilbauers Toyota, Mitsuru KAWAI, unter anderem zum Thema Roboter und Künstliche Intelligenz Stellung bezog [6]. Zitat: „Natürlich könnte man in einer Fabrik Autos nur mit Robotern bauen. Betreibt man eine Produktionslinie von Anfang an vollautomatisch, braucht man hoch komplexe Systeme, die viel Geld kosten und darüber hinaus sehr störanfällig sind. Aber eine solche Produktion würde für immer auf derselben Entwicklungsstufe verharren. Roboter, selbst jene, die mit neuester KI gesteuert sind, verbessern Prozesse nicht. Nur Menschen können Prozesse verbessern.“

#### **4. Die technologische Singularität**

Eine neue, besondere Angst wächst bei vielen Menschen, die Furcht davor, die undurchschaubaren KI-Systeme und Roboter könnten eine besondere Art von Selbstbewusstsein entwickeln und – weil sich der durch SF-Filme und Erzählungen genügend vorgeprägte Mensch nur Böses und Vernichtendes vorstellen kann – die Menschheit versklaven, ja ausrotten.

Der fiktive Zustand einer „erwachenden“ Bewusstheit von KI-Systemen wird

als technologische Singularität bezeichnet. Der Begriff wurde wohl erstmalig von Raymund KURZWEIL, Leiter der technischen Entwicklung bei Google in die Debatte eingeführt und heftig sowohl unter KI-Technikern als auch unter Philosophen diskutiert [7].

Das besonders „kritische“ an einem solchen fiktiven Zustand wäre darin zu sehen, dass KI-Systeme außerordentlich schneller lernen und rechnen können, als menschliche Gehirne. Der Zustand von (Selbst)Bewusstsein geht einher mit dem zielgerichteten, selbstverwirklichten Antrieb zum Lernen. Erreichte eine KI ein Selbstbewusstsein mit diesen Eigenschaften, würde sie theoretisch mit exponentiellem Zuwachs lernen und damit tatsächlich alle Menschen und damit die gesamte Menschheit in kürzester Zeit mit ihrem Wissen und intellektuellen Fähigkeiten weit, ja sehr weit übertreffen.

Wie real ist diese Angst?

Zunächst muss ich mit Erstaunen feststellen, dass bei aller Diskussion niemand auf die Idee kommt, dass das Ganze nicht zum Schaden, sondern zum Nutzen der Menschheit sein könnte.

Aber darüber muss gar nicht diskutiert werden, denn nach meiner Meinung kann dieser Zustand der „Singularität“ in technischen Systemen niemals auftreten. Denn grundsätzlich sollten wir uns daran erinnern, dass bei aller verblüffenden Arbeitsweise auch ein KI-System immer und in jedem Falle nur eine, wenn auch außerordentlich gute und immer besser werdende Simulation von „intelligentem“ Verhalten darstellt. Die Qualität der Simulation wird sich schnell weiter entwickeln und immer näher, asymptotisch an die theoretische Eigenschaft der Singularität heranwachsen, aber sie nie erreichen.

Das, was uns Menschen von jedem Tier qualitativ unterscheidet, ist das Wunder des (Selbst)Bewusstseins (hierzu: [8]). Wenn es nach heutigem Stand der wissenschaftlichen Diskussion schon noch keine umfassende und klare Vorstellung davon gibt, was man unter „Intelligenz“ zu verstehen hat, so ist die Frage „was ist Bewusstsein und wie entsteht es“ noch viel offener. Fakt ist allein, neben den notwendigen „materiellen“ Voraussetzungen, also der Leistungsfähigkeit des Gehirns, ist sehr wahrscheinlich die soziale Komponente, die sich in Gruppen, in sozialen Gemeinschaften als wesentlich herausstellt, eine notwendige Voraussetzung zur Entwicklung von Bewusstheit im Gehirn eines jeden geborenen und geborgenen Kindes. Unsere menschliche Intelligenz, unser menschliches Bewusstsein ist viel mehr als das Ergebnis einer sehr hohen Rechen- und Speicherleistung. Unser Gehirn im Zusammenhang mit unseren Sinnen und unserem Körper ist ein komplexes biochemisches System, das in einem sozialen Umfeld trainiert wird. Genau diese Komponenten wirken in den Systemen der KI nicht.

## 5. Schlussfolgerungen

Eine Geige, gleich, wie schön sie klingt, ist nicht musikalisch. Ein Hammer, gleich, ob damit ein Nagel eingeschlagen oder ein Kunstwerk geschmiedet wird, ist nicht fleißig oder geschickt. Eine Brille ist kein künstliches Auge und vor allem nicht dafür verantwortlich, was gelesen wird.

Das klingt alles irgendwie banal, hat jedoch entscheidende Auswirkungen auf jedwede Diskussion über moralische (gut oder böse), ethische (richtig oder falsch), politische (unterstützen, verbieten, einschränken, regeln) und wirtschaftliche Gesichtspunkte. Unter dieser Prämisse sind sehr viele Aussagen, Bemerkungen, Hinweise, Wünsche und Vorschläge in den Handlungsempfehlungen aus beratenden Fach-Gremien und Ethik-Räten nichts, was sich speziell nur auf die heutigen und zukünftigen KI-Anwendungen beziehen lässt, sondern sie sind für alle wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Gebiete anwendbar.

Neue, wie herkömmliche Technologien, Technik, also Werkzeuge und Instrumente, sind weder gut noch böse, weder richtig noch falsch. Und gleich gar nicht gefährlich. Die Anwendung und das Resultat der Anwendung, die Wirkung auf die Gesellschaft und auf ihre Kultur unterliegen der Bewertung. Der Maßstab, der hierbei angelegt wird, ist jedoch volatil und wird von der „Vorspannung“, dem Bias in der Politik, in den Medien, in allen unterschiedlichen Gruppierungen der Sozialgemeinschaft bestimmt.

Die Verantwortung über die Anwendung von Technologie, über deren Nutzen und Schaden tragen allein Menschen.

Eine ernsthafte Ethik-Diskussion muss deshalb zunächst mit Blick auf den Einzelnen, den Forscher, Entwickler, Anwender und Betroffenen erfolgen. Und weiter mit Verweis auf jene untrennbare Verbindung, auf die Gesellschaft dieser Menschen und ihren merkwürdigen Extensionen und zwar als sozialer Organismus.

Eine besondere Ethik der KI, oder besser eine spezielle Ethik, die sich auf die Erforschung, Programmierung, Herstellung und Anwendung von Systemen der „künstlichen Intelligenz“ bezieht, gibt es tatsächlich nicht.

Es entstehen in diesem Umfeld ethische Fragen möglicherweise nur mit größerer Komplexität und stärkerer Wirkung, die sich jedoch grundsätzlich auf jedes Werkzeug und jedes Instrument beziehen. Die einzige Besonderheit hier ist die Verwendung und Beschaffung von auch personenbezogenen, massenhaften Daten als Grundlage für das Training von Systemen.

Ethische und politische Diskussionen über KI auf gesellschaftlicher Ebene sind somit Diskussionen über das Handeln von Menschen und nicht über „intelligente Algorithmen“.

Es geht um die Moral und die Ethik der Menschen vor und hinter der Maschine. Es geht um unsere Kultur und deren Zukunft.

## Literatur

- [1] DAWKINS, R.: The extended phenotype. Oxford: Oxford Univ. Press, 1999.
- [2] DAWKINS, R.: The selfish gene. Oxford: Oxford Univ. Press, 1996.
- [3] BLACKMORE, S.: The meme machine. Oxford: Oxford Univ. Press, 1999.
- [4] JEGER, R.; RITZI, L.: Einstieg in ChatGPT. Horgen (Schweiz): VOIMA Verl., 2023.
- [5] HAWKINS, J.: A thousand brains: eine neue Theorie der Intelligenz. München: Riva, 2022.

- [6] Künstliche Intelligenz: Toyota feuert die Roboter. Berlin: Tagesspiegel vom 4.1.2019.
- [7] KURZWEIL, R.: The singularity is near. New York: Viking Press, 2005.
- [8] BLACKMORE, S.: Bewusstsein. Hogrefe, 2014.

## Das unsichere Fundament des Gebäudes der theoretischen Physik

Grit Kalies

**Abstract.** Im frühen 20. Jahrhundert gab es einige bekannte Physikochemiker, die den Energiebegriffen der Physik mit Skepsis begegneten. Nicht nur der sächsische Chemie-Nobelpreisträger Wilhelm OSTWALD, der 1908 „Die Energie“ weiter als kontinuierlich beschrieb, auch nachdem er die Atome anerkannt hatte, sondern auch Gilbert Newton LEWIS, dem wir die Lewis-Form des chemischen Potentials und die Bezeichnung *Photon* verdanken, oder der Chemie-Nobelpreisträger Walter NERNST, dessen Nernst-Gleichung die Elektrochemie prägt, hinterfragten idealisierte Materievorstellungen und veröffentlichten 1908 und 1916 alternative energetische Theorien. Zu diesem Zeitpunkt war es allerdings schon zu spät. Die Überzeugungen der führenden Physiker waren festgelegt. Max PLANCK vertraute der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) Albert EINSTEINS von 1905, einer Theorie der Punktmassen im leeren Raum, die ohne jeden dynamischen Prozess auskommt, und rief 1909 mit dem neuen Zeit- und Raumbegriff der SRT eine kopernikanische Wende in der Physik aus. Darauf aufbauend entwickelten sich die heutigen Standardmodelle der Teilchenphysik und Kosmologie, in denen die Quantenwelt als absurd beschrieben wird und sich eine flexible Raumzeit beschleunigt ausdehnt. Neuere Arbeiten zeigen, dass die Standardmodelle auf sehr wackligem Fundament stehen. Es gibt durchaus eine schlüssige Alternative dazu, eine nicht-absurde Quantenwelt im euklidischen Raum, ganz im Geiste von OSTWALD, LEWIS und NERNST.

Das Gebäude der modernen theoretischen Physik besteht aus dem Standardmodell der Teilchenphysik, entwickelt in den 60er bis frühen 70er Jahren, und dem Standardmodell der Kosmologie, dem  $\Lambda$ CDM<sup>1</sup> Modell. Die Grundideen für die Standardmodelle, konkret die Spezielle Relativitätstheorie (SRT) von 1905 [1, 2], die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) von 1915 [3] und die Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik aus der Zeit nach 1925 [4, 5], wurden in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts entwickelt.

Hier soll der Frage nachgegangen werden, inwieweit diese Modelle Bestand haben können, eine Frage, die sich auch der 73-jährige EINSTEIN stellte, nachdem er damit gescheitert war, eine allgemeine Feldtheorie auf der Basis seiner Theorien zu entwickeln:

---

<sup>1</sup>  $\Lambda$  steht für die kosmologische Konstante *Lambda* der Allgemeinen Relativitätstheorie, CDM steht für *Cold Dark Matter*, also für *Kalte Dunkle Materie*.

*Ich bin absolut davon überzeugt, dass die Wahrheit weit von der gegenwärtigen Lehre entfernt ist. [...] Eine wahrhaft rationale Theorie sollte es ermöglichen, die Elementarteilchen (Elektron usw.) abzuleiten und nicht gezwungen sein, sie a priori festzulegen. [6]*

Dabei steht außer Frage, dass die Physik äußerst hilfreich ist und unser tägliches Leben bereichert. Wir können Maschinen, Brücken oder Eiffeltürme bauen, Sonden zum Mars und Jupiter-Mond senden und Satelliten-Navigations-Systeme, Smartphones und irgendwann Quanten-Computer nutzen. Wir können ausreichend genau berechnen, wie sich ein Gas unter bestimmten Bedingungen ausdehnt, wie schnell ein fallender Stein kurz vor dem Aufprall ist oder wann Myonen im Mittel zerfallen.

So ist auch das gesellschaftliche Ansehen von Physikern heute größer als das von Philosophen. Was sind schon Geisteswissenschaftler wie Immanuel KANT oder Nicolai HARTMANN, die über Raum und Zeit grübelten, gegenüber Physikern und Mathematikern wie Albert EINSTEIN und Hermann MINKOWSKI, die, in einem revolutionären Akt, Raum und Zeit zur Raumzeit verschmolzen? Was ist schon eine Wissenschaft, in der keine einzige Formel steht, gegenüber Theorien wie der Schleifenquantengravitation oder Stringtheorie, die von Formeln nur so wimmeln und saubere Vorausberechnungen ermöglichen? Die Physik gilt als exakte Naturwissenschaft, der die Philosophie nicht das Wasser reichen kann.

Machen wir uns noch einmal bewusst: Die Physik ist aus der Naturphilosophie hervorgegangen, die eigentlich zwei Ziele hatte: i) die Natur *beschreiben* und ii) die Natur *erklären*. Die Beschreibung von Phänomenen gelingt der modernen Physik oft gut. Man kann berechnen, wie sich ein Gas ausdehnt, wie schnell ein Himmelskörper ist oder wie viel Energie eine Rakete benötigt. Eine Erklärung der Phänomene jedoch gelingt weit weniger. *Warum* z.B. nimmt ein Gas im Gleichgewicht den gesamten ihm zur Verfügung stehenden Raum ein? *Warum* sind Elektronen negativ und Protonen positiv geladen und ziehen sich an? Jedes Schulkind weiß, dass es so ist. Doch weiß es auch, was eine Ladung ist? Man sagt: plus oder minus, positiv oder negativ. Mehr weiß man nicht, zumal das Elektron im Standardmodell weiter als Punktteilchen beschrieben wird. Und ebenso sieht es mit anderen Teilcheneigenschaften wie Masse oder Farbladung aus. Und das nach gut hundert Jahren Quantenmechanik. Und haben wir auch nur die geringste Vorstellung davon, was eine flexible, beschleunigt expandierende, womöglich höherdimensionale Raumzeit ist und woraus sie besteht? Die moderne Physik liefert keine Erklärungen, weshalb es Philosophen gibt, die von „mathematischer Phänomenologie“ sprechen [7]. Es gibt eine anhaltende physik-philosophische Debatte zu den konzeptionellen Grundlagen der Quantentheorie [8 - 12].

Wir halten fest: Die mathematische Beschreibung funktioniert oft gut, an Erklärungen hingegen mangelt es an allen Ecken und Enden, und die Modelle sind stark idealisiert. Damit kommt die moderne theoretische Physik ihren eigentlichen (na-

turphilosophischen) Aufgaben nur bedingt nach. Die Aufgaben lauten: beschreiben *und* erklären.

Hinzu kommt eine Stagnation der theoretischen Physik seit Jahrzehnten, wie viele Physiker feststellen [13 - 15]. Bei aller nach außen getragener Erfolgsgeschichte, denn die Standardmodelle wurden mit vielen Nobelpreisen geehrt, gibt es tiefliegende Probleme, darunter:

1. Es gibt ein Unbehagen, das daher rührt, dass Unendlichkeitsstellen, die z.B. bei der Entwicklung des Standardmodells der Teilchenphysik auftraten, durch so genannte *Renormierungen* willkürlich abgeschnitten wurden und werden.
2. Trotz aller Bemühungen sind die Standardmodelle der Teilchenphysik und Kosmologie bis heute unvereinbar geblieben. Die Gravitation lässt sich im Standardmodell der Teilchenphysik nicht beschreiben, das postulierte Graviton bleibt unauffindbar, und die Energiedichten des Vakuums, welche die zwei Modelle berechnen, unterscheiden sich um den Faktor  $10^{120}$ . Zur Problemlösung wurden Theorien wie die Stringtheorie oder Quantenschleifengravitation vorgeschlagen, in denen nicht validierbare vieldimensionale Raumzeiten und neue, z.B. supersymmetrische Teilchen postuliert werden [14].
3. Auf Teilchenebene sucht man fieberhaft nach weiteren Higgs-Bosonen [16], denn das 2012 am CERN gefundene Boson, das im Zentrum des Standardmodells der Teilchenphysik steht, da sein Feld einigen Elementarteilchen die Masse verleihen soll [17], genügt den Anforderungen nicht [18]. Es gibt zunehmend Widersprüche zum Experiment und viele reale Tatsachen, wie z.B. die oszillierende Masse der Neutrinos, lassen sich mit dem Standardmodell nicht beschreiben.
4. Auf kosmologischer Ebene sucht man seit Jahrzehnten vergeblich die *Dunkle Materie* des  $\Lambda$ CDM Modells, die postuliert wurde, um das Verhalten von Galaxien zu erklären, und die *Dunkle Energie*, die postuliert wurde, um die angenommene Expansion des Universums bzw. der Raumzeit zu rechtfertigen. Für die Hubble-Konstante wurden verschiedene Werte gemessen [19], und die Vorhersagen des  $\Lambda$ CDM Modells widersprechen astronomischen Beobachtungen wie z.B. dem Verhalten von Zwerg-Galaxien [20].
5. Die Quantenwelt wird als absurd beschrieben. So folgert z.B. der Physik-Nobelpreisträger Richard FEYNMAN, der die Quantenelektrodynamik (QED) mitentwickelt hat, dass die Natur absurd sei:

*The theory of QED describes nature as absurd from the point of view of common sense. And it agrees fully with experiment. So I hope you can accept nature as she is – absurd.* [21]

Auch die ART führt zu absurden Konsequenzen, wie z.B. physikalisch mögliche Zeitreisen. Wenngleich jegliche Philosophie vom logischen Denken lebt, ordnet sie sich der überlegenen Naturwissenschaft unter:

*Aber die moderne Physik hat uns gelehrt, dem gesunden Menschenverstand nicht mehr allzu viel Glauben zu schenken. [22]*

6. Nicht zuletzt sind die Theorien in den Standardmodellen mechanistisch, was OSTWALD als unzureichend und „blosser Irrthum“ bezeichnet hatte [23], da sie den Zeitpfeil nicht beschreiben. Alles ist immer reversibel, also auf demselben Wege umkehrbar, selbst in einer kosmologischen Theorie wie der ART. Irreversibilität wird als subjektiver Eindruck oder Illusion beschrieben, wie EINSTEIN 1955 vorschlug:

*Für uns gläubige Physiker hat die Scheidung zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft nur die Bedeutung einer wenn auch hartnäckigen Illusion. [24]*

Um Theorien wie die Standardmodelle bewerten zu können, ist es notwendig, sich ihrer historischen Bedingtheit und Grundlagen bewusst zu werden. In Abb. 1 ist das Gebäude der Physik als Jenga-Turm veranschaulicht, wobei sich die Grundlagen in den sechs unteren Schichten befinden. Die linke Säule darauf ist das Standardmodell der Teilchenphysik, die rechte das der Kosmologie ( $\Lambda$ CDM Modell), die nicht zueinander passen wollen, wie zwei linke Schuhe, wenn man z.B. an die berechneten Vakuum-Energiedichten denkt.

Schauen wir uns zunächst das Fundament an: Die untersten drei Steine symbolisieren Isaac NEWTONS drei Bewegungsgesetze aus dem 17. Jahrhundert [25], konkret das 1. Newtonsche Axiom oder Trägheitsgesetz, das 2. Newtonsche Axiom  $F = \dot{P}$  mit dem Impulsfluss  $dP/dt$ , welches KIRCHHOFF zur Schulbuchgleichung  $F = ma$  idealisierte, und das 3. Newtonsche Axiom „*actio = reactio*“, das als „Kraft = Gegenkraft“ interpretiert wird. Es geht also jeweils um die Kraft  $F$ .

Die zweite Schicht ist die kinetische Gastheorie (KGT) von James Clerk MAXWELL, Ludwig BOLTZMANN, Rudolf CLAUSIUS, Josiah William GIBBS und anderen aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts [26–28]. Die KGT baute auf den Newtonschen Axiomen auf und beschreibt das Verhalten eines idealen Gases mittels statistischer Mechanik. Gemäß dieser mechanistischen Theorie, die nach OSTWALD „blosser Irrthum“ ist [23], wird die innere Energie  $U = E_{\text{kin}} = 3/2nRT$  eines idealen Gases, wie schon der Name *kinetische* Gastheorie vermuten lässt, lediglich als kinetische Energie  $E_{\text{kin}}$  beschrieben.

Die dritte Schicht steht für MAXWELLS Feldtheorie aus der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, auch klassische Elektrodynamik genannt, in der es um bewegte Ladungen und elektromagnetische Felder geht. In den Maxwell-Gleichungen wird das Feld räumlich getrennt von den Teilchen gedacht: Hier die Teilchen und dazwischen das Feld, das die Wechselwirkung zwischen ihnen überträgt. Die räumliche Trennung *Teilchen–Feld*, die von den *Quantenfeldtheorien* wie der QED übernommen wurde [21], wird von einigen Philosophen als künstliches Hilfskonstrukt und unzulässige Idealisierung charakterisiert [10 - 12].



Abb. 1. Das Gebäude der modernen theoretischen Physik als Jenga-Turm.

Die vierte Schicht gehört schon dem frühen 20. Jahrhundert. 1905 versprach EINSTEIN, die Mechanik und die Elektrodynamik zu vereinen. Da dies bisher nicht gelungen war, befand sich die damalige Physik in einer tiefen Krise. In seiner speziellen Relativitätstheorie führt EINSTEIN Beobachter in Inertialsystemen ein, definiert Raum und Zeit neu [1] und postuliert die wohl berühmteste Gleichung der Physik:  $E = mc^2$  [2]. Hermann MINKOWSKI, ein junger Mathematiker, ist begeistert und ruft die vierdimensionale Raumzeit aus:

*Von Stund' an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren.*  
[29]

1915 (Schicht 5) formuliert Albert EINSTEIN in der Allgemeinen Relativitätstheorie die Feldgleichungen der Gravitation mit dem Einstein-Tensor, der die flexible

Raumzeit beschreibt, und dem Energie-Impuls-Tensor [3]. Erneut werden Feld und Teilchen räumlich getrennt gedacht. Die Krümmung einer flexiblen Raumzeit wird als Gravitationsfeld beschrieben und Zeitreisen werden möglich, wie EINSTEINS Freund, der berühmte Mathematiker Kurt GÖDEL zeigt, der auch den Energiebedarf berechnet, um in die Zukunft zu reisen. GÖDELS Erkenntnis ist:

*In jedem Universum, das sich mittels der Relativitätstheorie beschreiben lässt, gibt es keine Zeit. [30]*

1926 endlich (Schicht 6) formuliert Erwin SCHRÖDINGER seine berühmte Gleichung: die Schrödinger-Gleichung. Während SCHRÖDINGER selbst damit die Ausbreitung einer realen elektromagnetischen Welle beschreibt:

*It is necessary to ascribe to  $\psi$  a physical, namely an electromagnetic, meaning. [31]*

deuten zwei junge mathematische Physiker, Werner HEISENBERG und Niels BOHR, die Gleichung 1927 und 1928 um [4, 5]. Von nun an beschreibt sie nur noch eine „mathematische Wellenfunktion“, nichts Reales mehr. Realität entsteht erst durch die Beobachtung, im Experiment. Die *Kopenhagener Deutung* ist geboren, die orthodoxe Deutung der Quantenmechanik.

Das Fundament der Standardmodelle wird heute in Schule und Studium als Gewissheit gelehrt. Gleichungen wie  $F = ma$ ,  $U = 3/2nRT$  oder  $E = mc^2$  werden nicht mehr hinterfragt, zumal sie sich zum Rechnen bewährt haben.

Darauf aufbauend entstand in den 60er bis frühen 70er Jahren das Standardmodell der Teilchenphysik (linke Säule in Abb. 1), das vor allem aus Quantenfeldtheorien wie der *quantum electrodynamics* (QED) und der *quantum chromodynamics* (QCD) besteht. Das Feld wurde quantisiert zu *Überträgerpartikeln der Kraft*, sogenannten Eichbosonen, wie z.B. virtuellen Photonen, die zwischen Ladungen hin und her schwirren und die Anziehung vermitteln sollen. Es gibt 18 anpassbare Parameter, mathematische Prozeduren wie Renormierungen, und im Zentrum steht das Higgs-Boson. Das Standardmodell der Kosmologie wieder (rechte Säule in Abb. 1) postuliert eine Singularität am Anfang der Zeit, den Urknall, eine Inflationsphase, eine beschleunigt expandierende Raumzeit, die Dunkle Energie und die Dunkle Materie, die nicht gefunden werden, und in letzter Zeit wurde die Geometrodynamik entwickelt, die das Verhalten der Materie vollständig auf Geometrie reduziert.

