

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

29. Jg. 2024, Heft 1

ISSN 1433-3910

---

## Inhalt

Zur 78. Ausgabe der „Mitteilungen“ .....	3
Goethe und die Farben <i>Wilhelm Ostwald</i> .....	4
Vom Spektrum des weißen Lichts zu den RGB- und CMY-Farben <i>Wolfgang Oehme</i> .....	8
Andere auf Ostwalds Spuren <i>Wladimir und Karin Reschetilowski</i> .....	33
Rezension zum Buch von F. R. Schmidt: Gesellschaft - Klima - Energie: Wilhelm Ostwald und die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts <i>Jan-Peter Domschke</i> .....	60
Gesellschaftsnachrichten .....	64
Nachruf auf unser Mitglied Prof. Dr. Egon Fanghänel <i>Horst Hennig</i> .....	65
Ein Mensch, ein Wissenschaftler, ein Denker – Ein Nachruf. Prof. Dr. habil. Konrad Quitzsch <i>Grit Kalies, Ulf Messow, Jürgen Schmelzer</i> .....	67
Ergebnisse der ordentlichen Mitgliederversammlung der Wilhelm-Ostwald- Gesellschaft e.V. 2024. Zusammenfassung <i>Michael Handschuh</i> .....	70
Bericht über die Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023 <i>Michael Handschuh</i> .....	72
Autorenhinweise .....	77

---

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 2024, 29. 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 78. Ausgabe der „Mitteilungen“

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

in diesem Heft veröffentlichen wir einen Beitrag von W. Ostwald „Goethe und die Farben“ von 1924. Hierin hebt er die Verbindung des bildhaften Sehens Goethes mit der Beschreibung in seiner Dichtkunst hervor. Auf der Suche nach der Harmonie der Farben ist dem Dichturfürsten eine Ordnung der gesamten Farbewelt gelungen und er kann als einer der Begründer der physiologischen Farbenlehre angesehen werden.

In seinem Beitrag „Vom Spektrum des weißen Lichts zu den RGB- und CMY- Farben“ entwickelt Wolfgang Oehme, ausgehend vom Spektrum des weißen Lichts, die RGB- und CMY-Farbsysteme der additiven bzw. subtraktiven Farbmischung. Es schließen sich Betrachtungen zum Farbwürfel des RGB-Farbraums und zur Darstellung von RGB-Farben im CIE-Diagramm der Internationalen Beleuchtungskommission an. Im Anhang wird die Bilddarstellung auf Farbbildschirmen und der Druck mit Farbdruckern sehr anschaulich beschrieben.

Wladimir und Karin Reschetilowski verdanken wir ein Ostwald-Essay aus der russischsprachigen Ausgabe des Buches „Große Chemiker“, erstmals in deutscher Übersetzung und mit weiteren zusätzlichen Anmerkungen und Ergänzungen versehen. Die populärwissenschaftlichen Essays aus Manolovs Buch, darunter auch die an die Ostwald'schen „Lebenslinien“ angelehnte historisch wahre Geschichte wurde auf besonders originelle, literaturprosaische Art verfasst. Darin schilderte er in einer lebendigen und bildhaften Sprache interessante biographische Episoden, die die typischen Charaktereigenschaften sowie die wichtigsten Meilensteine des Schaffens Ostwalds gut wiedergeben.

In der Rezension zum Buch von Friedrich Reinhard Schmidt „Gesellschaft - Klima - Energie: Wilhelm Ostwald und die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts“ zeigt Jan-Peter Domschke, dass für den Buchautor Wilhelm Ostwald ein Vordenker war, der auch für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts große Bedeutung besitzt. Im vorliegenden Buch werden in acht Aufsätzen Gegenwartsprobleme erörtert und Antworten versucht. Mit dem Vorabdruck des Aufsatzes „Mensch-Klima-Energie. Wilhelm Ostwald, ein Vordenker in der Klimadebatte“ im vorangegangenen Heft unserer Mitteilungen haben wir bereits auf das jetzt erschienene Buch aufmerksam gemacht.

Das Heft beschließen die Gesellschaftsnachrichten mit Nachrufen auf das langjährige Mitglied des Vorstandes und Beirates unserer Gesellschaft Egon Fanghänel und den ehemaligen Vorsitzenden und langjähriges Ehrenmitglied unserer Gesellschaft Konrad Quitzsch. Michael Handschuh berichtet über die Mitgliederversammlung und die Veranstaltung zur Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises an Dr. Alexander John Cruz.