Zwar sucht man aufgrund der vielen anhaltend unbestätigten Postulate und der Widersprüche (zwischen den Theorien und zum Experiment) heute nach Theorien *jenseits* der Standardmodelle, baut weitere Parameter ein, postuliert neue geometrische Dimensionen wie z.B. eine zweite Dimension der Zeit oder weitere Teilchen – was man jedoch nicht tut und was weiter als sakrosankt gilt: Man sucht nicht auf fundamentaler Ebene.

Was passiert, wenn man mal einen Stein aus dem Fundament der Standardmodelle herauszieht, weil Idealisierungen zwar das Rechnen erleichtern, doch sich Materie energetisch eben womöglich doch nicht (vollständig) auf Masse reduzieren lässt? (s. Abb. 2)



Abb. 2. Entfernung des Bausteins  $E = mc^2$  aus dem Gebäude der Physik, der durch  $E = mc^2 + E_{\text{pot}}$  ersetzt wird [32, 33]. Die potentielle Energie  $E_{\text{pot}}$  stellt hier keine „Wechselwirkungsenergie“, z.B. des Gravitationsfeldes außerhalb des Körpers, und keine „Bindungsenergie“ dar, sondern ist die positive Lageenergie der Mechanik, die zum Körper gehört. Die Doppelbedeutung von  $E_{\text{pot}}$ , die in der modernen Physik existiert, wird aufgehoben [34].

Auch wenn es nach der langen Geschichte der modernen Physik unglaublich klingen mag: Um die derzeitigen Probleme zu lösen und einen Ausweg aus den mechanistischen Konzepten der Physik zu finden, die ursprünglich gut gemeinte und hilfreiche Idealisierungen waren, wie etwa Punktteilchen, und die sich nun zu ungeahnt komplizierten und nicht validierbaren Weiterungen verselbständigt haben, genügt es nicht, jenseits der Standardmodelle in höheren Raumzeit-Dimensionen oder bei höheren Energien zu suchen.

Stattdessen sollte die Frage zugelassen und gestellt werden, ob nicht vielleicht ganz am Anfang – bereits in der untersten Schicht des Gebäudes – etwas Entscheidendes unzureichend definiert wurde: die Dynamik.

In der Mechanik wird die Kraft als *actio*, also als Tat interpretiert, was jeder Studierende zuerst lernt. Wo Kraft ist, ist Dynamik. Die Physik beschreibt Wechselwirkungen über Kräfte (vier Fundamentalkräfte, Überträgerpartikel der Kraft usw.), und die Energieerhaltung darf verletzt werden, wenn z.B. Teilchen kurzfristig aus dem Nichts entstehen und wieder darin vergehen.

Was aber, wenn eine Kraft gar keine Dynamik, also nicht die Tat, nicht die *actio* ist? Was, wenn eine Kraft gar nicht „wirkt“?

Was, wenn nur ein *Prozess* Dynamik, also eine Tat und damit *actio* ist? Wenn nur eine Energieübertragung in der Zeit überhaupt etwas ändern und bewirken kann? Wie in der klassischen Thermodynamik, die im Gebäude der Physik in Abb. 1 keinen Platz gefunden hat, sondern lediglich daneben existiert, z.B. in der Physikalischen Chemie oder im Ingenieurwesen, und deren Hauptsätze in der Physik nur bedingt (Energieerhaltung) oder nicht (Irreversibilität) beachtet werden.

Was, wenn nur *Prozesse* dem Wesen der Natur gerecht werden, wobei die Energieerhaltung und die Irreversibilität, d.h., die Nichtumkehrbarkeit auf demselben Wege, in Wirklichkeit zu jedem Zeitpunkt gewährleistet sind? Was NEWTON noch nicht wissen konnte, da die Energieerhaltung erst in der Mitte des 19. Jahrhundert gefunden wurde. Was, wenn in der Natur kontinuierlich dynamische und irreversible Prozesse ablaufen, auch auf Quantenebene? Wenn jegliche Änderung einer beliebigen Eigenschaft eines Elementarteilchens oder Körpers einen Prozess erfordert und man z.B. einen Stoß, in dem sich der Abstand und die Impulse von zwei Stoßpartnern ändern, nicht über Kraft = Gegenkraft beschreiben darf, wie NEWTON vorgeschlagen hat oder wie MAXWELL und BOLTZMANN in der kinetischen Gastheorie annahmen? Da in Wirklichkeit simultane Prozesse ablaufen, in denen Energien umgewandelt werden.

Dann wird alles anders. Dann betritt man das Gebiet der *Quantenprozessthermodynamik* (QPT), während die Relativitätstheorien oder die Quantenmechanik als mathematische Phänomenologie keine einzige Prozessgleichung enthalten [34]. Dann wäre die klassische Thermodynamik wieder in das Gebäude der fundamentalen Physik zu integrieren.

Was bisher nicht möglich war. Denn es fehlte ein essentieller Baustein im Fundament der Physik, was nach der Entdeckung der Energieerhaltung hätte bemerkt werden können. Ansatzweise geschah dies auch: 1908 schlug der Physikochemiker Gilbert Newton LEWIS in seinem Artikel "A revision of the fundamental laws of matter and energy" [35] eine dynamische Masseänderung ohne Relativitätstheorie vor, wurde jedoch von den Physikern nicht ernst genommen [36]. Stattdessen wurden EINSTEINS SRT und seine Hypothese von einer vollständigen Energie-Masse-Äquivalenz  $E = mc^2$ , mit der die Materie energetisch auf Masse reduziert wird, ernst genommen, sodass  $E = mc^2$  den Blick auf die komplexe Materie verbaute.

Der fehlende Baustein ist ein Prozess, der dem Ursache-Wirkungs-Prinzip gehorcht, das in allen thermodynamischen Prozessgleichungen existiert. Man könnte ihn als den vergessenen Prozess der Physikgeschichte bezeichnen: die *Impulsänderungsarbeit*  $W_p$  oder kurz *Impulsarbeit*, die hier kurz aufgeführt werden soll:

$$\delta W_p = dE_p(P) = v dP = v d[m(v)v]; \quad W_p = \Delta E_p = \int_{P_1}^{P_2} v dP, \quad (1)$$

wobei  $E_p$  die Impulsenergie darstellt, die stets größer ist als die kinetische Energie  $E_{kin}$ . Die Wirkung dieses die Realität beschreibenden Prozesses ist eine Impuls-

änderung  $\Delta P$  eines Objektes, d.h. mit der Geschwindigkeit  $v$  des Objektes ändert sich stets auch dessen reale, geschwindigkeitsabhängige Masse  $m(v)$ . Die Effekte werden erst bei sehr hohen Geschwindigkeiten messbar, wie es die Messungen in Teilchenbeschleunigern bestätigen.

Nimmt man Gl. (1) ernst und untersucht ihre Konsequenzen unter der Voraussetzung von  $E = mc^2 + E_{\text{pot}}$ , wie wir es in einer Artikelserie „Momentum work and the energetic foundations of physics“ beim American Institute of Physics getan haben [37 - 41], erweist sich Gl. (1) als ein möglicher Neuanfang.

Dieser Neuanfang beruht auf konzeptionellen Grundlagen wie (vgl. Abb. 3):

- Dynamik statt Kinematik,
- realer Massezuwachs mit  $v$  statt aus Beobachtersicht,
- simultane Prozesse statt Kraftwechselwirkung,
- Einhaltung der Energieerhaltung statt ihrer Verletzung,
- Irreversibilität statt Reversibilität,
- Wellencharakter von Elementarteilchen statt Punktmassen,
- Quantenprozessthermodynamik (QPT) statt Quantenmechanik.

Im Artikel IV der Serie ließen sich thermodynamische Größen wie die Entropie und die freie Enthalpie anschaulich auf Quantenebene erklären, die zwar ihren festen Platz im Formelsystem haben, doch stets abstrakt geblieben sind. Darauf aufbauend ließ sich schlussfolgern, dass sich der Wirkungskreis der klassischen Prozess-Thermodynamik erweitern lässt. Wenn die von Rudolf CLAUSIUS 1865 definierte Zustandsgröße Entropie  $S$  ihre Mystik verliert, die ihr durch die Zuschreibung einer Doppelrolle verliehen wurde [40, 42], lässt sich die Thermodynamik auf Individuen anwenden und es wird deutlich, dass es keinen Wärmetod des Universums gibt.

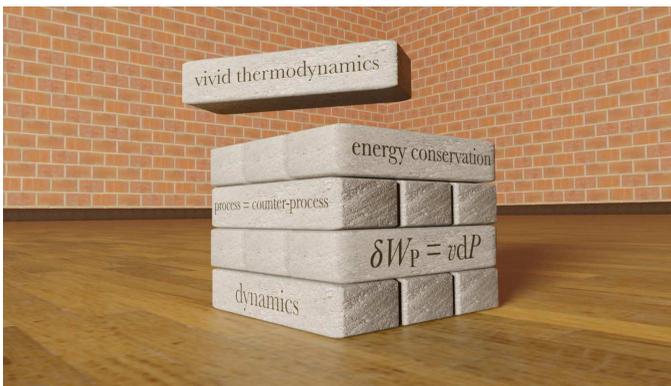


Abb. 3. Aufbau des neuen Gebäudes der Physik auf realistischen Grundlagen.

Ein Neuaufbau des Theoriegebäudes der Physik auf dem Fundament der Dynamik über Prozesse, auch auf Quantenebene, würde zwar über 100 Jahre Physikgeschichte in Frage stellen, doch ungeahnte Möglichkeiten eröffnen bis hin zur Lösung vieler energetischer Probleme der theoretischen Physik. Erwartet wird ein starker Erkenntnisgewinn, denn die QPT liefert Erklärungen, was z.B. auch die Natur der Bindung [41] und die Eigenschaften von Elementarteilchen wie Masse, Ladung und Farbladung betrifft (s. Abb. 4).

So könnten z.B. die emergenten Eigenschaften von Elementarteilchen erklärt werden, wie es Ilya PRIGOGINE und die Brüsseler Schule bereits 1979 forderten:

*Aber der gesamte Begriff der ‚Elementarteilchen‘ muß neu überdacht werden! [...] Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei dieser Konstruktion das ‚Werden‘, d. h. die Beteiligung der Teilchen an der Entwicklung der physikalischen Welt, eine wesentliche Rolle spielen wird. [43]*

Und Walther NERNSTs Aufsatz „Über einen Versuch, von quantentheoretischen Betrachtungen zur Annahme stetiger Energieänderungen zurückzukehren“ von 1916 [44], der belächelt wurde – wie zuvor schon Wilhelm OSTWALDs Aussage, dass nicht jede Energieform quantisiert werden könne, oder Gilbert Newton LEWIS versuchte Revision der Energiekonzepte von 1908, erschiene in einem neuen Licht:

*Mit der Annahme des Lichtäthers entsteht wiederum die Frage nach der Möglichkeit, absolute Geschwindigkeiten im Raume zu messen. [44]*

*[...] so muß sich daraus ein System der Physik entwickeln lassen, das allgemeiner sein wird als die Quantentheorie, aber der alten Physik viel näher stehen wird, als letztere. [44]*

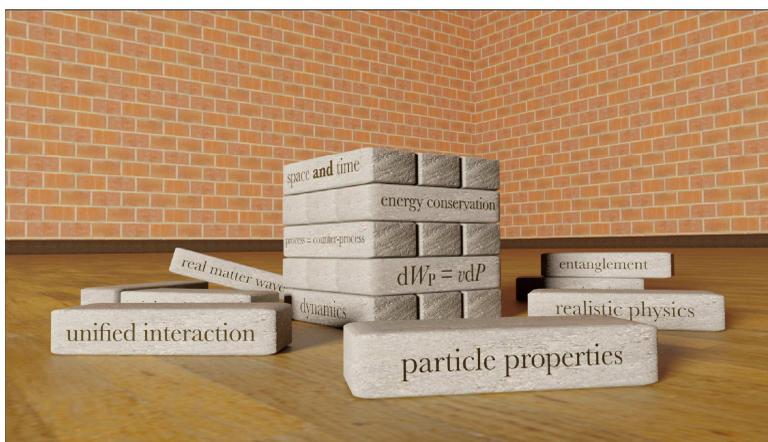


Abb. 4. Die neuen Möglichkeiten der Quantenprozessthermodynamik (QPT).

Idealisierungen wie *Punktteilchen mit konstanter Masse* oder *leerer Raum* sind notwendig und richtig, wenn es um einfache genäherte Berechnungen geht. Zugleich ist es wichtig, sich der gemachten Idealisierungen stets bewusst zu sein und nicht ihrer Suggestion zu erliegen. Viele der modernen Theorien sind konsequente Weiterentwicklungen von EINSTEINS, PLANCKS, BOHRS und HEISENBERGS Ideen. Doch baut man auf Idealisierungen wie  $E = mc^2$  ein ganzes Weltbild auf, erzeugt man Probleme, die eigentlich hausgemacht sind, bis hin zur Feynman-Erkenntnis, die Natur sei absurd. Dann besteht die Gefahr, dass nur die Theorien absurd sind, nicht indes die Natur.

Infolge ihrer jahrzehntelangen Nutzung sind die Überzeugungen zur Richtigkeit bestehender Theorien oft festgelegt. So bleibt offen, inwieweit und wie lange die QPT belächelt oder ignoriert werden wird und an festgelegten Überzeugungen scheitert. Doch die Grundsteine für eine neue realistische Physik sind gelegt – auch im Sinne der Physikochemiker OSTWALD, LEWIS und NERNST, die Thermodynamik lehrten und die komplexe Materie im Blick hatten, nicht die Masse.

Es könnte eine erklärende, eine anschauliche theoretische Physik entstehen.

Keine mathematische Physik. Eine physikalische Physik.

## Literatur

- [1] EINSTEIN, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. Ann. Phys. 322 (1905), S. 891-921.
- [2] EINSTEIN, A.: Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? Ann. Phys. 323 (1905), S. 639-641.
- [3] EINSTEIN, A.: Die Feldgleichungen der Gravitation. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin 2 (1915), S. 844-847.
- [4] HEISENBERG, W.: Anschaulicher Inhalt der quantenmechanischen Kinematik. Z. Phys. 43 (1927), S. 172-198.
- [5] BOHR, N.: The quantum postulate and the recent development of atomic theory. Nature 121 (1928), S. 580-590.
- [6] SPEZIALI, P. (Ed.): Albert Einstein. Correspondance avec Michele Besso. 1903-1955. 2. Aufl. Paris: Collection Savoir, Hermann, 1979, S. 283.
- [7] SCHATZMAN, E.: Quantenphysik und Realität. Dtsch. Z. Philos. 2 (1954), S. 621-641.
- [8] POPPER, K.: Quantum theory and the schism in physics. London: Hutchinson, 1982.
- [9] BAUMANN, K.; SEXL, R.: Die Deutungen der Quantentheorie. Wiesbaden: Springer, 1984.
- [10] SELLERI, F.: Die Debatte um die Quantentheorie. Braunschweig: Vieweg, 1990.
- [11] KUHLMANN, M.: What is real? Scient. American (2013), S. 40-47.

- [12] FRIEBE, C.; KUHLMANN, M.; LYRE, H. u.a.: The philosophy of quantum physics. Heidelberg: Springer Spektrum, 2018.
- [13] BROCKMAN, J. (Ed.): Welche wissenschaftliche Idee ist reif für den Ruhestand? Frankfurt: Fischer, 2016.
- [14] HOSSENFELDER, S.: Lost in Math. New York: Hachette Book Group, 2018.
- [15] SMOLIN, L.: Einstein's unfinished revolution. München: Penguin, 2019.
- [16] DPG Frühjahrstagung, Diverse Vorträge zur Suche nach weiteren Higgs-Bosonen, z.B. T 56.1 und T 56.3, Particle Physics Division, Dresden, 20.-24. März 2023.
- [17] HIGGS, P.: Broken symmetries and the masses of gauge bosons. Phys. Rev. Letters 13 (1964), S. 508-509.
- [18] GAST, R.: Naturgesetze am Ende der Natürlichkeit. Spektr. Wissenschaft 11 (2018), S. 24-33.
- [19] COLIN, J.; MOHAYAEI, R.; RAMEEZ, M.; SARKAR, S.: Evidence for anisotropy of cosmic acceleration. Astron. & Astrophys. J. 631 (2019), L13, S. 1-6.
- [20] MÜLLER, O.; PAWLOWSKI, M. S.; JERJEN, H.; LELLI, F.: A whirling plane of satellite galaxies around Centaurus A challenges cold dark matter cosmology. Science 359 (2018), S. 534-537.
- [21] FEYNMAN, R. P.: QED. The strange theory of light and matter, Princeton Oxford: Princeton University Press, 1985.
- [22] LEHMKUHL, D. In: ESFELD, M. (Ed.): Philosophie der Physik. Berlin: Suhrkamp, 2012, S. 55.
- [23] OSTWALD, W.: Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. In: Verhandlungen der Ges. Dt. Naturforscher und Ärzte 67 (1895), S. 162.
- [24] EINSTEIN, A.: Letter of condolence to Vero and Bice (Beatrice) Besso, family members of his friend Michele Angelo Besso, Princeton, 21. März, 1955 (Dokument 7-245 im Einstein Archiv).
- [25] NEWTON, I.: Philosophiae naturalis principia mathematica. London: Royal Society, 1687.
- [26] MAXWELL, J. C.: Illustrations of the dynamical theory of gases. Part I. On the motions and collisions of perfect o elastic spheres. Phil. Mag. Ser. 4. 19-32 (1860).
- [27] BOLTZMANN, L.: Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gas-molekülen. Sitzungsber. kaiserl. Akad. Wiss. Wien 66 (1872), S. 275-370.
- [28] BOLTZMANN, L.: Lectures on gas theory. 1. Aufl. 1896. New York: Dover, 1995.
- [29] MINKOWSKI, H.: Raum und Zeit (Vortrag auf der 80. Naturforscherversammlung, Köln, 1908). In: Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung 18 (1909), S. 75-88.
- [30] STÖRIG, H. J.: Die Zeit: eine Illusion? Scheidewege: Jahresschrift für skeptisches Denken 36 (2006/2007), S. 397-406 (K. GÖDEL: S. 398).
- [31] SCHRÖDINGER, E.: Collected papers on wave mechanics. London: Blackie & Son, 1928, S. x (Vorwort von E. SCHRÖDINGER).
- [32] KALIES, G.: Vom Energieinhalt ruhender Körper. Berlin: De Gruyter, 2019.

- [33] KALIES, G.: Matter-energy equivalence. *Z. Phys. Chem.* 234 (2020), S. 1567-1602.
- [34] KALIES, G.: Back to the roots: The concepts of force and energy. *Z. Phys. Chem.* 236 (2022), S. 481-553.
- [35] LEWIS, G. N.: A revision of the fundamental laws of matter and energy. *Phil. Mag.* 16 (1908), S. 705-717.
- [36] SPEYERS, C. J.: Discussion and correspondence: A revision of the fundamental laws of matter and energy. *Science* 29 (747) (1909), S. 656-659.
- [37] KALIES, G.; DO, D. D.: Momentum work and the energetic foundations of physics. I. Newton's laws of motion tailored to processes. *AIP Adv.* 13 (2023) 065121, S. 1-14.
- [38] KALIES, G.; DO, D. D.; ARNRICH, S.: Momentum work and the energetic foundations of physics. II. The ideal gas law derived via process equations. *AIP Adv.* 13 (2023), 055317, S. 1-12.
- [39] KALIES, G.; DO, D. D.: Momentum work and the energetic foundations of physics. III. The unification of mechanics and electrodynamics. *AIP Adv.* 13 (2023) 095322, S. 1-11.
- [40] KALIES, G.; DO, D. D.: Momentum work and the energetic foundations of physics. IV. The essence of heat, entropy, enthalpy and Gibbs free energy. *AIP Adv.* 13 (2023) 095126, S. 1-16.
- [41] KALIES, G.; DO, D. D.: Momentum work and the energetic foundations of physics. V. Interaction of real wave objects based on processes. *AIP Adv.*, minor revision, 11/2023.
- [42] KALIES, G.; DO, D. D.: Insights into entropy and irreversibility, *J. Non-Equilib. Thermodyn.*, submitted, 11/2023.
- [43] PRIGOGINE, I.: *Vom Sein zum Werden: Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften.* München; Zürich: Piper, 1980, S. 207.
- [44] NERNST, W.: Über einen Versuch, von quantentheoretischen Betrachtungen zur Annahme stetiger Energieänderungen zurückzukehren (Vortrag vom 18.01.1916), *Verh. Dtsch. Phys. Ges.* 18 (1916), S. 83-116, Zitate S. 111 und 107.

## Danksagung

Die Autorin dankt Prof. Dr. Duong D. DO (Queensland University, Brisbane) und Dr. Steffen ARNRICH (HTW Dresden) für die Zusammenarbeit und Dr. Alexander v. WEDELSTEDT (Bosch, Dresden) für die Animationen des „Jenga-Turms der Physik“.

# Anmerkungen zur historischen Entwicklung der Dosis-Zeit-Konzepte in Photometrie und Toxikologie

Volker Wunderlich

## Zusammenfassung

Die Betrachtung von Analogien ist eine anerkannte Strategie der wissenschaftstheoretischen und wissenschaftshistorischen Forschung. In diesem Beitrag werden formale Analogien aufgezeigt, die zwischen einigen Gesetzmäßigkeiten der Photometrie (ursprünglich ein Teilgebiet der Physik und Astronomie) und der Toxikologie (eine Disziplin der Biowissenschaften) bestehen. Diese Analogien betreffen die mathematischen Beziehungen zwischen Dosis beziehungsweise Lichtintensität, Einwirkungszeit und Effekt. Ungeachtet der Verschiedenartigkeit der Phänomene, welche jede dieser Disziplinen beschreibt, wurden ihre formalen Systeme eigenständig in ähnlicher Weise entwickelt. Die historischen Abläufe werden im Beitrag dargestellt. Obwohl wichtige Gesetze der Photometrie (BUNSEN/ROSCOE, SCHWARZSCHILD) vierzig bis fünfzig Jahre vor denen in der Toxikologie formuliert wurden, hatten sie keinen Einfluss auf die Entwicklung entsprechender Beziehungen der Toxikologie (HABER, DRUCKREY/KÜPFMÜLLER). In beiden Disziplinen erfolgte die mathematische Beschreibung schrittweise über Reziprozitätsgesetze, die sich als unzureichend erwiesen, bis zu generalisierten Potenzgesetzen, mit denen die Wirkungsverstärkung mit der Zeit besonders berücksichtigt werden konnte. Die praktische Bedeutung dieser Zeitverstärkung wird anhand von Anwendungen in der Astrophysik, Strahlenbiologie, Krebsforschung sowie der Risikobewertung von Lebensmittelzusatzstoffen und Pestiziden kurz dargestellt.

## Einleitung

Die Toxizität chemischer Stoffe wird vorwiegend durch Dosis  $c$  und Expositionszeit  $t$  bestimmt [Übersicht bei 1]. Es ist seit mehr als hundert Jahren versucht worden, die zwischen beiden Variablen und dem biologischen Effekt bestehenden Beziehungen mit einfachen mathematischen Formeln zu beschreiben. Da jeder Formel ideale Bedingungen zugrunde liegen, werden die realen Verhältnisse allerdings mehr oder weniger von der mathematischen Beschreibung abweichen. In der Toxikologie ist das Paradigma

$$c \cdot t = \text{const} \quad (1)$$

trotz mancher Unzulänglichkeiten allgemein akzeptiert. Der namhafte ungarisch-amerikanische Toxikologe Karl K. ROZMAN (1945-2017), einer der besten Kenner der Problematik, hat in seinen Arbeiten die Hoffnung ausgedrückt, dass es gelingen möge „*to tie together dose and time in a generalizable theory*“ [2] und dass zukünftig einige Physiker dabei behilflich sein könnten. Er postulierte, dass die bekannten mathematischen Beziehungen der Toxikologie ihren Ursprung in den

Grundgesetzen der Physik haben, wofür auch ihre Einfachheit spreche. Eine Dimensionsbetrachtung deutete ebenfalls in diese Richtung [2, 3]. Die Bestätigung des Postulats wäre zweifellos für die Wissenschaftstheorie von Interesse.

Es stellt sich die Frage, ob es Bereiche der Naturwissenschaften gibt, in denen mathematische Beziehungen gültig sind, die den in der Toxikologie angewendeten Formeln entsprechen [1, 4]. Diese Frage ist nur interdisziplinär zu lösen. Wenn ja, so wäre weiter zu fragen, ob in der Vergangenheit die Entwicklung solcher Konzepte unabhängig voneinander oder unter gegenseitiger Beeinflussung erfolgte. Weiterhin wäre zu fragen, ob sich aus derartigen Betrachtungen eventuell Anhaltspunkte für eine generalisierte Theorie ableiten lassen.

Im Folgenden wird von der These ausgegangen, dass die Vision von ROZMAN den wahren Verhältnissen nahekommt. Deshalb wird angenommen, dass es weitere Naturvorgänge gibt, für welche die gleichen Gesetze wie in der Toxikologie anzuwenden sind. Dafür kommen Gesetze der Photometrie in Betracht. Um diesen Verdacht zu verifizieren, soll geprüft werden, ob zwischen einigen Gesetzmäßigkeiten von Photometrie und Toxikologie formale Analogien bestehen. Ferner sollen die historischen Abläufe dargestellt werden, die in beiden Disziplinen zu der Entwicklung des formalen Apparates geführt haben. So wurden die Gesetze der Photometrie wesentlich früher als die der Toxikologie bekannt, obwohl die letztere die ältere Disziplin ist. Während die Erkenntnisse aus der Photometrie von Toxikologen nicht berücksichtigt wurden, halfen sie Forschern der Strahlenbiologie bei der Interpretation ihrer experimentellen Daten. Die möglichen Gründe dafür sollen im vorliegenden Beitrag untersucht werden. Auch soll die Rolle der Zeit als Verstärkungsfaktor sowie die daraus resultierenden praktischen Folgen diskutiert werden.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass die im Folgenden behandelten Probleme nicht nur für Photometrie und Toxikologie relevant sind. In späteren Abschnitten der Arbeit wird gezeigt werden, dass die hier dargestellten historischen Entwicklungen in der Toxikologie zu Erkenntnissen geführt haben, die etwa bei aktuellen Forschungen zur Risikobewertung von Lebensmittelzusatzstoffen und deren Regulierung zu berücksichtigen waren [5, 6] oder neue Möglichkeiten zur Begrenzung von Tierversuchen aufzeigten [7]. Weitere Beispiele werden weiter unten vorgestellt.

### **Formale Analogien**

Bei Betrachtung einiger Gesetzmäßigkeiten von Photometrie und Toxikologie sind formale Analogien zwischen beiden Disziplinen offensichtlich [Tabelle 1]. Der Begriff ‚formale oder mathematische Analogie‘ wird hier wie von HENTSCHEL [8] angegeben verwendet. In der dort vorgestellten Systematik der Typen von Analogien handelt es sich zudem um [sic] „langreichweitige“ oder „ferne“ Analogien, da „die beiden durch die Analogie miteinander in Beziehung gesetzten Wissensfelder [...] weit voneinander entfernt liegen“ [8, S. 27 ff.]. Über die von weitreichenden Analogien ausgehende Faszination hat sich der österreichische Physiker und Philosoph Ludwig BOLTZMANN (1844-1906) im Jahre 1892 wie folgt geäußert:

„Die überraschendsten und weitgehendsten Analogien zeigten sich zwischen scheinbar ganz disparaten Naturvorgängen. Die Natur schien gewissermaßen die verschiedensten Dinge genau nach demselben Plane gebaut zu haben, oder, wie der Analytiker trocken sagt, dieselben Differentialgleichungen gelten für die verschiedensten Phänomene.

So geschieht die Wärmeleitung, die Diffusion und die Verbreitung der Elektrizität in Leitern nach denselben Gesetzen. Dieselben Gleichungen können als Auflösung eines Problems der Hydrodynamik und der Potentialtheorie betrachtet werden. Die Theorie der Flüssigkeitswirbel sowie die der Gasreibung zeigt die überraschendste Analogie mit der des Elektromagnetismus etc.“ [zitiert bei 8, S. 30].

**Tabelle 1**

**Zeitskala der Entwicklung wichtiger Gesetze der Photometrie (1862-1900) und der Toxikologie (1900-1949)**

Jahr	Beschreibung des Gesetzes	Mathematische Formulierung	Erläuterungen [Literatur]
1862	Bunsen-Roscoe-Gesetz (auch Reziprozitätsgesetz genannt)	$I * t = \text{const}$	Lichtintensität $I$ , Zeit $t$ [16]
1885	Bloch's Gesetz des Sehens	$I * t = \text{const}$	Lichtintensität $I$ , Zeit $t$ [18]
1899-1900	Schwarzschild-Schwärzungsgesetz	$I * t^p = \text{const}$	Lichtintensität $I$ , Zeit $t$ Schwarzschild-Exponent $p$ [24]
1900	Warren	Entspricht $c * t = \text{const}$	Dargestellt als gleichseitige Hyperbel Konzentration $c$ , Zeit $t$ [31]
1910	Ostwald - Gleichung	$(c - c_0)^q * t = \text{const}$	Konzentration $c$ , Zeit $t$ $c_0$ = Schwellenkonzentration Exponent $q$ [32]
1919-1920	Haber'sche Regel	$c * t = \text{const}$	Konzentration $c$ , Zeit $t$ [37]
1940	Bliss-Gleichung	$c^m * t = \text{const}$	Konzentration $c$ , Zeit $t$ Exponent $m$ [40]
1949	Druckrey-Küpfmüller-Gleichung	$c * t^n = \text{const}$	Konzentration $c$ , Zeit $t$ Druckrey-Exponent $n$ [45]

Der schottische Physiker James C. MAXWELL (1831-1879) verwendete anstelle von formaler Analogie den Begriff ‚physische Analogie‘. *„Maxwell characterised physical analogy as a similarity in mathematical form between two branches of science which differed in the physical nature of the phenomena they described“* [9, S. 36]. Diese Beschreibung trifft auf die in Tabelle 1 genannten ‚Gesetze‘ zu. Dabei ist anzumerken, dass einige der dort vorgestellten Beziehungen nach mathematischen Prozessen definiert wurden. Obwohl vielfach als Gesetze bezeichnet, sind sie im Grunde analytische Formulierungen empirisch gefundener Tatbestände und deren Zusammenhänge (nach GERTH).

Für die Naturwissenschaften ist der große heuristische Wert solcher Analogien anerkannt. Schon Gottfried Wilhelm LEIBNIZ (1646-1716) hat auf die besondere Bedeutung von Analogien für die Naturerkenntnis hingewiesen: *Naturam cognosci per analogiam* [10].

Ungeachtet gelegentlich anzutreffender abwertender Bemerkungen zu Analogiebetrachtungen werden diese heute in Naturwissenschaften, Medizin und Technik sowie in der Wissenschaftsgeschichte unverändert als bewährte Forschungsstrategien angewendet [9, 11, 12].

### Photometrie

Die Photometrie entwickelte sich von einem Teilgebiet der Physik und Astronomie mit Anwendungen in Chemie und Photographie zunehmend zu einer technischen Disziplin. Sie umfasst Messverfahren im Wellenlängenbereich des sichtbaren und ultravioletten Lichtes und findet heute Anwendung bei diversen optischen Technologien bis hin zur Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie.

In der Photometrie und speziell in der Photochemie hängt die Wirkung am Endpunkt von der Intensität des Lichtes und von der Dauer der Exposition ab. Man erhält Beziehungen, die denen der Toxikologie entsprechen, wenn anstelle der Dosis  $c$  die Lichtintensität  $I$  gesetzt wird. Nach Vorarbeiten von John W. DRAPER (1811-1882) und Wilhelm C. WITWER (1822-1908) [13] fanden der deutsche Chemiker Robert W. BUNSEN (1811-1899) [14] gemeinsam mit dem britischen Chemiker Henry E. ROSCOE (1833-1915) [15] im Jahre 1862 das heute nach ihnen benannte Bunsen-Roscoe-Gesetz, als sie die Einwirkung des Lichtes auf ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff studierten. Wilhelm OSTWALD (1853-1932) hob später mit seiner Herausgabe der „Ostwalds Klassiker“ die außerordentlich schwierigen experimentellen Bedingungen hervor, die BUNSEN und ROSCOE bei ihren Untersuchungen zu bewältigen hatten [16]. Bei der Analyse der Schwärzung photographischer Platten stellten die Forscher weiterhin fest, dass *“equal products of intensity and time of exposure produce equal blackenings of photographic silver chloride papers of equal sensitivity“* [17]. In mathematischer Form ergab sich daraus

$$I * t = \text{const}$$

(2)

Der französische Arzt Adolphe M. BLOCH (1842-1920) wandte diese Formel wenige Jahre später mit Erfolg auf den Sehvorgang und damit erstmals auf biologische Objekte an [18]. In moderner Darstellung liest sich das Gesetz wie folgt:

„Ein grundlegendes Prinzip der Photochemie, demzufolge die Reaktion eines jeden lichtempfindlichen Pigments, einschließlich des visuellen Pigments der Retina des Auges, eine multiplikative Funktion der Intensität der Lichtexposition und ihrer Dauer ist. Der photochemische Effekt an den Pigment-Molekülen hängt allein von der Gesamtzahl der auftreffenden Lichtquanten ab. Er wird üblicherweise ausgedrückt als  $I * t = k$ , wobei  $I$  die physikalische Intensität des Lichtstrahls,  $t$  seine Dauer und  $k$  eine Konstante ist“ [19, Original englisch].

Da Lichtintensität und Zeit zueinander in einem Reziprozitätsverhältnis stehen, wird das Bunsen-Roscoe-Gesetz auch als Reziprozitätsgesetz bezeichnet. Die Beziehung erwies sich allerdings nur unter bestimmten Bedingungen als gültig und war in vielen Fällen nicht anwendbar (*failure of reciprocity*). BUNSEN und ROSCOE verwendeten deshalb den Begriff Gesetz nicht. Besondere Probleme mit dieser Beziehung hatten die Astronomen bei der photographischen Vermessung der Gestirne, da die Lichtintensitäten mancher Sterne sehr gering ist und deshalb lange Belichtungszeiten notwendig waren [20]. Es war unter diesen Bedingungen nicht möglich, eine Verminderung der Lichtintensität auf die Hälfte durch Verdoppelung der Belichtungszeit auszugleichen. Als Erstem gelang es dem Astronomen und Physiker Karl SCHWARZSCHILD (1873-1916) die Abweichungen von Gl. 2 quantitativ zu erfassen [21-23]. Dazu führte er unter anderem systematische Untersuchungen im Labor durch. Er konzentrierte sich besonders auf den Bereich der Belichtung mit niedriger Intensität und langer Zeit. In einer im Jahre 1900 veröffentlichten Arbeit kam er zu dem Schluss

*“In determination of stellar brightness by the photographic method I have recently been able to confirm once more the existence of such deviations, and to follow them in a quantitative way, and to express them in the following rule, which should replace the law of reciprocity: Sources of light of different intensity I cause the same degree of blackening under different exposures t if the products  $I x t^{0,86}$  are equal“* [24].

Die Beziehung

$$I * t^p = \text{const} \quad (3)$$

wird als Schwarzschild-Schwärzungsgesetz mit  $p$  als Schwarzschild-Exponent bezeichnet. In der englischen Literatur wird das Schwärzungsgesetz auch unter dem Begriff *‘Low Intensity Reciprocity Failure’* geführt. Allerdings zeigte sich, dass der empirische Exponent  $p$  nicht unveränderlich ist, wie SCHWARZSCHILD geglaubt hatte, sondern innerhalb von gewissen Grenzen variabel ist.

Die Gl. 2 und Gl. 3 können in verschiedenen Bereichen angewendet werden. Neben der Photographie sind in erster Linie Photomedizin (Lichtbasierte Therapie- und Diagnosemethoden) und Photobiologie (Photosynthese, Photomorphogenese,

circadiane Rhythmen u.a.) zu nennen sowie technische Verfahren wie Photoleitfähigkeit, Photopolymerisation und Photoabbau von Polymeren. In vielen dieser Fälle erwies sich das Schwarzschild-Gesetz als besonders geeignet für die mathematische Beschreibung [25].

### **Strahlenbiologie**

Aufgabe der Strahlenbiologie ist die Untersuchung der Einwirkung von ionisierenden Strahlen auf Zellen und Gewebe von Organismen.

Im Gegensatz zu den Toxikologen (siehe weiter unten) war das Schwarzschild-Gesetz den Strahlenphysikern und -biologen durchaus gegenwärtig. Sie wendeten das Gesetz bei der Interpretation experimenteller Daten zur Wirkung von Röntgen- und Gammastrahlen auf biologische Objekte an. Besonders der Physiker Richard GLOCKER (1890-1978), der noch bei Wilhelm Conrad RÖNTGEN (1845-1923) promoviert hatte, hat zu diesem Thema gearbeitet. Für die biologische Wirkung von Röntgenstrahlen hatte sich das Bunsen-Roscoe-Gesetz als nicht gültig erwiesen. Das Schwarzschild-Gesetz hingegen passte gut zu den Beobachtungen an biologischen Testobjekten über einen weiten Bereich von Versuchsbedingungen. Dabei variierte der Schwarzschild-Exponent bei den verschiedenen Objekten erheblich [26]. Allerdings galt das Schwarzschild-Gesetz nur bei nichtgenetischen Effekten der Strahlung, während die mutationsauslösende genetische Wirkung allein von der Höhe der Bestrahlungsdosis ( $p = 1$ ) abhing [27, 28]. Ob es diesen Unterschied auch bei toxischen Effekten von chemischen Kanzerogenen im Gegensatz zu deren genetischen Wirkungen gibt, ist nicht bekannt.

### **Toxikologie**

Die Toxikologie ist eine experimentell-analytische Disziplin, die vorwiegend mit physikalisch-chemischen Methoden arbeitet, darunter auch mit photometrischen Verfahren. Sie ist mit der Pharmakologie und Biochemie nahe verwandt und hat die Aufgabe, schädliche Effekte von chemischen, physikalischen und biologischen Agenzien auf Lebewesen und ihre Umwelt zu erfassen. Die Wurzeln der Toxikologie reichen bis in die Antike. In den letzten Jahrzehnten hat sich diese Disziplin sehr stark entwickelt.

Da die historische Entwicklung der  $c \cdot t$ -Beziehungen in der Toxikologie wenig bekannt ist, soll sie hier ausführlicher als die der Photometrie dargestellt werden [29, 30]. Den ersten Versuch, die toxische Wirkung quantitativ zu erfassen, hat im Jahre 1900 der britische Zoologe Ernest WARREN (1871-1945) mit Salzlösungen bei Daphnien (Krebstiere) unternommen [31]. Interessanterweise wurde er durch eine Analogie zu BOYLE's Gesetz der Thermodynamik zu diesen Untersuchungen angeregt. Er stellte seine Resultate als Dosis-Zeit-Kurven dar, die eine gleichseitige Hyperbel ergaben. Wenig später schlug der Kolloidchemiker Wolfgang OSTWALD (1883-1943) in Analogie zu der Adsorptionsisotherme nach FREUNDLICH eine Formel vor, die einen Exponenten  $q$  der Differenz zweier Konzentrationen ( $c - c_0$ ) enthielt [32]

$$(c-c_0)^q * t = \text{const} \quad c_0 = \text{Schwellenkonzentration} \quad (4)$$

Analogien zu bekannten physikalischen Gesetzen haben somit in der frühen Phase des  $c * t$ -Konzepts in der Toxikologie eine Rolle gespielt.

Die eingangs als Gl. 1 vorgestellte Beziehung wird heute als Haber'sche Regel (oder *Haber's law*) bezeichnet. Nach wechselvollen, Jahrzehnte währenden Debatten wird die Regel heute als ein fundamentales Prinzip der Toxikologie betrachtet. Während die Bedeutung der Dosis für die Wirkung eines Giftes seit PARACELTUS (1493-1541) bekannt war, wurde die Rolle der Zeit als unabhängige Variable der Toxizität erst seit dem frühen 20. Jahrhundert in Erwägung gezogen und ist danach nur allmählich akzeptiert worden. Anstelle des berühmten, auf PARACELTUS zurückgehenden Satzes *Sola dosis facit venenum* (nur die Dosis macht das Gift) ist in vielen Fällen das Diktum *Dosis et tempus faciunt venenum* (Dosis und Zeit machen das Gift) zutreffend [33]. Für die als Konzentrationsgifte bezeichneten Stoffe (mit  $t$  gegen 0) gilt allerdings weiterhin der Satz des PARACELTUS.

Waren die Berichte von WARREN und Wo. OSTWALD noch von eher marginalem Interesse gewesen, so änderte sich dies im Verlauf des Ersten Weltkriegs. Bei dem ab 1915 vom deutschen Militär geführten Gaskrieg hatte der Physikochemiker und spätere Nobelpreisträger Fritz HABER (1868-1934) eine wichtige Funktion als Leiter des wissenschaftlichen Stabes inne [34, 35]. Ihm zur Seite standen zahlreiche, zum Teil prominente, Wissenschaftler. Zu HABERs Team gehörte der Pharmakologe Ferdinand FLURY (1877-1947) aus Würzburg, der für die Toxikologie der Kampfgase verantwortlich war. Möglicherweise war FLURY der eigentliche Urheber der Regel, die er aber selber nach HABER zu benennen empfahl. Ob HABER schon früher Gl. 1 bei internen Diskussionen vorgeschlagen hatte, ist nicht bekannt. Die Beziehung war mit verschiedenen Giftgasen in Versuchen an Katzen überprüft worden. Sie erwies sich lediglich für Zeiten bis zu wenigen Stunden als gültig. Ihre wissenschaftliche Begründung stammt von FLURY [36].

Als Begriff hatte die Haber'sche Regel einen schwierigen Start, allein schon wegen der Umstände, unter denen die Beziehung im Gaskrieg konzipiert worden war. Eine authentische Formulierung von HABER in einer wissenschaftlichen Zeitschrift gab es nicht, lediglich eine knappe Fußnote in einem gedruckten Vortrag – das Maß genüge für alle praktischen Zwecke, heißt es dort lapidar [37]. Obwohl der Terminus Haber'sche Regel schon 1921 von FLURY verwendet worden war, setzte sich diese Bezeichnung zunächst nicht durch. Sie schien auch bestenfalls nur für die Inhalationstoxikologie zu gelten. Der einflussreiche britische Pharmakologe Alfred J. CLARK (1885-1941) entwickelte in den 1930er Jahren eine sehr ähnliche Formel, ohne HABER zu nennen [38]. CLARK war im Ersten Weltkrieg Regimentsarzt an der flandrischen Front bei Ypern gewesen und hatte dort Gasangriffe der deutschen Truppen unmittelbar miterlebt [39]. Er dürfte kein Freund von HABER gewesen sein, dessen Rolle im Gaskrieg noch frisch in Erinnerung war. Der Pharmakologe DRUCKREY wiederum (siehe unten) bezog sich später stets auf CLARK, wohl um zu vermeiden, den Juden HABER nennen zu müssen. Erst im neueren

Schrifttum hat sich der Begriff Haber'sche Regel durchgesetzt. Die Regel gilt für Stoffe, die unter bestimmten Bedingungen irreversibel an zelluläre Rezeptoren binden und deren Wirkung erst nach einer gewissen Latenzzeit eintritt.

Ähnlich wie in der Photometrie gab es auch in der Toxikologie ein ‚*failure of reciprocity*‘. Bereits HABER selbst und seine Zeitgenossen hatten bemerkt, dass die Regel nur unter bestimmten Umständen gültig und in vielen Fällen nicht anwendbar war. Der amerikanische Biologe und Statistiker Chester I. BLISS (1899-1979) beschäftigte sich intensiv mit diesem Problem [40]. Da für viele toxische Stoffe eine Schwellenkonzentration entweder nicht existierte oder nahe Null lag, schlug er im Jahre 1940 eine Vereinfachung der Gl. 4 von Wo. OSTWALD vor:

$$c^m \cdot t = \text{const} \quad (5)$$

Der Erfolg dieser Formulierung blieb jedoch begrenzt. Sie stimmte offenbar nur für einige Insektizide und Begasungsmittel mit der experimentellen Erfahrung befriedigend überein.

### Experimentelle Krebsforschung

Eine weitere Modifikation der Haber'schen Regel ging von Untersuchungen in der experimentellen Krebsforschung aus. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Gleichungen erfolgte die Formulierung nicht auf empirischer Basis, sondern aufgrund theoretischer Erwägungen sowie mathematischen Beweisen.

Besondere Umstände hatten zu diesem Ergebnis geführt [41]. Es begann damit, dass der deutsche Pharmakologe Hermann DRUCKREY (1904-1994) Schwierigkeiten hatte, seine Versuchsergebnisse mit der  $c \cdot t$ -Beziehung zu interpretieren. Ihn interessierten die Dosis-Wirkungs-Beziehungen bei der chemischen Kanzerogenese, die er an einer großen Zahl von Ratten untersuchte, die peroral mit dem Leberkrebs-erzeugenden 4-(Dimethylamino)-azobenzol (Buttergelb) behandelt worden waren. In einem weiten Dosisbereich analysierte er den Zusammenhang zwischen der täglich aufgenommenen Menge des Buttergelbs und der Zeit bis zum Auftreten der ersten Lebertumoren. Es fiel auf, dass auch sehr kleine Mengen nach langen Latenzzeiten in der Lage waren, Tumoren zu erzeugen. Bei diesem Stand der Versuche wurde DRUCKREY zum Kriegsdienst eingezogen. DRUCKREY war ein überzeugter Nationalsozialist und hatte einen hohen Rang in der SA inne. Seit 1944 war er auch Leiter eines Pharmakologischen Instituts der Polizei in Wien gewesen, das dem Reichsarzt-SS direkt unterstand. Nach dem Krieg wurde er deshalb von der alliierten Besatzungsmacht für zweieinhalb Jahre interniert. Im unterfränkischen Lager Hammelburg lernte DRUCKREY den Mithäftling Karl KÜPFMÜLLER (1897-1977) kennen, einen Elektroingenieur, der schon damals als Wegbereiter der Elektro- und Nachrichtentechnik in Deutschland galt [42]. KÜPFMÜLLER war zuletzt hoch dekoriertes Mitglied des Wissenschaftlichen Führungsstabs der Kriegsmarine und SS-Obersturmbannführer gewesen und war deshalb ebenfalls interniert worden. Im Lager kam es zu einer mehrmonatigen interdisziplinären Zusammenarbeit dieser beiden Forscher [43]. Dank seiner mathema-

tischen Kompetenz konnte KÜPFMÜLLER entscheidend dazu beitragen, die experimentellen Ergebnisse von DRUCKREY zu erklären. Noch aus dem Lager reichten beide eine bemerkenswerte Abhandlung ein [44] und bereiteten eine wegweisende Publikation zur theoretischen Pharmakologie vor, die bald darauf erschien [45]. Die Biographien von DRUCKREY und KÜPFMÜLLER sind weitgehend bekannt [41, 42]. KÜPFMÜLLER war aufgrund herausragender Veröffentlichungen im Alter von nur 31 Jahren zum Ordentlichen Professor für Elektrotechnik berufen worden, ohne zuvor einen Hochschulabschluss oder eine Promotion erreicht zu haben.