## Goethe und die Farben<sup>1</sup>

Wilhelm Ostwald

Von allen Sinneswerkzeugen war bei Goethe das Auge am reichsten ausgebildet. Die wunderbare Anschaulichkeit seiner Dichtung beruht in erster Linie darauf, daß er stets ein zum Malen deutliches Bild dessen vor Augen hatte, was er in den Zauberklang seiner Sprache zu kleiden gedachte. Bilder wie:

Und wenn im blauen Raum verloren,  
Ihr holdes Lied die Lerche singt,

oder im Liede an den Mond:

Füllest wieder Busch und Tal,  
Still mit Nebelglanz,

oder im „Faust“:

Wie kläglich steigt die unvollkommene Scheibe  
Des späten Monds mit roter Glut heran,

bieten mehr, als der stärkste Maler leisten könnte. Denn sie vereinigen vollkommene Anschauung mit vollkommenem Wohlklang des Wortes. Und dabei sind sie von naturwissenschaftlicher Genauigkeit. Wir hören die Lerche in der Höhe singen, aber wir müssen erst suchen, bevor wir sie finden. Denn da das Gebiet des scharfen Sehens auf der Netzhaut eng begrenzt ist, dauert es immer einige Zeit, bis wir ihr Bild auf den „gelben Fleck“ gebracht haben, wo es allein deutlich erkannt werden kann. Noch bekannter als bei der Lerche ist uns heute das „Verlorensein im blauen Raum“, wenn wir am Himmel den Flieger suchen, dessen Motor wir längst deutlich gehört haben. Und jene silberglänzende Mondnacht, die der sprachgewaltige Dichter in unserem geistigen Blickfelde so bildhaft entstehen läßt, ist naturwissenschaftlich genau dadurch gekennzeichnet, daß die Nebelschleier sich tatsächlich aus wohlbekanntenen Ursachen bei Windstille und zunächst in den Tälern und an den Büschen entwickeln. Und der späte Aufgang der unvollkommenen Mondscheibe ist die exakte Beschreibung der Verhältnisse, wie sie sich bei abnehmendem Monde mit astronomischer Notwendigkeit einstellen. Selbst die „rote Glut“ ist an den Mondaufgang gebunden und macht dem silberweißen Schimmer erst später Platz, nachdem das Gestirn der Nacht sich so weit über den Horizont erhoben hat, daß sein Licht nicht mehr durch die Trübung der Atmosphäre des kurzweiligen Anteils beraubt wird.

---

<sup>1</sup> Abschrift von: OSTWALD, W.: Goethe und die Farben. Neue Freie Presse. 61 (1924), 21656 vom 28.12., S. 4-5.

Erkennen wir dergestalt, welche große Bedeutung die wissenschaftliche Genauigkeit der Auffassung und Beschreibung aller durch das Auge vermittelten Naturerscheinungen für den poetischen Wert von Goethes Dichtungen hat, so verstehen wir leicht das unbedingte Vertrauen des Dichters in die Wissenschaft. Die noch unbekanntes Gesetze der Dichtkunst wollte er ergründen, um künftig seine poetischen Werke sicherer und wirksamer gestalten zu können. In der verwandten und ihm besonders naheliegenden Kunst der Malerei hoffte er das Vorbild zu finden, von dem er seine Forschungen nach der wissenschaftlichen Begründung der Dichtkunst leiten lassen könnte. Daß er sich nicht an die Tonkunst wandte, welche ihm in dieser Beziehung sehr viel bessere Dienste hätte leisten können, lag eben daran, daß bei ihm der Sehsinn so unvergleichlich viel höher ausgebildet war, als der Hörsinn. Das Glück der Töne war ihm nur ausnahmsweise zugänglich, und es bedurfte der entscheidenden Mithilfe jenes stärksten Gefühls, das sein Leben erfüllte und verschönte, um ihn gelegentlich „das Doppelglück der Töne und der Liebe“ empfinden zu lassen. Das Auge dagegen war ihm ein stets empfangsbereites Organ; war er doch recht eigentlich „zum Sehen geboren, zum Schauen bestellt“.

Nur fand er für den Anteil der Form in den bildlichen Kunstwerken zwar anerkannte Gesetze vor - die Perspektive war sogar schon eine gut entwickelte Wissenschaft - für den Anteil der Farbe dagegen versagte die Kunstlehre seiner Zeit vollständig. Auch heute ist es noch nicht anders geworden. Wenn nun Goethe auf seiner Suche nach den allgemeinen Gesetzen der Kunst, statt auf den ergebnislosen Umweg über die Bildkunst ganz zu verzichten, den verwegenen Entschluß faßte, durch eigene Forschung diese Lücke auszufüllen, so müssen wir die Ursache dafür eben bei dem starken Vorwalten der Lichtwelt in seinem Bewußtsein suchen. Hat er doch lange geschwankt, ob er Maler oder Dichter werden wollte. Und wir erkennen an seinen zeichnerischen Jugendwerken, die er noch ohne die spätere Beeinflussung durch die zeitgenössische Aesthetik „hingewählt“ hatte, ein ursprüngliches und ganz persönliches Talent, das nur nicht stark genug war, sich gegen die Zeitströmung durchzusetzen, wie es ihm mit seinen Dichtwerken leicht gelang.