Damit toxische Stoffe wirken können, ist ihre Bindung an einen zellulären Rezeptor notwendig (historische Grundlagen bei [46]). Der so aktivierte Rezeptor kann in der Folge eine Wirkung auslösen. Wenn sowohl die Rezeptoren-Besetzung wie auch die Wirkung irreversibel sind, liegen besondere Bedingungen vor. Für diesen Fall konnten DRUCKREY und KÜPFMÜLLER in einer mathematischen Analyse der Rezeptorkinetik zeigen, dass die Wirkung dem doppelten Integral aus der Dosis über die Zeit entspricht. Die daraus folgende Beziehung in der Form

$$c \cdot t^n = \text{const} \quad (6)$$

wird Druckrey-Küpfmüller-Gleichung genannt. Der Exponent  $n$  soll hier in Analogie zum Schwarzschild-Exponent als Druckrey-Exponent bezeichnet werden. Für  $n = 1$  ist es die ursprüngliche Haber'sche Regel.

Der Begriff ‚Druckrey-Küpfmüller-Gleichung‘ wurde von dem niederländischen Toxikologen Henk A. TENNEKES (1950-2020) eingeführt, nachdem er beweisen konnte, dass die Wirkung von Neonicotinoiden bei Arthropoden dieser Gleichung gehorcht [47]. Mentor von TENNEKES war in den 1980er Jahren DRUCKREY gewesen. Zu seinen Untersuchungen war TENNEKES nach eigenem Bekunden durch die Arbeiten zur Entstehungsgeschichte der Druckrey-Küpfmüller-Schriften [41] angeregt worden. Darin war auch der zuvor kaum bekannte Anteil von KÜPFMÜLLER an der Formulierung der Gl. 6 dargestellt worden. TENNEKES hat bis zu seinem Tod die Verbreitung und Aktualisierung der theoretischen Vorstellungen von DRUCKREY und KÜPFMÜLLER wesentlich gefördert.

Mit ihren Arbeiten begründeten DRUCKREY und KÜPFMÜLLER die Lehre von den Summationsgiften. Sie besagt, dass sich die Einzeldosen eines giftigen Stoffes in einem Organismus oder Ökosystem verlustlos zu einer Gesamtwirkung summieren können. Zu dieser Klasse von Giften, für die keine wirkungsfreie Dosis existiert, gehören unter anderem genotoxisch wirkende Stoffe wie zahlreiche Kanzerogene und ionisierende Strahlen sowie seit kurzem auch bestimmte Pestizide. Mit wachsender Expositionszeit kann sich der biologische Effekt dieser Stoffe trotz geringer Konzentrationen immens verstärken. Die Proportionalität zwischen der Dosis eines krebserregenden Stoffes und der Krebsinzidenz spielt eine wichtige Rolle bei Debatten über Lebensmittelzusatzstoffe [48].

Aufgrund neuerer Entwicklungen können die Gl. 1 und Gl. 4 bis Gl. 6 als Spezialfälle einer allgemein gültigen Formel betrachtet werden. Neben anderen Modell-

vorstellungen ist diese Formel Gegenstand der aktuellen toxikologischen Forschung [49].

### **Verstärkung der Wirkung mit der Zeit**

Im Kontext von Toxikologie und Photometrie ist die Dosis eine relativ einfache Größe, die durch die Zahl der am Rezeptor gebundenen Moleküle oder der absorbierten Lichtquanten bestimmt wird. Im Gegensatz dazu ist die Rolle der Zeit wesentlich komplexer. Neben Dauer und Frequenz können weitere Kriterien das Ergebnis beeinflussen, in der Toxikologie vor allem Toxikokinetik und Toxikodynamik. Für die enorme Komplexität der Dosis-Wirkungsbeziehungen ist insbesondere der Faktor Zeit verantwortlich.

Als ein zu berücksichtigender Faktor photochemischer Prozesse fand die Zeit erstmals mit dem Bunsen-Roscoe-Gesetz allgemeine Aufmerksamkeit. Es war plausibel, dass für die Schwärzung photographischer Platten die Belichtungszeit von ausschlaggebender Bedeutung war. Nach Arbeiten aus der Astrophysik, in denen gezeigt wurde, dass eine verringerte Lichtintensität eine überproportionale Verlängerung der Belichtungszeit notwendig macht, kam es zu einem neuen Verständnis des Faktors Zeit. Als eine seiner großen Leistungen hat SCHWARZSCHILD auf diese Weise die Schwachheit des Lichtes der Gestirne entdecken können. Zugleich wurde damit zum ersten Mal eine verstärkende Wirkung der Zeit nachgewiesen.

Auch Strahlenbiologen und -therapeuten beschäftigten sich ausführlich mit dem Einfluss der Zeit auf die biologische Wirkung [50]. Dabei wurde ausdrücklich Bezug auf das Schwarzschild-Gesetz genommen. Im Online-Lexikon der Physik heißt es unter dem Stichwort Zeitfaktor [51]:

*„Verhältnis von Strahlendosen, die bei verschiedenen Bestrahlungszeiten bzw. Dosisleistungen erforderlich sind, um unter sonst gleichartigen Bedingungen die gleiche biologische Wirkung hervorzurufen. [...] Die zahlenmäßige Angabe eines Zeitfaktors ist immer nur für eine bestimmte Strahlenwirkung möglich. [...] ,der Zeitfaktor ist  $> 1$ , wenn die über einen längeren Zeitraum verteilte Gesamtdosis wirksamer ist als die kurzzeitig verabreichte Strahlenmenge“*  
(Hervorhebung durch Verfasser).

Eine verstärkende Wirkung der Zeit ist somit auch in der Strahlenbiologie festgestellt worden. Sie spielt bei der therapeutischen Anwendung von ionisierenden Strahlen eine wichtige Rolle.

Um Gl. 6 zu prüfen, wurden in den 1960er Jahren umfangreiche quantitative Untersuchungen zur Kanzerogenese durchgeführt. Das Protokoll eines als klassisch anzusehenden Versuchs aus dieser Zeit zeigt Tabelle 2. Es erwies sich, dass die für dieselbe krebserzeugende Wirkung erforderliche Menge an Kanzerogen umso kleiner war, je länger die Exposition mit dem Kanzerogen (im konkreten Fall Diethylnitrosamin) gedauert hatte. Wurden  $c$  und  $t$  im doppelt logarithmischen Netz aufgetragen, wurde eine Gerade erhalten. Die Steigung der Geraden  $n$  ist für jedes chemische Kanzerogen spezifisch und ist immer  $n > 1$  (meist zwischen 2 und 5). Die Beziehung ist unabhängig vom Organ, der Applikationsweise oder der Tierspezies gültig. Gl. 6 wurde damit vollauf bestätigt: mit der Zeit erfolgt eine

enorme Wirkungsverstärkung [52]. Diese Erkenntnis war und ist von großer praktischer Bedeutung für die Krebsprävention, da auch kleinste Mengen krebserzeugender Stoffe sich mit der Zeit zu einer Wirkung aufsummieren können.

## **Tabelle 2**

### **Krebsentstehung bei geringen Dosen von Kanzerogenen über längere Zeiträume (nach DRUCKREY)**

Die zur Krebserzeugung erforderliche Gesamtdosis nimmt bei zunehmender Fraktionierung in geringen Tagesdosen erheblich ab. Mit der Zeit erfolgt daher eine enorme Wirkungsverstärkung.

Druckrey-Küpfmüller-Gleichung mit Druckrey-Exponent  $n=2,3$

$$c * t50^{2,3} = \text{const}$$

Tagesdosis $c$ (mg/kg)	Latenzzeit $t50$ (Tage)	Gesamtdosis $c * t50$ (mg/kg)
4,8	137	657,6
1,2	238	285,6
0,3	457	137,1
0,15	609	91,3
0,075	840	63,0

Kanzerogen: Diethylnitrosamin

Applikation: im Trinkwasser

Tumor: Leberkrebs bei Ratten, BDII-Stamm

$t50$ : mittlere Zeit bis zum Tod

Nach Daten von H. DRUCKREY et al. [52]

Ein überraschendes Ergebnis hatten Versuche mit hochwirksamen Pestiziden aus der Gruppe der Neonikotinoide. Die Toxizität der in der Landwirtschaft vielfach verwendeten Stoffe wie Imidacloprid und Thiametoxam erfolgt bei Insekten, Krebstieren und Arthropoden gemäß der Druckrey-Küpfmüller-Gleichung [53]. Es wurden zum Beispiel bei Honigbienen Werte von  $n=5,8$  (Imidacloprid) und  $n=2,2$  (Thiametoxam) ermittelt. Neonikotinoide sind in hohem Maße verdächtig, für das seit den 1990er Jahren beobachtete dramatische Insektensterben und den damit in Zusammenhang stehenden Rückgang vieler insektenfressender Vogelarten verantwortlich zu sein. Dabei ist zu beachten, dass sich auch geringste Konzentrationen dieser Insektizide in der Umwelt (Boden, Grundwasser) mit der Zeit zu einer

schädlichen Wirkung aufaddieren können. Ferner wurde gezeigt, dass die Druckrey-Küpfmüller-Gleichung gut geeignet ist, um die Dosis-Wirkungsbeziehungen bei den durch Methylquecksilber induzierten neurotoxischen Effekten zu beschreiben [54]. Organische Quecksilberverbindungen sind in der Humanmedizin als vorgeburtlicher Risikofaktor bekannt. Sie beeinträchtigen die Entwicklung des Gehirns. Spuren dieser Verbindungen während der Embryogenese können daher erhebliche Auswirkungen auf die Gesundheit im postnatalen Leben eines Menschen haben.

## Diskussion

Soweit dem Verfasser bekannt, sind Gesetzmäßigkeiten der naturwissenschaftlichen Disziplinen Photometrie und Toxikologie bisher nicht in Verbindung gebracht worden. Dank der *„unreasonable effectiveness of the method of physical analogy“* [nach 9] konnten zuvor nicht untersuchte Ähnlichkeiten zwischen diesen Disziplinen aufgezeigt werden, obwohl beide in der Natur der Phänomene, die sie beschreiben, stark differieren. In dieser Arbeit werden nicht nur formale Analogien beschrieben, sondern auch die historischen Abläufe dargelegt, die in der jeweiligen Disziplin zu diesen Gleichungen geführt haben. Das Bunsen-Roscoe-Gesetz und die Haber'sche Regel entsprechen einander. Das Gleiche ist für das Schwarzschild-Gesetz und die Druckrey-Küpfmüller-Gleichung der Fall. Diese Beziehungen wurden jeweils unabhängig voneinander und zu verschiedenen Zeiten gefunden und formuliert. Sie gelten für unterschiedliche Anwendungsgebiete. Für die Wissenschaftsgeschichte sind die Gesetze Fallbeispiele für parallele Entwicklungen in verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen. Das Schwarzschild-Gesetz wurde zu seiner Zeit von den Astrophysikern rasch akzeptiert. Im Gegensatz dazu wurde unter deutschen Pharmakologen ein jahrelanger erbitterter Streit zu den Konsequenzen der Arbeiten von DRUCKREY und KÜPFMÜLLER geführt.

Die dargestellten Analogien werden durch weitere Ähnlichkeiten gestützt. Die Entwicklung der ‚Gesetze‘ geschah in zwei Schritten. In einer ersten Phase wurden jeweils empirische Reziprozitätsgesetze von BUNSEN/ROSCOE und HABER für ihr Fachgebiet formuliert. Diese erwiesen sich als nicht ausreichend und versagten häufig. Weitere Forschungen waren deshalb notwendig. In einem zweiten Schritt wurden dann generalisierte Potenzgesetze durch SCHWARZSCHILD und DRUCKREY/KÜPFMÜLLER entwickelt. Das war ein wichtiger Fortschritt. Mit den experimentellen Erfahrungen stimmten diese Formulierungen gut überein. Während das Schwarzschild-Gesetz empirisch gefunden und erst viele Jahre später auch mathematisch auf der Basis von Prozess- und Wahrscheinlichkeitsrechnung begründet wurde [55], beruhte die Innovation von DRUCKREY und KÜPFMÜLLER auf einer vorangegangenen mathematischen Analyse des Problems.

In den Beziehungen von SCHWARZSCHILD und DRUCKREY/KÜPFMÜLLER wird die Zeit als Potenzprodukt dargestellt und damit ihre besondere Rolle betont. Es stellte sich heraus, dass die Exponenten  $p$  und  $n$  sehr variable Größen sind. Ihre zahlenmäßige Angabe ist immer nur für gegebene konkrete Verhältnisse möglich. Diese Aussage gilt sowohl in der Photometrie und Strahlenbiologie als auch in der Toxi-

kologie und Kanzerogenese. Die Bezeichnung der Exponenten als ‚*exposure time reinforcement factor*‘ (nach TENNEKES) gibt die Bedeutung der Exponenten zutreffend wieder.

Nachdem die Gesetze in der Photometrie viele Jahre bekannt waren, wäre ein Einfluss auf die Entwicklung entsprechender Beziehungen in der Toxikologie denkbar gewesen. Das war offensichtlich nicht der Fall. Einer der Gründe dürfte die lange Dominanz des Paracelsus-Theorems gewesen sein, das eine Rolle der Zeit nicht vorsah. Zudem gab es keine interdisziplinären Kontakte. Betrachtet man die Akteure, so kann angenommen werden, dass die Chemiker HABER, Wo. OSTWALD und FLURY das Bunsen-Roscoe-Gesetz zwar kannten, aber bis auf HABER, einem Schüler von BUNSEN, eine mögliche Anwendung in der Toxikologie nicht in Erwägung zogen. Zum anderen war es eher unwahrscheinlich, dass die Mediziner CLARK und DRUCKREY, die Biologen WARREN und BLISS sowie der Elektro- und Nachrichtentechniker KÜPFMÜLLER das Bunsen-Roscoe-Gesetz überhaupt kannten. Dasselbe gilt für das Schwarzschild-Gesetz, das vermutlich allen Akteuren unbekannt war. Der gleichnamige Effekt wurde lange als ein Phänomen betrachtet, das nur Astrophysiker und Photographen interessierte. Anders war die Situation bei den Physikern GLOCKER, GRIFFITH und ZIMMER. Diesen Forschern waren die Namen BUNSEN, ROSCOE und vor allem SCHWARZSCHILD ein Begriff. Sie prüften deshalb deren Gesetze bei ihren strahlenbiologischen Untersuchungen.

Nach dem unabhängig von Theodor von GROTHUS (1785-1822) und dem bereits erwähnten John W. DRAPER entdeckten Grothius-Draper-Gesetz der Photometrie kann nur der absorbierte Anteil einfallender elektromagnetischer Strahlung in einer Substanz chemische Veränderungen hervorrufen [56]. Ein durchaus ähnliches Prinzip gilt auch in der Toxikologie. Nur jener Anteil eines toxischen Stoffes kann eine Wirkung hervorrufen, der mit einem biologischen Makromolekül als Rezeptor interagiert. Dabei ist die Konzentration am Rezeptor proportional der Dosis. Somit kann eine weitere Analogie zwischen beiden Disziplinen angenommen werden.

*Zum Abschluss noch einige Bemerkungen zu der in der Einleitung erwähnten Vision von Karl ROZMAN. Als die in dieser Arbeit genannten Beziehungen entwickelt wurden, sollten sie vor allem dem praktischen Bedürfnis nach Berechenbarkeit genügen. Eine einfache Formel diene dafür als leicht zu handhabendes Instrument. Die ihr zugrunde liegenden Zusammenhänge interessierten zunächst nicht oder waren damals nicht auflösbar. Das ist heute anders. ROZMAN faszinierte offensichtlich die Haber'sche Regel mit ihren variierenden Ableitungen und Zusammenhängen. Mit den hier vorgestellten formalen Analogien erweitert sich die Breite der Variationen. Trivial kann das kaum sein. Mathematische Beziehungen, die beispielhaft in der Astrophysik bis zur Technik (Photometrie), in der Chemie bis zu Medizin und Ökologie (Toxikologie) anwendbar sind, reflektieren allgemeine Naturgesetze. „Similarity between the laws of one science and those of another which makes each of them illustrate the other“ (MAXWELL, zitiert bei [9, S.28]). Da erfahrungsgemäß der Transfer von Wissen aus einem Forschungsbereich in einen anderen zur Schaffung neuer Theorien und Paradigmen führt [57], kann mit ROZMAN*

*angenommen werden, dass zukünftig eine generalisierte Theorie der Dosis-Zeit-Beziehungen möglich sein wird.*

## Literatur

- [1] ROZMAN, K. K.; DOULL, J.; HAYES JR, W. J.: Dose and time determining, and other factors influencing, toxicity. In: KRIEGER, R. I. (Hrsg.) *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*. 3. Aufl. Bd. 1. Amsterdam: Elsevier, 2010, S. 3-101.
- [2] ROZMAN, K. K.: Quantitative definition of toxicity: a mathematical description of life and death with dose and time as variables. *Medical Hypotheses* 51 (1998), S. 175-178.
- [3] ROZMAN, K. K.: The foundation of toxicology's dose \* time = constant paradigm in physics. *Open Pharmacolog. J.* 2 (2008), S. 87-88.
- [4] WUNDERLICH, V.: Dosis und Wirkung in der Toxikologie: die Haber'sche Regel und Ableitungen. *BioSpektrum* 25 (2019), S. 584-585.
- [5] STOFF, H.; SCHWERIN, A. von: *Lebensmittelzusatzstoffe. Eine Geschichte gefährlicher Dinge und ihrer Regulierung. 1950-1970. Technikgeschichte* 81 (2014), S. 215-274.
- [6] CREAGER, A. N. H.; GAUDILLIÈRE, J. P.: Introduction. In: Dieselben (Hrsg.): *Risk on the table: food production, health and the environment*. Toronto; New York: Berghahn, 2021, S. 1-26.
- [7] TENNEKES, H. A.: The importance of dose-time-response relationships for hazard identification and limitation of animal experiments. *Open Acc. J. of Toxicol.* 2017;1(5): 555572.  
DOI: 10.19080/OAJT.2017.01.555572 (25.1.2023)
- [8] HENTSCHEL, K.: Die Funktion von Analogien in den Naturwissenschaften, auch in Abgrenzung zu Metaphern und Modellen. *Acta Historica Leopoldina* 56 (2010), 13-66.
- [9] BOKULICH, A.: Maxwell, Helmholtz, and the unreasonable effectiveness of the method of physical analogy. *Stud. Hist. Philos. Sci. Part A.* 50 (2015), S. 28-37.
- [10] STICKER, B.: *Naturam cognosci per analogiam. Das Prinzip der Analogie in der Naturforschung bei Leibniz*. In: Ders.: *Erfahrung und Erkenntnis*. Hildesheim: Gerstenberg, 1976, S. 152-165.
- [11] KAISER, W.: Analogien in Physik und Technik im 19. und 20. Jahrhundert. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 12 (1989), S. 19-34.
- [12] HENTSCHEL, K. (Hrsg.): *Analogien in Naturwissenschaften, Medizin und Technik*. Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsges., 2011.
- [13] BOBERLIN, U.: *Photochemische Untersuchungen von R. Bunsen und H. Roscoe im Vergleich mit den Arbeiten J. W. Drapers und W. C. Wittwers: die Anfänge der quantitativen Photochemie im 19. Jahrhundert*. Berlin: Köster, 1993.
- [14] SCHACHER, S. G.: Bunsen, Robert Wilhelm Eberhard. *Dictionary of scientific biography* 2 (1970), S. 586-590.

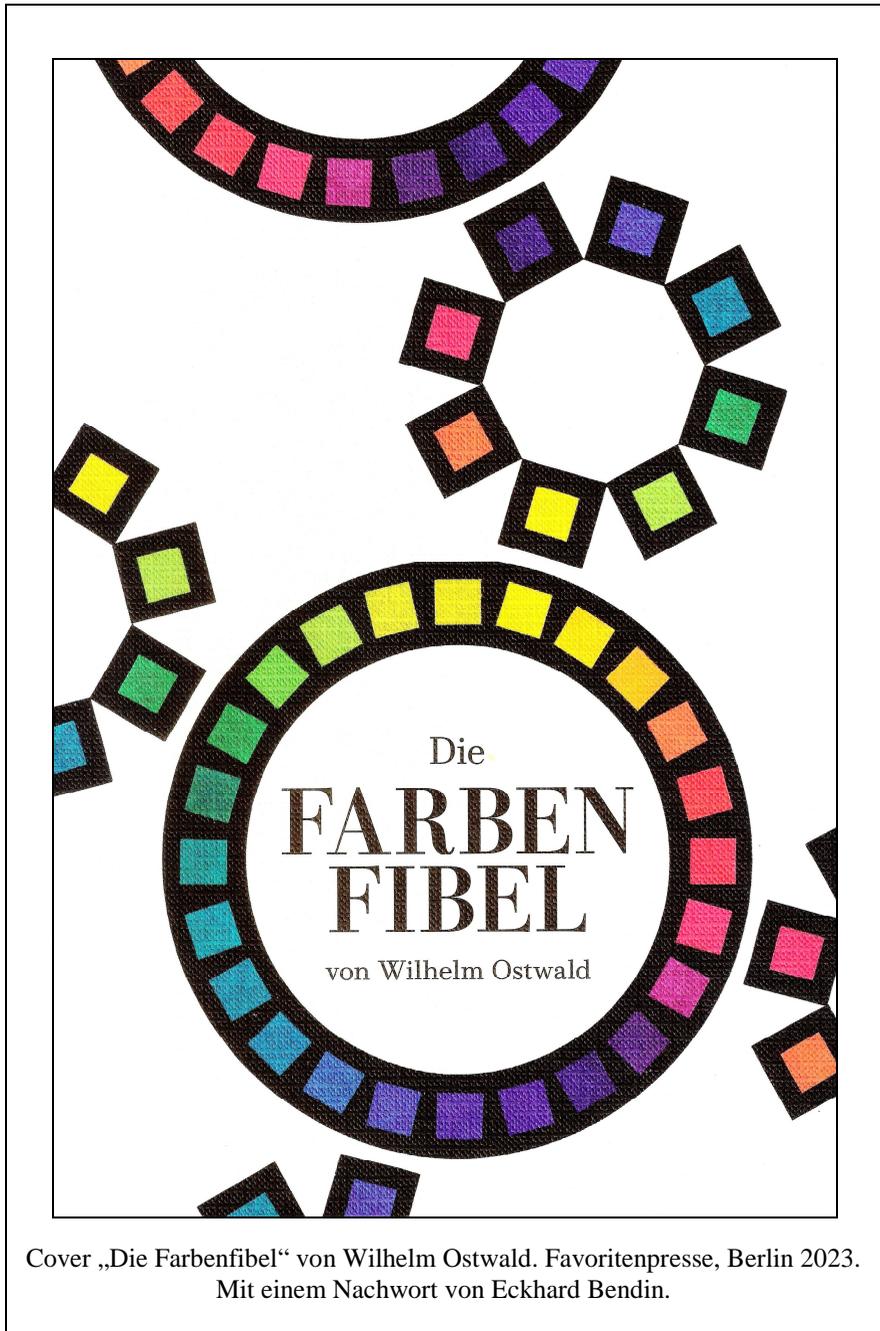
- [15] ANONYMUS: Henry Enfield Roscoe. World Biographical Encyclopedia, 2017. URL: <https://prabook.com/web/henry.roscoe/1720599> (25.1.2023).
- [16] OSTWALD, W. (Hrsg.): Bunsen, R.; Roscoe H. E.: Photochemische Untersuchungen. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Part 1, Bd. 34, Leipzig: Engelmann, 1892.
- [17] BUNSEN, R. W.; Roscoe, H. E.: Photochemical researches. Part V. On the measurement of the chemical action of direct and diffuse sunlight. Proc. Royal Soc. 12 (1862), S. 306-312.
- [18] GOREA, A.: A Refresher of the original Bloch's law paper (Bloch, July 1885). I-Perception 6 (2015). URL: <https://doi.org/10.1177/2041669515593043> (25.1.2023).
- [19] Oxford Reference: Bunsen-Roscoe law. A Dictionary of Psychology. 3<sup>rd</sup> ed., 2009. URL: <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095535611> (25.1.2023).
- [20] SCHOENBERG, E.: Photometrie der Gestirne. In: SCHWARZSCHILD, K.; OPPENHEIM, S.; v. DYCK, W. (Hrsg.): Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. Bd. 6, Teil 2. Wiesbaden: Teubner, 1922, 831-986.
- [21] DIEKE, S. H.: Karl Schwarzschild. Dictionary of scientific biography 12 (1975), S. 247-253.
- [22] REINSCH, K.; WITTMANN, A. D. (Hrsg.) Karl Schwarzschild (1873-1916). Ein Pionier und Wegbereiter der Astrophysik. Göttingen: Universitätsverl., 2017.
- [23] GERTH, E.: Die Arbeiten Karl Schwarzschilds zur photographischen Photometrie der Gestirne und ihre Bedeutung für die Theorie des photographischen Prozesses. Zeitschr. d. Leibniz-Sozietät e.V. Leibniz Online 26 (2017), S. 1-10. URL: <https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2017/02/Gerth.pdf> (25.1.2023).
- [24] SCHWARZSCHILD, K.: On the deviations from the law of reciprocity for bromide of silver gelatine. Astrophysical J. 11 (1900), S. 89-91.
- [25] MARTIN, J. W.; CHIN, J. W.; NGUYEN, T.: Reciprocity law experiments in polymeric photodegradation: a critical review. Progress in Organic Coatings 47 (2003), S. 292-311.
- [26] GLOCKER, R.; LANGENDORFF, H.; REUB, A.: Gesetzmäßigkeit der Zeitfaktorwirkung bei Röntgenbestrahlung. Strahlentherapie 42 (1931), S. 148-156.
- [27] GRIFFITH, H. D.; ZIMMER, K. G.: The time-intensity factor in relation to the genetic effects of radiation. British J. of Radiology 8 (1935), S. 40-47.
- [28] TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, N. W.; ZIMMER, K. G.: Strahlengenetische Zeitfaktorversuche an Drosophila melanogaster. Strahlentherapie 53 (1935), S. 134-138.
- [29] WITSCHI, H.: Some notes on the history of Haber's law. Toxicolog. Sciences 50 (1999), S. 164-168.
- [30] ROZMAN, K. K.: The role of time in toxicology or Haber's c \* t product. Toxicology 149 (2000), S. 35-42.

- [31] WARREN, E.: On the reaction of *Daphnia magna* (Straus) to certain changes in its environment. *Quarterly J. of Microscopical Sciences* 2-43 (1900), S. 199-224.
- [32] OSTWALD, Wo.; DERNOSCHECK, A.: Über die Beziehungen zwischen Adsorption und Giftigkeit. *Z. Chem. u. Ind. Kolloide* 6 (1910), S. 297-307.
- [33] GRANDJEAN, P.: Paracelsus revisited: the dose concept in a complex world. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* 119 (2016), S. 126-32.
- [34] STOLTZENBERG, D.: Fritz Haber: Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude. Weinheim: Wiley-VCH, 1994.
- [35] SZÖLLÖSI-JANZE, M.: The scientist as expert: Fritz Haber and German chemical warfare during the First World War and Beyond. In: FRIEDRICH, B.; HOFFMANN, D.; RENN, J. et al. (Hrsg.): One hundred years of chemical warfare: research, deployment, consequences. Cham: Springer, 2017, S. 11-23. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-51664-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-51664-6_2) (25.1.2023).
- [36] FLURY, F.: Über Kampfgasvergiftungen. I. Über Reizgase. *Z. Ges. Exp. Med.* 13 (1921), S. 1-5.
- [37] HABER, F.: Geschichte des Gaskriegs. In: DERS.: Fünf Vorträge aus den Jahren 1920-23. Berlin: Springer, 1924, S. 76-92.
- [38] CLARK, A. J.: General pharmacology. In: Heffter's Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Erg.-Werk Bd. 4. Berlin: Springer, 1937, S. 123-142 (Reprint 1970).
- [39] VERNEY, E. B.; BARCROFT, J.: A. J. Clark. Obituary notices of fellows of the Royal Society 3 (1941), S. 969-984.
- [40] BLISS, C. I.: The relation between exposure time, concentration and toxicity in experiments on insecticides. *Ann. Entomolog. Soc. Am.* 33 (1940), S. 721-766.
- [41] WUNDERLICH, V.: Zur Entstehungsgeschichte der Druckrey-Küpfmüller-Schriften (1948-1949): Dosis und Wirkung bei krebserzeugenden Stoffen. *Med. hist. J.* 40 (2005), S. 369-397.
- [42] HAGENAUER, J.; PABST, M.: Anpassung, Unbotmäßigkeit und Widerstand. Karl Küpfmüller, Hans Piloty, Hans Ferdinand Mayer. Drei Wissenschaftler der Nachrichtentechnik im "Dritten Reich". *Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Kl., N.F.* München: Beck 178 (2014), S.1-111.
- [43] WUNDERLICH, V.: „Mit Papier, Bleistift und Rechenschieber“: Der Krebsforscher Hermann Druckrey im Internierungslager Hammelburg (1946-1947). *Medizinhist. J.* 43 (2008), S. 327-343.
- [44] DRUCKREY, H.; KÜPFMÜLLER, K.: Quantitative Analyse der Krebsentstehung. *Z. f. Naturforschung* 3b (1948), S. 254-266.
- [45] DRUCKREY, H.; KÜPFMÜLLER, K.: Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie. Freiburg i. Br: Editio Cantor, 1949 (Nachdr. 1985).
- [46] MAEHLE, A.-H.: Historische Grundlagen des Rezeptor-Konzepts in der Pharmakologie. *Gesnerus* 61 (2004), S. 57-76.

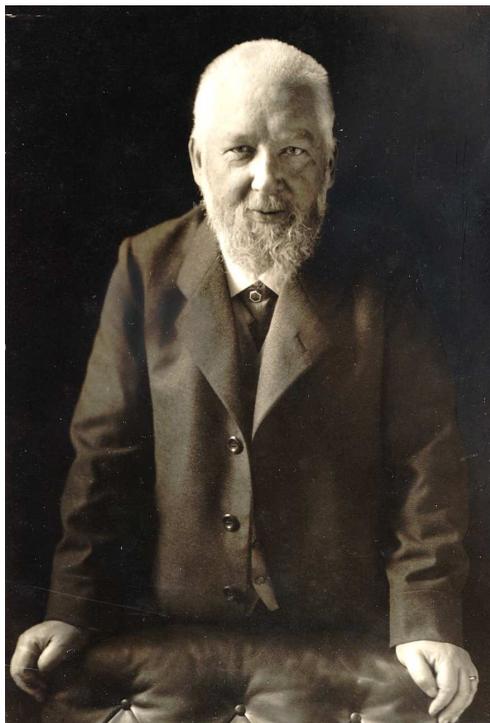
- [47] TENNEKES, H. A.: The significance of the Druckrey-Küpfmüller equation for risk assessment – the toxicity of neonicotinoid insecticides to arthropods is reinforced by exposure time. *Toxicology* 276 (2010), S. 1-14.
- [48] STOFF, H.: Summationsgifte. Zum Evidenzproblem einer Pharmakologie krebserregender Substanzen in den 1950er Jahren. In: MOSER, G.; STÖCKEL, S.; KUHN, J. (Hrsg.): *Die statistische Transformation der Erfahrung. Beiträge zur Geschichte des Evidenzdenkens in der Medizin*. Freiburg: Centaurus, 2012, S. 33-62.
- [49] MILLER, F. J.; SCHLOSSER, P. M.; JANSZEN, D.: Haber's rule: a special case in a family of curves relating concentration and duration of exposure to a fixed level of response for a given endpoint. *Toxicology* 149 (2000), S. 21-34.
- [50] HUG, O.; KELLERER, A.; ZUPPINGER, A.: Der Zeitfaktor. In: ZUPPINGER, A. (Hrsg.): *Handbuch der Medizinischen Radiologie. Strahlenbiologie*. Bd. 2 /1. Berlin, Heidelberg: Springer, 1966, S. 271-354.
- [51] *Lexikon der Physik: Zeitfaktor*, 1998.  
URL:<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/zeitfaktor/15774> (25.1.2023).
- [52] DRUCKREY, H.; SCHILDBACH, A.; SCHMÄHL, D. et al.: Quantitative analysis of the carcinogenic effect of diethylnitrosamine. *Arzneimittelforschung* 13 (1963), S. 841-851.
- [53] TENNEKES, H. A.; SÁNCHEZ-BAYO, F.: The molecular basis of simple relationships between exposure concentration and toxic effects with time. *Toxicology* 309 (2013), S. 39-51.
- [54] PLETZ, J.; SÁNCHEZ-BAYO, F.; TENNEKES, H. A.: Dose-response analysis indicating time-dependent neurotoxicity caused by organic and inorganic mercury-implications for toxic effects in the developing brain. *Toxicology* Bde. 347-349 (2016), S. 1-5.
- [55] GERTH, E.: Analytische Herleitung des Schwarzschild'schen Schwärzungsgesetzes aus der Belichtungsmatrix. *J. Signal. AM* 2 (1974), S. 367-384. Nachdruck in: URL: <http://www.ewald-gerth.de/45.pdf> (25.1.2023).
- [56] Oxford Reference: Grothuss-Draper law. *A dictionary of chemistry*. 7<sup>th</sup> ed. 2016. URL:  
<https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780198722823.001.0001/acref-9780198722823-e-1945> (25.1.2023).
- [57] POPOVA, E.; POPOV, V. J.: Die Rolle von Analogien und Exaptation in der Wissenschaftsgeschichte: Coulomb-Hertz-Griffiths-JKR\*. *Tribologie und Schmierungstechnik* 65 (2018), S. 38-43.

## Danksagung

Dem Astrophysiker Ewald GERTH † (Potsdam) danke ich für wertvolle Diskussionen sowie der Toxikologin Julia PLETZ (Basel), dem Physikochemiker Volker RIIS (Leipzig) und dem Wissenschaftshistoriker Heiko STOFF (Hannover) für die kritische Durchsicht des Manuskripts.



Cover „Die Farbenfibel“ von Wilhelm Ostwald. Favoritenpresse, Berlin 2023.  
Mit einem Nachwort von Eckhard Bendin.



Wilhelm Ostwald 1928

## Ostwalds Farbenfibel als Strukturschlüssel der Farbe und Meilenstein der Farbenlehre

Nachdruck des Nachwortes, mit freundlicher Genehmigung des Verlages aus: „Die Farbenfibel“ von Wilhelm Ostwald. Favoritenpresse, Berlin 2023, S. 55-69.

Eckhard Bendin

Wilhelm Ostwald, einer der vielseitigsten und produktivsten deutschen Naturwissenschaftler des 19. und 20. Jahrhunderts<sup>1</sup>, verfasste 1916 - zurückgezogen als freier Forscher auf seinem Landsitz „Energie“ in Großbothen bei Leipzig - eine Schrift mit dem programmatischen Titel ‚Farbenfibel‘. Sie umfasst etwas weniger als 50 Seiten, auf denen der damals 64-Jährige eine allgemeinverständliche Darstellung seiner in ihm lange bereits keimenden<sup>2</sup>, ab 1911 aber zunehmend experimentell begründeten „*allgemeinen Bearbeitung der Farbenlehre*“<sup>3</sup> in didaktisch vorbildlicher Weise entworfen hat. Als populärwissenschaftliche Einführung bildete sie den Auftakt zu einer umfangreich geplanten neuen Farbenlehre, deren wissenschaftliche Abhandlungen und Kartenwerke in den Folgejahren wie am Fließband erschienen.

Er betrachtete jene Arbeiten als „*Spätlingsfrucht*“ seiner in früher Kindheit bereits entwickelten Erlebnisfähigkeit als ‚Augenmensch‘ mit stetigen Malversuchen in den Ferien und auf Reisen sowie fortgesetzter Beschäftigung mit der Praxis und Theorie der Malerei.<sup>4</sup> Die Resultate seiner ab 1914 intensivierten Arbeiten an der neuen Farbenlehre erschienen ihm mit zunehmenden Alter immer wichtiger und schließlich als das Wertvollste und Zukunftsweisende seines gesamten Schaffens.<sup>5</sup>

Ostwalds Tochter Grete<sup>6</sup>, mit der Ostwald zeitlebens durch oft gemeinsame Malübungen eng verbunden war, erinnerte 1953 in ihrer Hommage zum 100. Geburtstag ihres Vaters<sup>7</sup> an die bedrückenden Jahre des Ersten Weltkrieges, in denen eine der prägnantesten Schriften der Farbenlehre entstehen sollte: „*Ich weiß nicht, wie*

<sup>1</sup> Wilhelm Ostwald (1853-1932), Philosoph, Naturwissenschaftler, Wissenschaftstheoretiker u. -organisator, Gründer u. Herausgeber, Ordinarius für Physikalische Chemie 1887-1906 in Leipzig, erster deutscher Austauschprofessor 1905 in Cambridge, danach freier Forscher in Großbothen/b. Lpz., 1909 Nobelpreis für Chemie (Katalyse)

<sup>2</sup> Ostwald, Wilhelm: *Lebenslinien - Eine Selbstbiographie*. Nach der Ausgabe v. 1926/27 überarb. u. komment. von Karl Hansel. Leipzig: Verlag d. Sächsischen Akademie d. Wissenschaften zu Leipzig, 2003, S. 402 (Anregung zur Farbenlehre) Anm: Begegnung mit A. H. Munsell 1905 in Cambridge als Austauschprofessor

<sup>3</sup> Ebenda, S. 545 (Neue Arbeit)

<sup>4</sup> Zwischen 1903 und 1912 erschienen von Ostwald bereits zahlreiche Beiträge zur Theorie und Praxis der Malerei, z.B.: *Malerbriefe*. Leipzig, Hirzel 1904, 164 S.

<sup>5</sup> Wie Fußnote 2, S. 571/572 (Summa)

<sup>6</sup> Margarethe Mathilde Ostwald (1882-1960), älteste Tochter Wilhelm Ostwalds, genannt Grete, akadem. Malerin, verwaltete nach Ostwalds Tod den Nachlass und war der Farbenlehre besonders verbunden, siehe auch: Oehme, Wolfgang: *Grete Ostwald - Ein Blick auf ihr Leben*. In: *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V.* 27. Jg. 2022, Heft 2, S. 21-41

<sup>7</sup> Ostwald, Grete: *Wilhelm Ostwald - Mein Vater*. Stuttgart: Berliner Union, 1953, S. 175

*mein Vater diese traurigen Jahre überstanden hätte, wenn ihn nicht die unverkennbare Werte schaffende Arbeit an der Farbenlehre so ausgefüllt und mit weiten Horizonten gefüllt hätte.“*

Die Farbenfibel hatte Ostwald wohl auch als Begleitinstrument zum ‚Farbenatlas‘ entworfen, den er 1911 bereits programmatisch mit der Gründung der „Brücke“ (Internationales Institut der Organisation geistiger Arbeit)<sup>8</sup> ins Auge gefasst hatte. Im Industriezeitalter rückte zunehmend auch der Reproduktionsgedanke ins allgemeine Bewusstsein und in dieser Absicht schloss sich Ostwald 1912 auch dem Deutschen Werkbund an, der ebenfalls die „Herstellung einer vollständigen praktischen Farbkarte“ anstrebte.<sup>9</sup>

Dazu entwickelte sich in den Folgejahren ein Wettbewerb mit dem im sächsischen Aue/Erzgeb. ansässigen Farbkartenhersteller Paul Baumann, der 1912 in Gemeinschaft mit Otto Prase<sup>10</sup> bereits eine für damalige Verhältnisse vorbildliche Farbkarte herausgebracht hatte.<sup>11</sup> Diese Karte war 1914 auf der Werkbundtagung in Köln durch den mit der Sichtung praktikabler Kartenwerke für Industrie und Gewerbe beauftragten Textilchemiker Paul Kraus<sup>12</sup> bereits zur allgemeinen Anwendung empfohlen worden. Da sich in Köln jedoch Ostwald und Kraus begegneten, entstand die Absicht zu einer Gemeinschaftsarbeit an einem verbesserten Farbenatlas, was der Kriegsausbruch jedoch zunächst vereitelte.

Ostwald übernahm nun allein hierzu jede Anstrengung und setzte mit der Herausgabe seiner Farbenfibel nicht nur ein erstes Zeichen, sondern schuf damit während des Krieges auch ein beachtliches Zeugnis Leipziger Buchgeschichte.<sup>13</sup> Die kleine Lehrschrift wurde bereits zu Ostwalds Lebzeiten ein Bestseller mit 15 Auflagen. Alle Ausgaben zwischen 1917 und 1930 erschienen in dem von ihm gegründeten Leipziger Verlag Unesma GmbH. Den Druck, den Einband sowie das Einkleben der zahlreichen durchgefärbten, gestanzten Farbmuster besorgten die ebenda ansässige Buchdruckerei O. Spamer und die Buchbinderei E. O. Friedrich. Eine 16., unveränderte Auflage kam schließlich noch während des Zweiten Weltkrieges hinzu. Sie erschien 1944 in dem nunmehr aber in Berlin ansässigen Verlag.

Das Faszinierende an Ostwalds Schrift erwächst nicht nur aus seiner konsequenten Auffassung von Farbe als das Bestimmende unserer Gesichtsempfindungen

<sup>8</sup> Ostwald, Wilhelm: Die Brücke. Ansbach: Seybold 1911, S.11

<sup>9</sup> Wie Fußnote 2: Ostwald, Lebenslinien. S. 545 (Neue Arbeit)

<sup>10</sup> Paul Baumann (1869-1961), Malermeister und Farbkartenhersteller; Otto Prase (1874-1956), Malermeister und Farbsystematiker, bei Baumann 1911 angestellt als Produktionsleiter, entwarf bereits 1909 Grundzüge einer Farbtonordnung und Benennung (veröffentl. in ‚Die Mappe‘ Bd. 30 (1910) Hefte 18 - 22

<sup>11</sup> Baumanns Neue Farbtonkarte – System Prase. Aue/Sa. 1912

<sup>12</sup> Paul Kraus, Textilchemiker (1866-1939), Autor einer zweibändigen „Materialkunde“ im Auftrag des Deutschen Werkbundes, ab 1926 Leiter der Werkstelle für Farbkunde in Dresden

<sup>13</sup> Pohlmann, Albrecht: Zwischen „ABC-Buch der Farbe“ und „Farbenkommunismus“. Einhundert Jahre Wilhelm Ostwalds Farbenfibel. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 23. Jg, 2018, Heft 1, S. 8-25 Anm.: Pohlmann schildert hier nicht nur Umstände der Entstehungsgeschichte, sondern vermittelt wohl erstmals überblickartig und ebenso detailliert Einblicke in Inhalt und Gestaltung der Schrift sowie deren Rezeption und Nachwirkung.

## Farbenfibel und Farbkörper

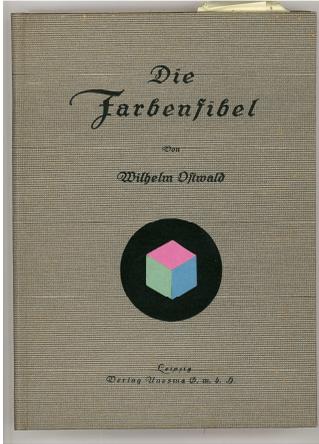


Bild 2

**Bild 2:** Cover der Erstausgabe von 1917 (Sammlung Farbenlehre der TU Dresden Nachlass Terstiege)

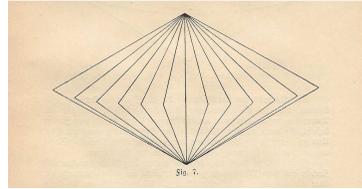


Bild 3

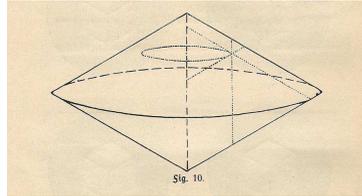


Bild 4

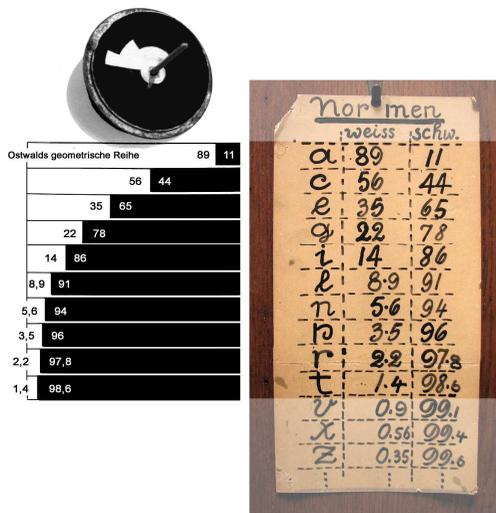
**Bild 3 und 4:** Ostwalds Darstellungen des Farbkörpers mit erweiterter Darstellung zum ‚Ringstern‘ in der 10. Auflage der Farbenfibel von 1924



Bild 5

**Bild 5:** Der Doppelkegel Wilhelm Ostwalds Nachbau des Doppelkegels von 1923 unter der Verwendung der originalen Holzspindel u. genormter Farbaufstriche. Unikat aus dem Nachlass des Kunstpädagogen Rudolf Rausendorf, Leisnig/Sa., o.J. (Sammlung Farbenlehre der TU Dresden, Nachlass Rausendorf)

## Von der Graureihe zum Farbkörper



**Bild 6-8:** Kreismischung zur Ermittlung der Weiß- und Schwarzanteile der Graureihe mit Ostwalds Labortafel. darunter: Achtstufige Meßleiter nach Ostwald (Muster-Schmidt Verlag Göttingen) (Collage Bendin 2010)

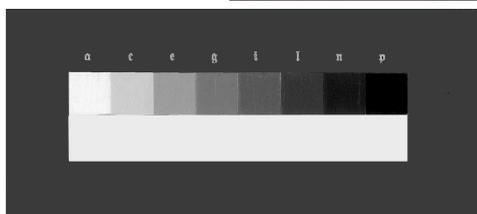


Bild 8

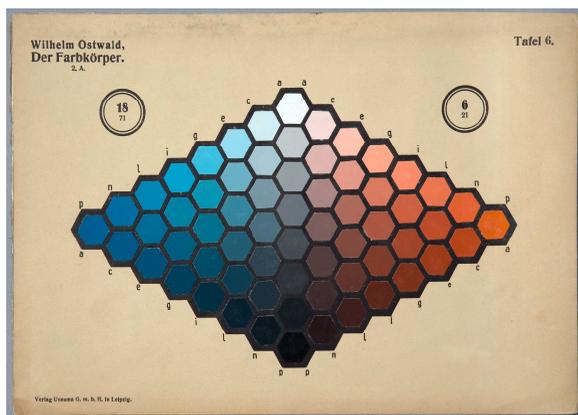


Bild 9

**Bild 9:** Schnittfläche durch Ostwalds Doppelkegel als achtstufige Tafel 6 seines ‚Farbkörpers‘. Leipzig Unesma 1919 (Bendin 2010, S. 193)

und somit als Gegenstand der Wahrnehmungspsychologie mit daraus folgenden Vorstellungen zur Ordnung und Beziehung der Farben, sondern auch aus Ostwalds Fähigkeit zu begrifflicher Prägnanz durch Reduktion und Klarheit, gepaart mit didaktisch meisterlicher Aufbereitung im Dienste praktischer Anschauung.

Seine Erkenntnis „*Was kann es Anschaulicheres geben, als das, was unser Auge ständig erfüllt, die Farbe?*“<sup>14</sup> beflügelte ihn, für den Normalfall unserer lebensweltlichen Farberfahrung, dem alltäglichen Umgang mit „bezogenen“ Farbeindrücken in unserem Gesichtsfeld, also den „*Farben der Gegenstände in unserer Umgebung, die durch die Verhältnisse der Lichtzurückwerfung (Remission) bestimmt werden*“<sup>15</sup>, quantitative Urteilskriterien zu finden, um den damals noch vorliegenden „*Mangel an Zahl und Maß*“<sup>16</sup> zu beheben.

Von Beginn an befolgt Ostwald den pädagogischen Grundsatz ‚Vom Einfachen zum Verwickelten‘ und grenzte zunächst in seiner Beschränkung auf die ‚bezogenen‘ Farben den Begriff ‚Farbe‘ von ‚Farbstoffen‘ und ‚Licht‘ ab, erklärt dann alle „*unbunten*“<sup>17</sup> Gesichtsempfindungen zu „*unbunten Farben*“ und legt die Klassifikation in „*unbunt und bunt*“ allen weiteren Bemühungen zugrunde. Zuerst ordnet er die unbunten Farben zu einer eindimensionalen geometrischen Reihe zwischen Weiß und Schwarz nach dem alleinigen Kriterium der ‚Helligkeit‘. Auf dieser Grundlage charakterisiert und ordnet er dann die Mannigfaltigkeit der ‚bunten Farben‘ in der Dreifaltigkeit seiner visuellen Kriterien „*Farbton, Weiß und Schwarz*“. Ostwald leitet schöpferisch aus dem Terminus Farbton den der „*Vollfarbe*“ ab (als Farbton ohne unbunte Anteile), wobei er davon ausging, dass alle wirklich vorkommenden Farben neben der Vollfarbe auch unbunte Anteile von Schwarz und Weiß enthalten.<sup>18</sup>

Obwohl die von Ostwald eingehend studierten historischen Vorarbeiten zur Farbenlehre - namentlich die von Goethe (zur Polarität und den Gegenfarben), Runge (zur Farbkugel) u. Schopenhauer (zur qualitativ geteilten Tätigkeit der Retina), sowie von Weber u. Fechner (zur Reiz-Empfindungs-Relation, Stetigkeit und Schwelle), Helmholtz und dessen Schüler Rood (zu den Koordinaten Farbton, Reinheit und Helligkeit), Wundt (zu dessen Stufenmodell der achromatischen und chromatische Erregung), Maxwell (zu dessen Kreisversuchen) und Hering (zu dessen Lehre vom Lichtsinn), ebenso die von ihm anregend empfundene Begegnung 1905 mit A. H. Munsell in Amerika und ein durch Vermittlung von Paul Kraus 1915 in Großbothen zustande gekommener persönlicher Austausch mit Otto Prase, dem Schöpfer der Baumann-Prase-Farbtonkarte - verschiedenartig starken Einfluss auf die Erkenntnisse Ostwalds hatten, vermeidet er in der Farbenfibel im

<sup>14</sup> Wie Fußnote 2, S. 549 (Das Problem der Farbordnung)

<sup>15</sup> Wie Fußnote 2, S. 555 (Bezogene und unbezogene Farben) Anm: O. bezeichnet deren Unterscheidung als „schöpferische Begriffsbildung“

<sup>16</sup> Wie Fußnote 2, S. 548 (Die Malerbriefe)

<sup>17</sup> Ostwald, Wilhelm: Die Farbenfibel. Leipzig: Unesma, 1917, S. 1 (Einleitung), Anm.: Die Klassifikation in „unbunte und bunte Farben“ wählte O. ebenfalls im schöpferischen Sinne, obwohl der Terminus „bunt“ allgemein umgangssprachlich mehrdeutig erscheint. O. wollte damit aber deutlich machen, „*dass alle Gesichtsempfindungen unmittelbar aus Farben bestehen*“

<sup>18</sup> Wie Fußnote 17, S.12 (Die bunten Farben. Der Farbton)

Interesse der Einfachheit und Fasslichkeit jeden historischen Bezug und behält den Lesern verunsichernde Alternativen und Diskurse vor.<sup>19</sup>

Beim verwickelten Problem der visuellen Wertanteile ‚bunter Farben‘ verhalf ihm dazu seine methodische Konzentration auf das „*Prinzip des ausgezeichneten Falles*“<sup>20</sup> und die Suche der „*ausgezeichneten Fälle*“ mittels farbiger Filter zur Bestimmung der im visuellen Eindruck jeweils empfundenen Anteile von Schwarz (s), Weiß (w) und Vollfarbe (v) gemäß seiner Summenformel:  $v + w + s = 100$ .<sup>21</sup> Als führender Vertreter des Monismus und in seiner philosophischen Grundhaltung der Einheit von Physischem und Psychischem sah Ostwald im „*Vertrauen in die Rationalität und auf die prinzipielle Erkennbarkeit der Welt*“<sup>22</sup> die jeweils ‚ausgezeichneten Fälle‘ als maßgeblich und hinreichend für strukturelle Projektionen an, auch interpretierbar als „*Zwangshandlungen unter dem Einfluss der Gesamtnatur*“.<sup>23</sup> Hierzu zählte Ostwald auch die Leistungen des menschlichen Geistes und entschied sich bewußt für gleichseitige farbtongleiche Dreiecke als ‚ausgezeichnete‘ Fälle und den daraus resultierendem Doppelkegel als allseits durch Symmetrie ‚ausgezeichneten‘ Farbkörper (unter Vernachlässigung der verschiedenen Hellbezugswerte der Vollfarben).

Nicht zuletzt auch deshalb erscheint uns heute seine Farbenfibel als prägnantes, methodisch gewonnenes Substrat programmatischer Natur und als markanter Meilenstein auf dem historisch langen Weg zwischen den zahlreich überkommenen, oft verwickelten, altherwürdigen Überlieferungen von der Antike bis zur Gegenwart.

In die heutige Lebenswelt greift bereits künstliche Intelligenz (KI) ein und beschleunigt neue wissenschaftliche, technische und kulturelle Herausforderungen. Für Ostwald, der sich als Wissenschaftler zu den ‚Romantikern‘ mit vorausschauenden Talenten zählte, wäre dies sicher eine späte Genugtuung, denn er vertraute auf die mit technischen Innovationen stets einhergehenden Bestätigungen rationaler Grundlagen wissenschaftlicher Bemühungen. Auch wenn uns heute im Computerzeitalter mit Monitoren und Druckern in jedem Haushalt die farbgenerierenden Parameter RGB, CMYK und Lab und HLC geläufiger geworden sind als Ostwalds psychophysische Bestimmungsgrößen s, w und v, war sein fundamentaler ordnungswissenschaftlicher Ansatz für die quantitative, messende Farbenlehre im

---

<sup>19</sup> Ostwald erwähnt diese Bezüge jeweils erst in den fachlichen Kontexten seiner nachfolgender Bücher zur Farbenlehre sowie in seiner Selbstbiografie ‚*Lebenslinien*‘ (s. Fußnote 2), in der er allerdings jeglichen Hinweis auf die konkurrierenden Farbkartenhersteller Paul Baumann und Otto Prase vermissen lässt.

<sup>20</sup> Wie Fußnote 2, S. 559/560 (Was ist ein ausgezeichneter Fall?/ Der ausgezeichnete Fall bei den Farben)

<sup>21</sup> Wie Fußnote 17, S. 28

<sup>22</sup> Lang, Heinwig: Grundsätzliches zur messenden Farbenlehre - Ein neuer Blick auf Ostwalds Verfahren der Farbmessung. In: Bendin, Eckhard (Hrsg./Bearb.) *Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre W. Ostwalds. Dokumentation zum 100. Geburtstag*. Dresden, Großbothen, Düsseldorf: Phänomen Farbe 2003, S. 8-13

<sup>23</sup> Ebenda, S. 12, siehe auch: Ostwald, Wilhelm: *Zur Energetik der Psyche*. Unveröff. Manuskript aus d. Ostwald-NL 4519, S. 12

### Zu Struktur und Funktion des farbtongleichen Dreiecks

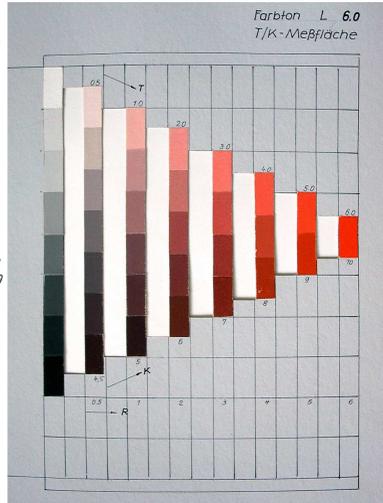
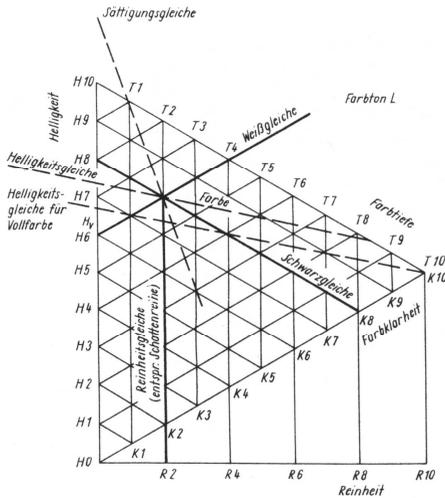


Bild 10

**Bild 10:** Dreiecksschema und achtstufige Meßfläche L 6.0/LTK zum Entwurf der Farbtonkarte „Neues Ostwald System“ (Manfred Adam u.a.,1971) (Bendin 2010, S. 192)

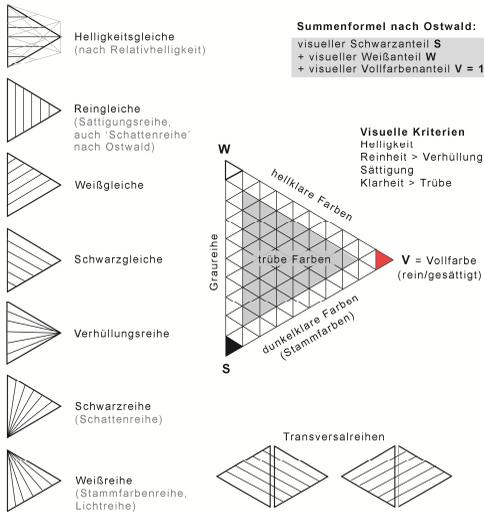


Bild 11

**Bild 11:** Klassifikation der qualitativen Beziehungen im Dreieck nach Ostwald 1917, Adam 1971 und Zeugner 1992 (Bendin 2010, S. 193)

## Zu analogen Weiterentwicklungen



Bild 12

**Bild 12:** Aemilius Müller: Farbtafel zum Textheft „Ästhetik der Farbe“ (Schweizer Schulfarbenatlas 1946, Chromos Verlag Wintherthur CH) und sein 60-teiliger Farbkreis (Colage Bendin 2009, S. 27)

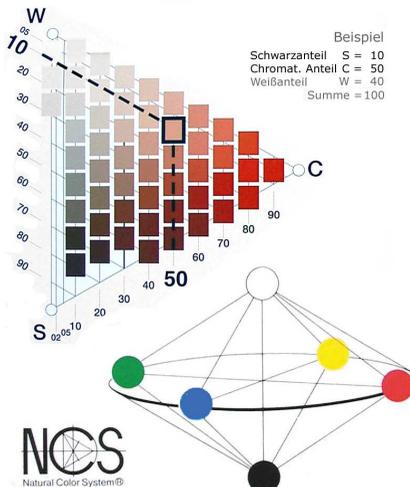


Bild 13

**Bild 13:** Analoges Dreiecksprinzip und Körperschema des Natural Color Systems nach Anders Hård 1964, Schwedischer Standard ab 1978 (Colage Bendin 2009, S. 27)

Dienste der Reproduktionserfordernisse wegweisend. Heute finden wir in fast jedem Farbatlas Ostwalds Prinzipien wieder: eine gestufte Graureihe, farbtongleiche Dreiecke mit Reihen aus hellklaren, dunkelklaren und trüben Farben sowie Farbtonkreise in Vollfarbenqualität, die gleichabständig organisiert sind.

Durch Weiterentwicklung der Farbmessung sind andere Parameter an die Stelle der Ostwald'schen getreten. Das von ihm für die Schwarz- u. Weißbestimmung der bunten Farben angewendete Filterverfahren geriet bald in die Kritik<sup>24</sup> und noch kurz vor seinem Tod führte die Internationale Beleuchtungskommission CIE ein Normvalenzsystem mit den Tristimuli XYZ (*CIE 1931*) ein, das auf standardisierten Farbgleichs-Versuchen normalsichtiger Personen (Beobachtern) beruhte und schließlich zum CIELAB-Farbraum führte.

Die zu seinen Lebzeiten oft noch fruchtlosen Bemühungen um eine stärkere Hinwendung zur empirisch-experimentellen Psychophysik und einer ‚Ästhetik von unten‘ im Sinne Gustav Theodor Fechners<sup>25</sup> - oder wie Ostwald es nennt - zu einer „*Psychologie als rationelle Wissenschaft*“ mit einhergehender Beförderung auch einer „*Verwissenschaftlichung der Kunst*“<sup>26</sup> haben sich inzwischen wie von selbst aus den zahlreichen technologischen Erfordernissen medialer Reproduktionstechniken (Druck-, Foto-, Film-, TV-, Computer- u. Animationstechnik) als fruchtbar erwiesen. Auch seine frühe Vision einer neuen ‚Farbkunst‘ und ‚Zeitlichtkunst‘<sup>27</sup> verwirklichte sich zunehmend in künstlerischen Konzepten.<sup>28</sup>

Die eingetretene Entwicklung bestätigt auch Ostwalds hohe Wertschätzung der Goethe'schen Vorleistungen, die jener 100 Jahre zuvor mit seiner Farbenlehre als fundamentale Wissenschaftskritik eingebracht hatte, insbesondere aber dessen Erkenntnis, dass nur das Gesetz uns Freiheit geben könne.<sup>29</sup> So wie für Ostwald das ‚Fechnersche Gesetz‘ die Struktur der gefundenen Graureihe und aller farbtongleichen Dreiecke bestimmte, legte er das ‚Goethesche Gesetz‘ seiner Harmonielehre zugrunde, die er ab 1920 auch in seine Farbenfibel mit dem Hauptsatz „*Harmonie = Ordnung*“<sup>30</sup> einführte<sup>30</sup>, den er im farbtongleichen Dreieck mit seinen

<sup>24</sup> Klughardt, August / Richter, Manfred: Über die Gültigkeit des Ordnungsprinzips und der Farbmeßtechnik nach Ostwald. Berlin: Elsner 1933, siehe auch: Lang, Heinwig: Grundsätzliches zur messenden Farbenlehre - Ein neuer Blick auf Ostwalds Verfahren der Farbmessung. In: Bendin, Eckhard (Hrsg./Bearb.) *Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Dokumentation zum 100. Geburtstag.* Dresden, Großbothen, Düsseldorf: Phänomen Farbe 2003, S. 8-13

<sup>25</sup> Fechner, Gustav Theodor: *Vorschule der Ästhetik.* Leipzig: Breitkopf u. Härtel 1876

<sup>26</sup> Ostwald, Wilhelm: *Lebenslinien - Eine Selbstbiographie.* Nach der Ausgabe v. 1926/27 überarb. u. komment. von Karl Hansel. Leipzig: Verlag d. Sächsischen Akademie d. Wissenschaften zu Leipzig, 2003, S. 400

<sup>27</sup> Ostwald, Wilhelm: Die Geburtsstunde der Farbkunst. In *Die Farbe*, Nr. 3, Leipzig; Unesma 1921

<sup>28</sup> Bendin, Eckhard: Nachhaltige Impulse für Farbwissenschaft und Farbkunst. In Scheurmann, K. (Hg.) *color continuo 1810...2010...System und Kunst der Farbe.* S.18-31, siehe auch ebenda S.78-89: Bendin, Eckhard, *Konzeptionelle Wege – Generalbass und Instrumentar für eine neue Farbkunst.* > Dazu auch grundlegende Aufarbeitungen von Pohlmann, Albrecht (2004 u. 2009)

<sup>29</sup> Ostwald bezieht sich auf Goethes Sentenz „...*In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister, und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben.*“ (Sonett, um 1800)

<sup>30</sup> Ostwald, Wilhelm: *Die Farbenfibel.* Leipzig: Verlag Unesma G.m.b.H. 1920 (4. bis 5. Aufl.), Sechster Abschnitt: *Die Harmonie der Farben, Das Grundgesetz.*

spezifischen Reihen und den wertgleichen Farbkreisen verwirklicht sah. Der in späteren Auflagen am Schluss auch eingeführte Begriff des „Ringstern“ bezeichnete gesetzmäßige Zusammensetzungen aus wertgleichen Kreisen und den ihnen sternförmig zugehörigen Reihen der Rein-, Weiß- u. Schwarzgleichen.

Obwohl Ostwald - in jungen Jahren in Dorpat als Assistent von Arthur von Oettingen in dessen Harmonielehre eingewiesen - über solide Kenntnisse im Reich der Harmonik verfügte<sup>31</sup> und sich stets gern auch als Bratschist kammermusikalisch betätigte, wurden gerade jene ästhetisch-harmonikalen Schlussfolgerungen im Reich der Farben aber von Teilen der Künstlerschaft und Kunstpädagogen als einengend empfunden und vehement abgelehnt. Erhärtet noch durch seine zahlreich nachgelegten Publikationen und Normungsabsichten: Farbenatlas 1917, Harmonie der Farben und Mathetische Farbenlehre 1918, Farbnormen-Atlas 1919, Farborgeln 1919 u. 1920, Harmonielehre, Farben- und Formenlehre sowie Harmothek 1926, führte dies sowohl im Deutschen Werkbund als auch im Bauhaus zunehmend zur Polarisierung und polemisch aufgeladenen Fraktionierung für und gegen Ostwald. Obwohl der mit Ostwald befreundete Walter Gropius zu den Befürwortern am Bauhaus zählte, formierte sich eine zahlreiche Gegnerschaft um Johannes Itten, im Verbund mit dessen einflußreichem Lehrer Adolf Hölzel.

Die neuen Vorschläge des erklärten Bildungsreformers erhielten aber auch viel Zustimmung, sowohl von Naturwissenschaftlern als auch Gestaltern und Reformpädagogen. Beispielsweise lobte der Chemiker H. E. Fierz-David<sup>32</sup> als einer der ersten Rezensenten 1917 in der Neuen Züricher Zeitung die Farbenfibel als geniale Leistung: „Die Einfachheit und Selbstverständlichkeit, mit der Ostwald hier ein schwieriges und teilweise noch ganz unabgeklärtes Problem behandelt, macht das Geniale seiner Arbeit aus.“, und der Maler und Gestalter Vilmos Huszar<sup>33</sup> anerkennt Ostwalds Leistung 1918 in ‚De Stijl‘: „Es ist das ABC-Buch der Farbe, in dem alles über Farbe so wissenschaftlich und exakt wie möglich“ in ebenso einfachen wie klaren Begriffen definiert wurde. Weitergehende Einblicke in Rezeption und Nachwirkung, ebenso zu Inhalt und Entstehungsgeschichte der Farbenfibel, verdanken wir einer fundierten Würdigung durch Albrecht Pohlmann 2018.<sup>34</sup>

Ein besonderer Kritikpunkt war stets auch die fehlende Ausgewogenheit des Ostwald’schen Farbtonkreises, nicht nur, weil er punktuelle Veränderungen von Ausgabe zu Ausgabe aufwies, sondern Gleichabständigkeit, Wertgleichheit und ‚innere Symmetrie‘ noch nicht den Ansprüchen genügten. Ostwalds Tochter Grete

---

<sup>31</sup> Arthur Joachim von Oettingen (1836-1920), Physiker und Musiker, wirkte in Berlin, Dorpat, Paris u. Leipzig (Ostwald war Oettingers Assistent in Dorpat und wurde in dessen Harmonielehre eingewiesen)

<sup>32</sup> Hans Eduard Fierz-David (1882-1953), Farbenchemiker, siehe Fußnote 22

<sup>33</sup> Vilmos Huszar (1884-1960) Maler und Gestalter, siehe Fußnote 22

<sup>34</sup> Pohlmann, Albrecht: Zwischen „ABC-Buch der Farbe“ und „Farbenkommunismus“. Einhundert Jahre Wilhelm Ostwalds Farbenfibel. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 23. Jg, 2018, Heft 1, S. 8-25

## Zur Weiterentwicklung der Farbmessung mit veränderten Parametern (CIELAB)

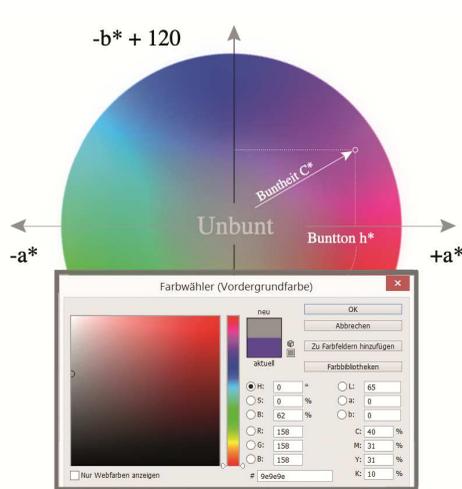


Bild 14

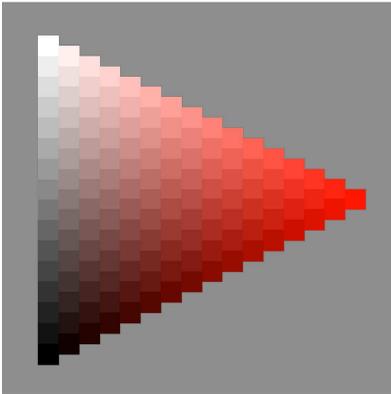


Bild 15

**Bild 14:** Anstelle Ostwalds psychophysischer Bestimmungsgrößen  $s$ ,  $w$  und  $v$  sind uns heute die farbgenerierenden Parameter Lab und HLC, RGB und CMYK geläufig geworden. (Collage Bendin 2023)

**Bild 15:** Schema einer 16-stufigen Prüfvorlage für die Bildverarbeitung an Monitoren und Druckern nach Klaus Richter, Berlin: BAM 2005 (Bendin 2010, S. 19)

versuchte 1941, dessen Stimmigkeit zu verbessern, wie einem unveröffentlichten Manuskript zu entnehmen ist.<sup>35</sup>

## Ostwalds Farbordnung als Grundlage neuer ‚Farbkunst‘



Bild 17

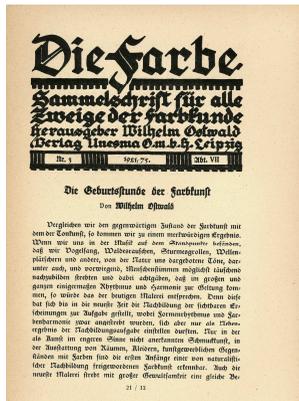


Bild 16

Bild 18

**Bild 16:** Titelblatt von Ostwalds Schrift: Die Geburtsstunde der Farbkunst. (*Die Farbe*, 1921, Nr. 3, Abt. VII, Unesma Leipzig)

**Bild 17:** Ostwalds Farbordnung und seine Farbregeln wurden für einige Künstler zur Grundlage ihrer konstruktiv-bildnerischen Arbeiten. Doppelkegel (Rekonst. 2003) und Pulverorgel vor einem Bildwerk von Jakob Weder (1906-1990) (*Bendin 2003*)

**Bild 18:** Wertgleiche Paletten in Ostwalds ‚Pulverorgel‘ von 1923 aus dem Nachlass des sächs. Konstruktivisten Rudolf Weber (1889-1972) (*Bendin 2009*, S. 23)



<sup>35</sup> Oehme, Wolfgang: Grete Ostwald - Ein Blick auf ihr Leben. In: Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 27. Jg. 2022, Heft 2, S. 31

Nur wenige Jahre später kam es in dieser Hinsicht - wiederum durch eine Jahrzehnte umfassende kongeniale Einzelleistung - zu qualitativen Verbesserungen ganz im Sinne Ostwalds. Der Schweizer Volkswirt Aemilius Müller (1901-1989) griff Ostwalds Vorleistungen auf und setzte dessen Werk in ebenso bewundernswerter Weise fort. Müller schuf auf Ostwald'scher Grundlage vorbildliche Kartenwerke für die Schweiz, die auch Ostwalds Harmonielehre weiterentwickelte und um dissonante Farbbeziehungen erweiterte. Sein vielfältiges Kartenwerk von 1944 bis in die 70er Jahre wurde Schweizer Standard sowohl für den Schulgebrauch als auch für Handwerk, Gewerbe und Industrie, letztlich auch ein Qualitätsmaßstab für jede Weiterentwicklung.<sup>36</sup>

Auch im östlichen Nachkriegs-Deutschland gab es entsprechende Bemühungen, angeregt durch Ostwalds letzten Assistenten Manfred Adam, der ab 1954 an der Auswertung der Ostwaldschen Farbenlehre für neue Aufgaben der Farbmessung und Normung arbeitete.<sup>37</sup> Neben Paul Baumanns Nachfolgeproduktionen in Aue, der inzwischen Ostwalds Systematik z.T. übernommen hatte, wurde eine Reihe neuer Farbkarten, Messleitern und Anschauungstafeln für Bildungs- und spezifische Anwendungszwecke entwickelt, z.B. 1969 ein Farbenkatalog für die Gestaltung<sup>38</sup> und 1971 ein Farbatlas als ‚Neues Ostwald-System‘ auf der Grundlage einer neuen Farbnorm.<sup>39</sup> Adam schuf hier gemeinsam mit Uwe Schreckenbach, Wolfgang Arnold und Gerhard Zeugner Grundlagen zu einem neuen, farbmETRisch begründeten Ostwald-System.<sup>40</sup> Sie einte das Bestreben, auf der Grundlage der Vorleistungen von Helmholtz, Munsell, Ostwald und Prase eine „*einheitliche, anschauliche ästhetische Ordnung der Farben*“ zu schaffen. Diese Bemühungen blieben herstellungstechnisch bedingt unvollendet und fanden mit der deutschen Wiedervereinigung 1990 ihr Ende.<sup>41</sup>

Ostwalds FarbenfibEL hat sich in der Kultur- und Wissenschaftsgeschichte einen bleibenden Platz erobert als Meilenstein und genialer Schlüssel, mit dem er uns einen Weg gewiesen hat, die Struktur der Farbwelt nicht nur qualitativ, sondern in besonderer Weise auch quantitativ zu erschließen. Es kann angenommen werden, dass sein Erkenntniswert künftig noch wachsen wird. Bereits Ostwald postulierte visionär: „*Alle Gebiete, in denen Farbe vorkommt – und wo kommt sie nicht vor! – werden diesen Einfluss erfahren und ich wage nicht, die Möglichkeiten auszuden-*

<sup>36</sup> Spillmann, Werner (Hg.): Aemilius Müller – Ästhetik der Farbe., mit Texten mehrerer Autoren, Red. Andres Betschart, Zürich: Stadtbibliothek Winterthur, Chronos Verlag 2018

<sup>37</sup> Manfred Adam (1901-1987), Farbforscher, von 1924-1932 Farborgelwart und letzter Assistent Ostwalds, 1954-1966 im Ostwald-Archiv Großbothen, siehe auch: Adam, Hartmut: Manfred Adam und die Farbsysteme. Westewitz, Allerstedt 1989

<sup>38</sup> Gericke, Lothar und Schöne, Klaus: Farbenkatalog für die Gestaltung. Berlin 1969

<sup>39</sup> Adam, Manfred u.a.: Farbatlas LTK Berlin 1971, systematische Farbkarte mit 511 Farbmustern, zugleich anschaulicher Nachweis der TGL 21 579

<sup>40</sup> Bendin, Eckhard: Resonanzen - Farbe als System. In: Bendin, E.(Hg./Bearb.), Zu Bedeutung u. Wirkung der Farbenlehre Wilhelm Ostwalds. Sonderheft Phänomen Farbe 2003, S. 57/58 sowie Bendin, Eckhard: Zur Farbenlehre. Dresden 2010, Die Verlagsgesellschaft GBR Dresden 2010, S. 192

<sup>41</sup> Bendin, Eckhard: Schnittstelle Farbe. Lehrtafeln zu Leben und Werk von Personen der Geschichte. Dresden: edition bendin 2023 (Tafeln 24 und 30)

*ken, die nun Wirklichkeit werden könnten. Denn es handelt sich ja um die Physiologie und Psychologie des Auges, des bei weitem wichtigsten unserer Sinnesorgane. Und dabei habe ich bisher nur die technisch-wissenschaftliche Seite des Fortschritts in Betracht gezogen. Neben dieser gibt es aber noch eine ästhetische, unmittelbar auf das Gefühl gerichtete Seite des Erlebnisses F a r b e. Hier handelt es sich in einem noch viel tieferen Sinne um eine neue Epoche.*<sup>42</sup> Angesichts der bereits medial überbordenden Omnipräsenz von Farbe in unserer Lebenswelt an der Schwelle eines Zeitalters der Künstlichen Intelligenz erscheint Ostwalds Anspruch epochaler Bedeutung keineswegs abwegig.

### **Bildnachweis:**

Bild 1: Sammlung Farbenlehre der TU Dresden

Bild 5: Kustodie der TU Dresden

Bilder 2-4 sowie 6-18: Eckhard Bendin, Dresden

---

<sup>42</sup> Wie Fußnote 2, S. 572, Anm.: Nach heutigem, weiter gefasstem Verständnis spricht O. hier die Physiologie und Psychologie des gesamten Gesichtssinnes an, nicht nur des ‚Auges‘.

## Musik – Begleitung eines Lebens<sup>1</sup>

Gretel Brauer†



Wilhelm Ostwald (zweiter von rechts) — zeit seines Lebens ein Freund der Hausmusik (um 1880)

Musik und Malerei sind zwei Quellen, aus denen in einem langen Leben Kraft geschöpft werden konnte. Sie sind von Wilhelm Ostwald früh entdeckt worden. Wenn der rasch und konzentriert arbeitende Verstand vom Körper eine Pause diktiert bekam, betätigte Ostwald bewußt „die andere Gehirnhälfte“, indem er malte oder musizierte.

### 1. Musik. leise Orgelmusik einblenden, als Untermalung des nächsten Textes

Seine früheste Erinnerung an die Begegnung mit der Tonkunst war ein Oratorium. Er schreibt als alter Mann im Bd. I seiner Autobiographie „Lebenslinien“: es wurde in einer der (aus Rigas mittelalterlichen Glanzzeit stammenden) Stadtkirchen ein Weihnachtssoratorium aufgeführt, für welches das ganze musikalische Riga aufgeboten worden war. Die Eltern hatten Plätze für sich und die beiden älteren Söhne beschafft.

„Ich weiß nicht mehr, welches Werk ich damals angehört habe. Wohl ist mir der Himmelsklang der Geigen aus der Höhe der Orgelempore an einer zarten Stelle

<sup>1</sup> Abschrift eines Schreibmaschinentextes aus dem Nachlass von Gretel Brauer. Dieser Vortrag von G. Brauer am 21.05.1992 auf der „Energie“ in Großbothen wurde unterbrochen durch Orgel- oder Orchestermusik und Liedern von Tonband oder Schallplatte, Schüler spielten Klavier und Cello.

und die Gewalt des Vollklang von Orgel, Orchester und Chor, der gleich darauf einsetzte, in unvergeßlicher Erinnerung.

*(Orgelmusik voll erklingen lassen, bis zu einem musikalischen Punkt)*

Ich konnte von meinem Platz aus zufällig den Kapellmeister gut sehen. Und die Herrschaft, die er mit seinem kleinen Stäbchen über all die tönenden Massen ausübte, erschien mir als die wunderbarste Gipfelhöhe menschlichen Könnens, - höher als alles andere, wovon ich Kenntnis hatte oder, was ich mir vorstellen konnte.“

Die Liebe zur Kunst verdankt Ostwald vor allem seiner Mutter. Er beschreibt ihr Leben so; „Obwohl sie im Haushalt ungewöhnlich viel Arbeit zu leisten hatte... wußte sie dennoch Zeit zu gewinnen: zum Lesen, oder zum Besuch des Theaters. Sie konnte durch Musikfreuden den Alltag mit farbigen Blumen schmücken!

Wilhelms erster Opernbesuch ließ ihn die Zauberflöte erleben, wobei die Licht- und Farbenwelt neben der Musik nachhaltig beeindruckten. Er schreibt 1930:

„Von Natur aus bin ich ganz vorwiegend ein Licht- oder Augenmensch, das Tongebiet kommt erst an zweiter Stelle. Aber jene tiefgehenden frühen Kunsterlebnisse haben mich gezwungen, mich – trotz mangelnder Begabung – eingehend mit der Musik zu beschäftigen, wobei ich bald in ihre wissenschaftlichen Grundlagen (Akustik, Harmonielehre und Formensprache) geriet.“

Die Eltern sahen den Musikunterricht als einen wesentlichen Teil der allgemeinen Bildung an, ließen dem älteren Bruder Klavier- und Wilhelm Geigenunterricht erteilen. Der Klavierlehrer erholte sich von der Plackerei, indem er sich und dem Schüler etwas vorspielte. Viel später erst hat Ostwald das seltsame Klavierstück der Kinderjahre wiedererkannt. Es war Präludium und Fuge Nr. 1 in C-Dur von Johann Sebastian Bach.

## 2. Musik: Fuge Nr. 1 in C-Dur von Johann Sebastian Bach

Seine Fähigkeit, Geige spielen zu lernen, war nicht allzu groß. Er konstatiert in seinen „Lebenslinien“ die mangelnde Schärfe des Gehörs, welche Voraussetzung für Sicherheit der Griffe und Wohlklang der Bogenführung sei. Er habe die spärlichen Fertigkeiten später auf die Bratsche übertragen.

„Häusliche Streichquartette beglückten mich von meiner späteren Schulzeit ab ununterbrochen durch die Studenten- und Professorenjahre.“

Statt des Geigenunterrichts erbat er sich Unterricht im Klavierspiel und Harmonielehre, der wissenschaftlichen Seite der Tonkunst. Die auffällige Lektüre des „Kater Murr“ von E. T. A. Hoffmann und das daraufhin zielgerichtete Lesen auch anderer Werke Hoffmanns machten ihm die seelische Seite der Musik verständlich. Ein entscheidendes Erlebnis wurde (nach der vorher gelesenen meisterhaften Analyse E. T. A. Hoffmanns) der Besuch des „Don Juan“ - und die tiefe Verehrung Mozarts von damals hat sein ganzes Leben lang angehalten.

(Übrigens, Ostwald vermerkt in den 20er Jahren, daß die Analyse des Don Juan durch E. T. A. Hoffmann hundert Jahre lang bestimmend für das Verständnis Mozarts war, jedoch heute umstritten sei.)

Er war nun schon ein brauchbarer Partner vielseitiger Hausmusik geworden. Sie vermittelte dem schwesterlos aufgewachsenen Jüngling wertvolle Freundschaften, auch mit Mädchen! Allerdings, diese Menschenart zu schätzen, war nur vorübergehender Natur.

Nichtsdestotrotz inspirierte ihn ein Fräulein Emilie Reimer, zu dichten und zu komponieren. Für die Melodie fand er einen musikalischen Ohrwurm, der die Gedankenseite des romantischen Jünglings willig vom Spielmann über den Wind, Waldvöglein, Fischer, Mägde und Jäger weiterträgt und in dem Kehrreim gipfelt

„Ich hab dich lieb, du Süße,  
du meine Lust und Qual,  
ich hab dich lieb und grüße  
dich tausend, tausend Mal.“

Einer seiner ersten Studenten-Freunde vermittelt ihm das Erlebnis BEETHOVEN. Ostwald hatte schon manch eine Klaviersonate nach bestem Vermögen gespielt und davon einige abgeschrieben, da er sie sich nicht alle kaufen konnte. Auch Konzerte hatte er gehört, wobei die Coriolan-Overtüre einen besonders starken Eindruck hinterlassen hatte.

Doch als ihm sein Freund und dessen 3 Geschwister eines sonntags die Fünfte Symphonie, umgeschrieben für Geige, Cello und vierhändiges Klavier, in voller Entwicklung ihrer Schönheit vorspielten, erlebte Ostwald zum ersten Mal jenes unwiderstehliche Ergriffensein des ganzen Gemüts. Kein anderer Tondichter hatte für ihn eine solch elementare Gewalt.

Eigentlich wollte er ja in Dorpat studieren, doch gab es dort eine Menge reizvoller Dinge, die außerhalb von Hörsaal und Labor lagen.

Bereits im ersten Semester spielte ihm der Zufall in einem verstaubten Winkel der Korporationsbücherei Noten in die Hände, die sich zu seinem Entzücken als die Stimmen der 83 Streichquartette Haydn's erwiesen. Er schrieb einige zu Hause in Partitur, wurde vom Magister cantandi (Singemeister der Corporation) dabei überrascht und zu einem großen Strafsaufen verdonnert. Dadurch wurde bekannt, daß er Musik liebte und es fanden sich weitere Kommilitonen hinzu. Er durfte die verbindungs-eigene Bratsche – die ein vergessenes Dasein führte und die Saufgelage überlebt hatte – benutzen und das Quartett konnte üben.

Aber: Damit es nicht in den Geruch der Absonderung käme, müsse es versprechen, bei der einmal im Semester stattfindenden Kunstveranstaltung mitzuwirken.

Die wundervollen zarten Klänge eines Haydn'schen Adagios wurden gerade im Kontrast zu dem rauen Ton des Studentenlebens besonders zart empfunden und bewahrte ihn gewiß vor manchem Übel.

*3. Musik: ein Haydn-Adagio vom Tonband, langsam verklingen lassen*

Die 10 Dorpater Jahre als Student, als Assistent und Privatdozent hat er stets Partner zum Quartett gefunden. Nach und nach lernte er alle 83 Haydn-Quartette, dazu noch die von Mozart, Beethoven und anderen Meistern kennen. Er schreibt selbst über Haydn. „Mich fesselte dabei die Beobachtung, daß dieser unerschöpfliche Meister sich in seinen Quartetten mehr harmonische und andere Neu- und Kühnheiten gestattet hat, als in anderen Werken, die ich von ihm hörte oder las.“

Warum sollte nicht auch der junge Ostwald kühn darangehen, ein lustiges Quartett für sich und seine Kommilitonen aufs Papier und sicher auch zu Gehör zu bringen? Er hat es! Es sind dazu einschlägige Studentenlieder mit Tenorstimme zu singen. Über den „Erfolg“ ist nichts, lediglich die Noten sind überliefert worden. Möglicherweise fänden sich unter Ihnen einige, die diesen Jux noch einmal erklingen lassen!

Ostwald wurde mit Hingabe Assistent des Physikers Arthur von Oettingen. Doch die wissenschaftliche Forschung hinderte ihn nicht daran, die geliebte Musik weiter zu pflegen. Selbstkritisch bemerkt er in den „Lebenslinien“: „Es war eigentlich eine unglückliche Liebe, wie sie im Buche steht: ich liebte sie, aber sie liebte mich nicht. Ich konnte mir nicht verhehlen, daß ich im Quartett zwar der sicherste Theoretiker, aber der unsicherste Streicher war, und sich dies im Laufe der Zeit nur wenig besserte, selbst, wenn ich mich von Zeit zu Zeit aufraffte und täglich nach den Vorschriften einer Bratschenschule übte.“ Da begegnete ihm ein Jugendwerk seines hochmusikalischen Chefs über Grundsätze der Harmonie, die Ostwald begeistert in sich aufnahm und lebhaft mit ihm diskutierte. Die Klaviersonaten Beethovens, die er „alsbald in gewohntem Verfahren der `organisierten Massenarbeit‘“ analysierte, kannte er seitdem in- und auswendig.

Aber nicht nur die Theorie der Musik erhielt Förderung, auch für die praktische Seite kam eine neue Periode: A.v. Oettingen dirigierte ein akademisches Orchester, dessen Grundstock eine kleine Stadtkapelle bildete, die gewöhnlich Beerdigungen und ähnliche Veranstaltungen bestritt. Diese wurde verstärkt durch eine ziemlich große Anzahl musikbeflissener Professoren und Studenten. Da kein Fagottspieler vorhanden war, wurde Instrument und Notenschule beschafft, dem bereitwilligen Ostwald ausgehändigt und von ihm erwartet, baldigst wirksam zu werden. Er zog also auf den leeren Boden des Instituts. Erstens gingen seine Übungen nicht ganz geräuschlos vonstatten, sodaß der ein Stockwerk tiefer arbeitende Chemie-Professor wegen der greulichen Heultöne mutmaßte, Ostwald – dem alles zuzutrauen war – triebe neuerdings akustische Studien. Und als dann die Anfangsgründe gemeistert schienen, sollte er im Orchester mitspielen. Doch als er die schönen Bläserakkorde in der Egmont-Overtüre unmittelbar vor dem Allegro con brio durch seinen verunglückten Einsatz verdorben hatte, pflegte ihm v. Oettingen an Stellen, wo es drauf ankam, zu raten, er solle seine Stimme lieber vom Cello spielen lassen. Auch im Familienkreise hatte Wilhelm als Fagottspieler kein Glück. Er hatte sich das Nocturno op.9 Nr. 2 von Chopin für Fagott arrangiert. Aber schon nach den ersten Tönen mußte er aufhören, so schallend war das Gelächter, das er ungewollt entfesselt hatte.

Diese Wirkung seiner Unternehmung hätte er sonst im gewohnten Gefühl origineller geistiger Überlegenheit gelassen hingenommen, doch in diesem Falle war es ihm absolut nicht gleichgültig. In der Runde der Zuhörer befand sich nämlich ein bildhübsches Gesicht. Dieses eigenwillige, leidenschaftlich veranlagte Mädchen hatte – ohne es zu wissen – die Pforte geöffnet zum uralten Reich der Gefühle, welche der 'Jünger der Wissenschaft' bisher für unwesentlich gehalten hatte. Er schreibt: „Wie von allen vorausgesehen, von mir selbst vielleicht zuletzt, wurde eine Verlobung daraus.“

Wilhelm und Helene heirateten. Für das erste zu erwartende Kindchen komponiert der werdende Vater ein Wiegenlied voller Zartheit für die geliebte Frau. Er bezeichnet es selbst als Nr. 1, jedoch sind weitere Koselieder nicht überliefert. Aus der Ehe erwachsen insgesamt 5 Kinder,

Der Familienvater mußte neben seiner Privatdozentur auf Gelderwerb achten und unterrichtete nebenbei an einem Gymnasium naturwissenschaftliche Fächer bis ihm, 28jährig, der Lehrstuhl für Chemie in seiner Vaterstadt Riga angeboten wurde. Bereits in Dorpat wurde das Manuskript zum „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ begonnen und an den Abenden, soweit sie nicht der Musik gehörten, daran weitergearbeitet. Von Riga aus wurde es Ostwald durch ein Reisestipendium möglich, 1885 eine Reise nach „Europa“, zur Berliner Naturforscherversammlung, zu unternehmen. In der königlichen Oper erlebte er eine prachtvolle Aufführung der Walküre, durch die er Wagners Musik kennenlernt.

Zwei Jahre später wurde er, noch nicht 34jährig, Leipziger Professor. Er war taumelig vor Glück und stürzte sich mit Leidenschaft in die neuen Aufgaben. Er kündigte neben chemischen Vorlesungen auch solche zur Theorie der musikalischen Harmonie an.

Es sind nicht viele schriftliche Bemerkungen über Musik in dieser Zeit zu finden. Vorrang hatte die Chemie, aber aus der Tatsache, daß alle 5 Kinder im Musikzimmer Unterricht, zunächst von der Mutter, später von verschiedenen Lehrern erteilt bekamen, daß an den Studenten-Sonntagen (- zweimal im Monat stand das Haus des Lehrers für etwa 20 Fortgeschrittene offen-) nicht nur diskutiert und Tee getrunken, sondern meist auch musiziert wurde, geht hervor, daß die Musik im Hause Ostwald ganz gewiß nicht zu kurz kam.

Die Tochter Els erinnert sich: „Als mein lieber Vater nach einer Überarbeitung fast ein Jahr pausieren mußte und sich mit dem Malkasten auf der Insel Wight aufhielt, hatte meine Mutter die Zeit seiner Abwesenheit benutzt, um meinen älteren Geschwistern zusätzlich zum Klavier- auch noch Geigen- und Cello-Unterricht geben zu lassen. Mit einem leichten Haydn-Trio konnten sie den genesenden Vater bei seiner Heimkehr überraschen.“

Sie schreibt weiter: „Von hier an begann ein starkes Musikleben in unserem Hause. Durch den Klavierunterricht waren wir bestens darauf vorbereitet. Es hat viele Jahre hindurch keinen anderen Übergang vom alten ins neue Jahr gegeben, als über ein Haydn-Trio, an das sich stets ein kurzer Spaziergang unterm Sternenhimmel

anschloß. Das Bedürfnis nach besinnlicher Stille ist mir und meiner Familie geblieben.“ Die Tochter berichtet weiter:

„Seltene Feste waren es, den Vater in eine Oper oder gar in ein Gewandhauskonzert begleiten zu dürfen. Den Heimweg vom Zentrum der Stadt bis zur Linnéstraße machte er prinzipiell zu Fuß. Im Gespräch wurden dann besonders eindrucksvolle Stellen hervorgehoben und die Leistungen der einzelnen Instrumente, die Aufgaben im Zusammenspiel der Komposition erklärt und gewürdigt.“

Aus dieser Zeit stammt auch das folgende Gedicht Ostwalds, das er auf einen Zettel schrieb und mit einem Puppenstubenklavier als symbolische Gabe seiner Frau auf den Geburtstagstisch legte:

*Klein bin ich und leider stumm,  
Aber dabei gar nicht dumm.  
Denn in meines Kastens Höhle  
Steht ein Geist dir zu Befehle:  
Wenn du nur ganz leise klopfst.  
Fragt: was steht von seinen Künsten  
Heute wohl zu Deinen Diensten?  
Auf, ich lasse mit mir handeln,  
Worein soll ich mich verwandeln?  
Soll ich Pianino bleiben,  
Oder soll ich Flügel treiben?  
Augenblicklich will ich weg sein  
Wandeln mich in einen Bechstein.  
Oder soll ich mich befleißigen  
Irmeler oder Blüthner heißen?  
Auch ein Rönisch ist nicht schlecht,  
Sprich nur, mir ist alles recht.  
Daß zu Deines Hauses Zier,  
Zur Erbauung und Plaisier  
In ein herrliches Klavier  
Mich verwandle für und für –  
Nimm zum Zwecke das Papier  
Reich es Deinem Gatten hier  
Dieser reicht den Mantel Dir  
Ruft herbei ein Droschkentier  
Und Ihr beide wählt 's Klavier.*

Es wurde ein Bechstein-Flügel gekauft und das alte Klavier wanderte ins Kinderzimmer. Besonders Grete und Wolf, die beiden Ältesten waren hochmusikalisch und dem Vater willkommene Partner für die kleine Hausmusik nach Tisch, ehe der Vater sich wieder dem Schreibtisch und Institut zuwandte.

Grete spielte Violine, Wolf Cello und Ostwald selbst die Bratsche.

Häufige Besuche von Fachkollegen im Institut endeten nicht selten im Privatbereich der Familie und beim gemeinsamen Musizieren. Sehr lustig fanden es die Ostwaldkinder, wenn ein namhafter englischer Chemiker, Sir William Ramsey, sich ungeniert an den Flügel setzte, schottische Volkslieder interpretierte und dazu fröhlich die Melodie piff, wobei seine ohnehin schon lange Oberlippe noch viel länger wurde.

Aber auch Boltzmann erschien nach seinen Vorlesungen, die er in der Linnéstraße im Hörsaal des Physikalisch-Chemischen Instituts hielt, bei Ostwald, zur Freude der gesamten Familie. Er setzte sich kurzerhand an den Flügel und übernahm den Klavierpart eines Schubert-, Haydn-, oder Beethoven-Trios. Grete und Wolf hielten nur zu gerne mit, erlebten sie doch durch diesen von schweren Depressionen heimgesuchten Freund ihres Vaters, wie Musik zu mitreißendem Feuer wurde. Boltzmann mußte zum Notenlesen eine zweite, ja dritte Brille aufsetzen. Seine große schwere Gestalt saß weit vorgebeugt. Trotzdem vermochten seine Finger mit sicherster Technik klare Zartheit von filigraner Schönheit zu meistern.

Fast 20 Jahre blieb Wilhelm Ostwald Leipziger Professor, wurde für seine Wissenschaft vielfach von In- und Ausland geehrt, vom König von Sachsen zum Geheimen Hofrat ernannt und als Erster des kaiserlichen Deutschlands nach Amerika als Austauschprofessor eingeladen. Dennoch fühlte er sich müde vom Institutsbetrieb, kam mit 54 Jahren um seine Entlassung ein und konnte sich 1906, frei von „amtlicher Zeitvergeudung“ einem neuen Kapitel – Großbothen – zuwenden.

Bibliothek und Laboratorium wurden eingerichtet. Das Garten- und Waldgelände lud zum Gestalten mit Hacke und Spaten ein, namentlich der alte Steinbruch hatte es ihm angetan. „Man hätte gleich die Wolfsschluchtszene des Freischütz mit der Teufelsbeschwörung darin aufführen können.“

Wolf hatte geheiratet. Die weiche Sopranstimme seiner Frau Pia sowie ihre ausgebildete Klaviertechnik hoben das musikalische Niveau deutlich. Auch der Sohn Walter brachte ein hochmusikalisches Mädchen als seine Verlobte ins Haus, sodaß ein häufiges und vielseitiges abendliches Musizieren zustande kam.

#### *4. Musik: Ännchen von Tharau / Und morgen wird... / Tonbandmusik*

Doch nicht immer standen die erwachsenen Kinder zur Verfügung und der Sinn Ostwalds nach weiteren Horizonten machte sich auch in der wachsenden Vorliebe für das Orchestrale, Monumentale in der Musik deutlich. Allerdings reichte seine Fingerfertigkeit dafür nicht aus, deshalb stand bald ein Phonola am Bechsteinflügel und wichtige Tonwellen durchbrausten das Haus. Schubert, Brahms, Beethoven wohl am häufigsten, aber auch Mozart, Chopin, Tschaikowsky und Rubinstein fehlten nicht.

So kam unter der keineswegs verminderten Schaffenslust und Schaffensbreite im September 1913 der sechzigste Geburtstag heran. Er hatte mit gütigem Lächeln eingewilligt, sich keiner von Kindern und Freunden geplanten Operation zu entziehen.

Den Auftakt gab das Wecken im wahrsten Sinne des Worts. „Vor Sonnenaufgang“ hatte er ein besonders geliebtes Streichquartett von Haydn genannt, op. 76 Nr. 4 B-Dur, „wo die erste Geige gleich anfangs mitten im B-Dur-Dreiklang so prachtvoll mit e einsetzt“! Es leitete den Tag ein und erinnerte den Jubilar an zahllose glückliche Stunden.

#### 5. Musik: Marcelllo, 2 Celli und Klavier / 3 Schüler

Der Tag war vom schönsten Früh-Herbst-Wetter begünstigt und Ostwald unternahm vorm Frühstück in gewohnter Weise seinen Morgenspaziergang. Da fand er, an Bäume geheftet, längs des Weges große Tafeln, die in bebilderten Versen seine Lebensstationen darstellten. (Natürlich waren sie von Wolf (á la Arno Holz) gereimt und von Grete illustriert worden). Unter anderem war ein „Marterl“ der Musik gewidmet und erinnerte an seinen unglücklichen Exkurs mit dem Fagott. Er soll aber geschmunzelt haben.

Ostwald schreibt über diesen morgendlichen, mit Erinnerungen gepflasterten Weg: „Ich war nie ein Erinnerungsmensch gewesen, denn ich hatte täglich so viel Neues vor mir, daß zum Rückblicken keine Zeit blieb, am wenigsten zu gefühlvollem. Aber an diesem Tage ließ ich mich doch gern von liebe- und verständnisvoller Hand durch die alten und neuen Wege leiten. Und konnte mich dabei dessen freuen, daß auch in Zukunft, wenn ich nirgend mehr selbst Hand anlegen könnte, die Arbeit nicht verloren sei, sondern den kommenden Zeiten gemäß fortgesetzt werden würde.“

Der erste Weltkrieg setzte den internationalen Verbindungen, vor allen den Friedensbestrebungen Ostwalds ein Ende. Er wußte aber bei der ordnenden Arbeit in der Welt der Farben ein kulturelles Betätigungsfeld zu finden, das latent seit den Jahren in ihm auf diese Stunde gewartet hatte.

Sein 70. Geburtstag fiel in die Zeit der Inflation. Ersparnisse waren weg, das Leben schwierig, die Zukunft bedenklich und die Stimmung allgemein trübe.

Trotzdem verlief der Feiertag farbig und froh. Großen Anteil hatte natürlich die Musik. Der Knabenchor einer Leipziger Schule brachte am Abend zuvor schon ein Ständchen. Grete Ostwald schildert es so: „Es war ein warmer Septemberabend und es war bereits Licht im großen Arbeitszimmer meines Vaters. Es schimmerte durch die dicht mit Grün umwachsenen Fenster, leicht rötlich, als die herangeschlichenen Jungen zu singen anfangen. Meine Mutter saß abends stets bei meinem Vater. So traten beide bald unter das Fenster, um zu lauschen und zu danken – ein Spitzwegbild! Das letzte Lied war „In stiller Nacht“ von Johannes Brahms, ergreifend schön und in die ländliche Stille passend. Das Gemüt voll Wohllaut gingen auch alle ländlich früh zu Bett.

#### 6. Musik: In stiller Nacht, Celli / Schüler

Am nächsten Morgen mußte sich Frau Helene ihrem Mann auf dessen üblichen Morgenspaziergang anschließen. Schon an der ersten Wegbiegung erwartete sie erfrischender Gesang aus frohen jungen Kehlen – die Sänger aber waren nicht zu

sehen. Die Enkel - ortskundig- führten sie heimlich auf Umwegen zum nächsten Fleck. So ertönte wiederholt an den unerwartetsten Stellen Gesang. Besonders wirksam klang aus der Halle des alten Steinbruchs „O Täler weit, o Höhen“ von Mendelssohn, weil das hohe Steilrund eine überraschende Akustik ergab. Es klang so schön, daß die Kinder ihre Gaben wiederholen mußten.

*7. Musik: O Täler weit, o Höhen, / vom Tonband*

In Ostwalds Leben trat der Rundfunk. Was ihn daran verdroß, war die ganz passive Rolle der Zuhörer. Trotzdem studierte er die MIRAG, die Programmzeitung des Mitteldeutschen Rundfunks und fischte sich Kammermusiken heraus, stellte dann durch einen kleinen Kontakthebel die Verbindung zum Lautsprecher in der oberen Etage her, sodaß „der Mozart“ oder „der Haydn“ durchs ganze Haus zu hören war. Wie in allen Phasen seines Lebens, setzte auch im Falle dieser neuen Technik sich Ostwalds Denkmühle ganz von allein in Tätigkeit. Er erfand einen Universalapparat, der je nach Schaltung elektronischer Leitungen bei individueller Steuerung wie Geige, Cello, Flöte, Klarinette u.s.w. spielte. Dem Spielenden würde so die mühselige Überei, das Erlernen der jeweiligen Spezialtechnik erspart, aber die freie Ausübung seiner Stimme belassen. Beim Streichquartett z.B. hätte jeder Partner seine Noten und den dazugehörigen Apparat, die zusammen – den Wohlklang der Gesetzmäßigkeit – zu erzeugen in der Lage wären. Schöpfungen der Meister aller Zeiten seien ohne Schwierigkeiten nachzuempfinden. Der Apparat wurde nicht gebaut! Der Patentantrag liegt jedoch bereits formuliert vor!

Die Sänger vom 70. Geburtstag waren 5 Jahre später (1928) Instrumentalisten geworden. Ein Schülerorchester unter jugendlichem Dirigenten war trotz der noch immer nicht ganz einfachen Verhältnisse nach Großbothen gekommen. Selbst ein Kontrabaß trat die Reise im offenen Stoewer an. Im Programm war die „Kleine Nachtmusik“ und das von Ostwald sehr geliebte „Ave verum“ von Mozart.

*8. Musik: Kleine Nachtmusik, 4. Satz / Tonband*

Anderthalb Jahre später, am 24.4.1930 konnten Wilhelm Ostwald und seine Frau auf 50 Ehejahre zurückblicken. Daß dieser Familientag gehörig von Kindern und Enkeln vorbereitet wurde, soll hier berichtet werden. Am Abend vorher hatten sich die beiden damals bestehenden Chöre Großbothens angesagt: Der sehr gute Männerchor und der Kirchenchor. Hielt sich der Kirchenchor an schlichte Volkslieder (wie „Sag mir das Wort, das ich so gern gehört, lang, lang ist's her“ und „Du, Du liegst mir im Herzen, du, du liegst mir im Sinn“), so hatten die Mannen der Lyra schwierige Chorsätze einstudiert, darunter eines des bekannten Leipziger Robert Volkmann, der sein Haus gleich neben Ostwalds „Energie“ hatte – und krönten ihre Darbietung mit dem „Frisch gesungen“ von Silcher, weil sie es offensichtlich am besten „drauf“ hatten .

*9. Musik: die Gedanken sind frei, Männerchor / Platte*

Als sich schließlich alle zur Ruhe begeben hatten, erklang noch eine einzelne Gei-

genstimme, die vom Nebenzimmer her mit Brahms den Großeltern „Guten Abend, gut Nacht“ wünschte.

*10. Musik: Guten Abend, Gut Nacht... Geige / Schüler*

Am eigentlichen Festtag war die gut gehütete große Überraschung das Gewandhausquartett. Ostwald wurde rot vor Freude und wollte noch, elektrisiert, irgendwelche Vorbereitungen treffen, doch für alles war gesorgt. Die Sonne überflutete das große Musikzimmer und die Lieblingssätze erklangen in erlesener Schönheit. Begonnen wurde mit einem männlichen Beethoven (E-Moll, op. 59 Nr. 2.). Das Thema hat ein russisches Volkslied zur Grundlage. Brahms widmete es einem Grafen Rasumowsky. Grete schreibt: „Mein Vater wechselte zwischen Ergriffenheit und Strahlen. Das war schon etwas anderes als im Rundfunk!“

Nach einem stärkenden Imbiß gab es Beethovens 1. Satz aus op. 59 Nr. 1 und als Fortsetzung noch Mozarts Molto andante aus dem Quartett Nr. 1 im Ave-verum-Stil, überirdisch schön gespielt.

Nach andächtiger Stille erklang als Überleitung zum tätigen Heute der heitere aufstrahlende, sieghafte 1. Satz vom alten Papa Haydn (op. 76), der sich sehr wohl hinter dem vorhergehenden hören lassen konnte. Sonnenaufgang hatte ihn mein Vater seinerzeit getauft, als wir ihn oft und gern spielten. Es war ein guter Abschluß.“

Daß der Abschluß seines Lebens in kurzen 2 Jahren bevorstand, wußte da noch keiner. „Ja, seine Augen seien blanker und die Wanderungen ebenso wie das Phonolspielen seien häufiger“ meldet die Tochter Grete den auswärtigen Familienmitgliedern. Auch das Radio brachte ihm mehr und mehr Freude. Er, der sonst immer pünktliche, überhörte einmal das Gongen zum Mittagessen über einer Coriolan-Overtüre und erklärte hinterher, daß da eine ganz vertrackt zu spielende und doch ganz einfache Achtelstelle für die Bratsche sei, die er aus seiner Dorpater Zeit aus dem Orchesterspielen unter Arthur v. Oettingen noch gut in Erinnerung hätte. Er war noch Anfang 1932 voller Pläne für auswärtige Vorträge und schrieb für den Leipziger Bibliophilenverein anlässlich des Goethe-Jahres ein kleines Buch – sein letztes.

Seine darauf folgende melancholische Stimmung versuchte die Tochter Grete aufzumuntern, indem sie auf frühere Tiefs nach Abschluß einer größeren Arbeit hinwies. Gemeinsam zählten sie die Ernte der allerletzten Arbeit zusammen und Ostwald resümierte: „Ja, da steht eine Menge Gutes darin, was die Leute noch nicht, nicht mal zum kleinsten Teil geschluckt haben... vieles wird noch lange neu und unverwirklicht bleiben.“

Mit diesen eigenen Worten Wilhelm Ostwalds sollte ich schließen.

Der äußere Abschied von dem, am 4.4.32 verstorbenen Ostwald fand unter so starker Beteiligung von Schülern und Freunden statt, daß für die engste Familie die große Feier etwas Traumhaftes hatte. Die letzte Musik hatte der Sohn Wolf ausgewählt:

Julius Klengel, Hymnus für 12 Celli

Joh. Seb. Bach, Air

Mozart, Ave verum

Sie unterstrichen in ihrer Art genau das, was Worte nicht im Stande sind, auszudrücken.

*11. Musik: Ave verum / Schüler*

### **Text- und Bildnachweis**

Den Text stellte freundlicherweise Frau A. Hansel zur Verfügung.

Die Abb. wurde entnommen aus: Forschen und Nutzen: Wilhelm Ostwald zur wissenschaftlichen Arbeit. Berlin: Akademie-Verl., 1978, nach S. 78, Abb. 3.

## **Autorenverzeichnis**

Prof. Dr. Knut Löschke  
04289 Leipzig  
knut.loeschke@gmx.de

Prof. Dr. Grit Kalies  
01219 Dresden  
grit.kalies@htw-dresden.de

Prof. Dr. Volker Wunderlich  
13125 Berlin  
volker.wdl@posteo.de

PD Eckhard Bendin  
01237 Dresden  
Eck.ben@online.de

Prof. Dr. Friedrich Reinhard Schmidt  
01723 Kesselsdorf  
reinhard.schmidt@arbeitstrieb.de

## Gesellschaftsnachrichten

### *Wir gratulieren*

#### zum **80.** Geburtstag

Herrn Dr. Rolf Haink, 08.11.2023

Frau Gerda Tschira, 16.11.2023

Herrn Prof. Dr. Jan-Peter Domschke, 19.12.2023

#### zum **75.** Geburtstag

Herrn Prof. Dr. Fred Heiker, 01.07.2024

#### zum **70.** Geburtstag

Herrn Studiendir. Ralf Dyck, 12.02.2024

Frau Prof. Dr. Danuta Sobczynska, 20.05.2024

#### zum **65.** Geburtstag

Herrn Dr. Lutz Mauer, 10.11. 2023

Herrn Dr. Klaus Wolf, 17.05.2024

### **Als neues Mitglied begrüßen wir herzlich:**

Herrn Prof. Dr. Alexander Büll, Kopenhagen

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V.  
trauert um ihr langjähriges Mitglied

**Dr. Robert Ostwald**  
Er verstarb am 15.10.2023

Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren.

## Prof. em. Dr. phil. habil. Jan-Peter Domschke zum 80. Geburtstag

Friedrich Reinhard Schmidt



Prof. Dr. Jan-Peter Domschke wirkt seit über fünfzig Jahren für die Bewahrung des geistigen und materiellen Erbes von Wilhelm Ostwald. Sein Einsatz für die Wilhelm-Gesellschaft darf nicht unterschätzt werden. So ist er nicht nur Gründungsmitglied der Gesellschaft, sondern war viele Jahre Mitglied des Vorstandes (1993-2005 und 2009-2017) und wirkt jetzt im Wissenschaftlichen Beirat der Gesellschaft. In mehr als 20 Beiträgen der Mitteilungen der WOG und als Coautor bzw. Herausgeber mehrerer Sonderhefte hat er sich um die Öffentlichkeitsarbeit der Gesellschaft verdient gemacht. Besonders hervorgehoben werden muss das 2012 erstmals erschienene Sonderheft 23 „Der Physikochemiker und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald (1853-1932) - Ein Lebensbild“ von Jan-Peter Domschke und Hansgeorg Hofmann†, das nunmehr in einer bearbeiteten und aktualisierten Fassung von den gleichen Autoren vorliegt. Als Vortragender in und im Namen der Ostwald-Gesellschaft hat Prof. Domschke viel zur Propagierung der Anliegen der WOG beigetragen.

Der als Naturwissenschaftler geachtete Wilhelm Ostwald findet als Philosoph in der Gegenwart kaum die ihm gebührende Anerkennung. Der Marxismus - Leninismus hatte gar den Stab über die von ihm vertretene Energetik gebrochen. Mit Mut und Zielstrebigkeit erlangte Prof. Dr. Domschke dennoch die Promotion zum Dr. phil. mit einer Dissertationsschrift zum Thema „Wilhelm Ostwald - Leben und Wirken und Gesellschaftsauffassungen“ an der Karl-Marx-Universität Leipzig 1977. Über einen mit Steinen gepflasterten Weg erreichte Prof. Dr. Domschke 1989 darüber hinaus die Habilitation an der Universität Leipzig mit der Schrift „Die Rezeption der philosophischen und wissenschaftstheoretischen Auffassungen Wilhelm Ostwalds in der marxistisch - leninistischen Philosophie“.

Spätestens an dieser Stelle ist auf den Lebenslauf des Jubilars einzugehen. Geboren 1943 in Trier, aufgewachsen im Erzgebirge, folgte für einen DDR - Lebenslauf nicht ungewöhnlich die Ausbildung zum Tierzüchter mit Abitur, ein Lehrerstudium der Germanistik und der Geografie in Leipzig und bis 1970 eine Tätigkeit als Lehrer an der Agraringenieurschule Zug bei Freiberg/Sachsen. Daran anschließend kam es zu einer Assistenz an der Ingenieurhochschule Mittweida und der Aufnahme eines Fernstudiums zum Diplom-Philosoph an der Universität Leipzig. Die intensive Mitarbeit im unter Leitung von Prof. Dr. Wittich (1910 - 2011) bestehenden Forschungskreis „Erkenntnistheorie“ hatte ihn hin zur Beschäftigung mit den Werken Wilhelm Ostwalds und zu kritischen Sichtweisen auf die in der DDR herrschende marxistisch-leninistische Ideologie geführt. Die Ingenieurhoch-

schule Mittweida ahndete das mit zeitweiliger Delegation in die Industrie oder von 1980 bis 1983 als Lektor für deutsche Sprache und Literatur an der Philosophischen Fakultät der Universität Zagreb.

1993 erfolgte an der heutigen Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences die Berufung zum Professor für Ethik, Technikgenese und Technikfolgenabschätzung. Hier leitete Prof. Dr. Domschke den zentralen Bereich „Studium Generale“ als Vorläufer des Institutes für Kompetenz, Kommunikation und Sprachen. Steht dessen Existenz auch nicht unmittelbar mit der Bewahrung des Erbes von Wilhelm Ostwald in Verbindung, so kann nicht übersehen werden, dass es in seinem Sinne handelt. Vor über einhundert Jahren war für Naturwissenschaftler die Beschäftigung mit philosophischen Fragen nicht außergewöhnlich. Zu denken ist neben Wilhelm Ostwald an Mach, Boltzmann und Einstein. Die altersbedingte Emeritierung von Prof. Dr. Domschke erfolgte nach zweijährigem Prorektorat für Marketing an der Hochschule Mittweida 2009.

Prof. Dr. Jan-Peter Domschke hat die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft maßgeblich mitgeprägt. Dafür danken ihm der Vorstand, der Wissenschaftliche Beirat und die Mitglieder ganz herzlich. Wir wünschen dem Jubilar noch viele Jahre gemeinsamer und fruchtbringender Arbeit bei bester Gesundheit für die Pflege des Erbes von Wilhelm Ostwald.

## Weihnachts- und Neujahrswünsche des Vorstandes

Der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. dankt allen Mitgliedern, Freunden und Förderern für ihre Unterstützung und Mitarbeit, wünscht frohe Weihnachtsfeiertage sowie ein gesundes, friedliches Jahr 2024.

Prof. Dr. Bernd Abel

Dr. Michael Handschuh

Dr. Matthias Friese

*„Daß wir aus unserem Leben und dem unserer Mitmenschen allen Zwang, alle Willenswidrigkeiten soweit entfernen müssen, als sich nur irgend mit dem Problem des Zusammenlebens der Menschen vertragen will. Und gleichzeitig erkennen wir, daß dies umso mehr möglich sein wird, je mehr sich der einzelne Mensch mit dem Solidaritätsgefühl der Menschheit, mit der Empfindung dafür, daß keiner von uns ohne seine Mitmenschen leben kann, und daß daher ihr Wohlsein die Bedingung des unsrigen ist.“*

**(Wilhelm Ostwald: Monistische Sonntagspredigten „Der energetische Imperativ“, 1. Reihe 1911, Nr. 13, S. 103)**



**Wilhelm Ostwald: Riga, Strand, ohne Jahr.**  
© Gerda und Klaus Tschira Stiftung.

Weitere Landschaftsbilder aus dem Schaffen Wilhelm Ostwalds können bis zum **17. März 2024** in der Sonderausstellung im Haus Werk im Wilhelm Ostwald Park Großbothen besichtigt werden. Näheres dazu unter:  
<https://wilhelm-ostwald-park.de/de/ostwald-wissenschaftler-landschaftsmaler>

## Autorenhinweise

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

**Graphische Elemente und Abbildungen** bitte als jeweils eigene Dateien liefern.

Bei **Vortragsveröffentlichungen** ist die Veranstaltung mit Datum und Ortsangabe in einer Fußnote anzugeben.

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

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

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

**Wörtliche Zitate** müssen formal und inhaltlich völlig mit dem Original übereinstimmen.

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

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

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

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

Es folgen einige Beispiele:

### Literatur

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

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

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

## Folgendes Informationsmaterial können Sie bei uns erwerben:

Ansichtskarten vom Landsitz „Energie“ (vor 2009)	0,50 €
Domschke, J.-P.; Lewandrowski, P.: Wilhelm OSTWALD. Urania-Verl., 1982	5,00 €
Domschke, J.-P.; Hofmann, H.: Der Physikochemiker und Nobelpreisträger Wilhelm OSTWALD: Ein Lebensbild. Bearb. u. aktual. Fassung. Sonderheft 23 der Mitt. Wilhelm-OSTWALD-Ges., 2022	10,00 €
Bendin, E.: Zur Farbenlehre. Studien, Modelle, Texte Dresden, 2010	34,00 €
Zu Bedeutung und Wirkung der Farbenlehre W. OSTWALDS Sonderheft zum 150. Geburtstag Wilhelm OSTWALDS Phänomen Farbe 23 (2003), September	5,00 €
Guth, P.: Eine gelebte Idee: Wilhelm Ostwald und sein Haus „Energie“ in Großbothen. Hypo-Vereinsbank Kultur u. Ges. München. Wemding: Appl. (Druck), 1999	5,00 €
Edition OSTWALD 1: Nöthlich, R.; Weber, H.; Hoßfeld, U. u.a.: „Substanzmonismus“ und/oder „Energetik“: Der Briefwechsel von Ernst Haeckel und Wilhelm OSTWALD (1910-1918). Berlin: VWB, 2006 (Preis f. Mitgl. d. WOG: 15,00 €)	25,00 € 15,00 €
Edition OSTWALD 2: „On Catalysis“ /hrsg. v. W. Reschetilowski; W. Hönle. Berlin: VWB, 2010 (Preis f. Mitgl. d. WOG: 15,00 €)	25,00 € 15,00 €
Mitteilungen der Wilhelm-OSTWALD-Gesellschaft: Heft 1/1996-1/2008 je ab Heft 2/2008 je	5,00 € 6,00 €
Mitteilungen der Wilhelm-OSTWALD-Gesellschaft (Sonderhefte 1-26), Themen der Hefte u. Preise finden Sie auf unserer Homepage	div.
Beyer, Lothar: Wege zum Nobelpreis. Nobelpreisträger für Chemie an der Universität Leipzig: Wilhelm OSTWALD, Walther Nernst, Carl Bosch, Friedrich Bergius, Peter Debye. Universität Leipzig, 1999.	2,00 €