So sehen wir ihn durch die ganze Beschaffenheit seiner Persönlichkeit, durch den besonderen Zusammenklang seiner ererbten Gaben auf den Weg der Farbenlehre gedrängt, den er zum Erstaunen seiner Zeitgenossen, seinen sorgenden Freunden zum Kummer, eingeschlagen und durch einen bedeutenden Teil seines Lebens verfolgt hat.

In der Jugendzeit läßt sich allerdings von dieser späteren Leidenschaft noch nichts erkennen. Eine Farbenanschauung wie das Wiedererkennen des Farbenklanges der Bilder des Gerhard Douw beim Anblick der Schusterwerkstatt, wo er bei seinem Besuch in Dresdens Wohnung gefunden hatte, tritt nur vereinzelt auf und gestaltet sich ihm noch nicht zum Problem. Erst die italienische Reise, die so viel in ihm zur Reife brachte, ließ auch die Elemente seines Wesens an das Licht treten. Wissenschaftliches Denken löste überall den Gefühlsüberschwang seiner Jugendjahre ab. Es brachte sein Kunstschaffen zu der vollen und süßen Reife, die wir in Tasso und Iphigenie bewundern. Er gestaltete die Lehre von der Metamor-

phose der Pflanzen, welche ganz und gar eine visuelle, auf der Anschauung im strengen Wortsinne beruhende Lehre ist. Es ließ ihn mit neuer Energie sich in das Problem der bildenden Kunst vertiefen, wo ihm denn die Frage nach der Harmonie der Farben als die große Aufgabe entgegentrat, zu deren Lösung kaum die ersten, noch ganz unzulänglichen Anfänge gemacht waren. Beraten und liebevoll gefördert von der Freundin Angelika Kaufmann in Rom, mit eigener Hand eifrig experimentierend, erwarb er sich zunächst jene vielseitige unmittelbare Anschauung, ohne welche sein Geist alle Betätigung versagte. Getreu der Universalität seines Wesens, bestrebte er sich nach seiner Rückkehr, die Farbe auch nach ihren anderen Seiten kennen zu lernen, insbesondere nach der physikalischen und physiologischen. Er hat selbst in dem Bericht, den er seinem Werk angefügt hat, anschaulich erzählt, wie er sich den dazu gehörigen Apparat von Hofrat Büttner ausgeliehen, aber, verhindert durch die Geschäfte des Tages, nicht in Tätigkeit versetzt hatte, bis zuletzt der Eigentümer nach wiederholten Mahnungen ungeduldig wurde und ihn umgehend zurückforderte. Im letzten Augenblick vor der Ab- sendung richtete er seinen Blick durch ein Glasprisma auf eine weiße Wand, die er, nach seiner allerdings sehr ungenauen Erinnerung an die optischen Vorlesungen des Professors Winkler in Leipzig, in den buntesten Farben erstrahlend erwartete. Er sah sie aber so weiß wie mit bloßem Auge und alsobald entstand bei ihm die Ueberzeugung von der Unrichtigkeit der Newtonschen Farbenlehre, von der er annahm, daß sie die Buntfarbigkeit forderte.

Dies war der Augenblick, wo der tragische Knoten geschürzt ward, der den bisher so rein gesponnenen Faden jener großen Entwicklung unheilbar verwirren sollte. Es war ein Irrtum, daß aus Newtons Zerlegung des weißen Lichtes durch Brechung im Glasprisma folgen sollte, die weiße Wand müsse bunt erscheinen. Vielmehr findet sich schon bei Newton mehrfach die Darlegung, daß die verschiedenen bunten Ablenkungsbilder ausgedehnter Flächen sich zum größten Teil überdecken und deshalb dort überall das ursprüngliche Weiß bilden. Nur an den Rändern, wo Licht und Dunkel aneinandergrenzen, können Farben auftreten. Das war genau das, was Goethe sah und als notwendig erkannte. Statt sich aber zu überzeugen, ob und wie diese Tatsache sich bei Newton erklärt findet, vertiefte er sich in eine erdachte Gegnerschaft, die sich bald in eine ausgeprägte Feindschaft steigerte.

Wie er es von seinen dichterischen Werken gewohnt war, hatte er zunächst seine Gedanken für sich behalten und zur Reife gebracht, bevor er sie seinen Freunden mitteilte. Er war dadurch für die Einwendungen ganz unzugänglich geworden, welche die Fachkundigen unter ihnen gegen seine Angriffe auf die Newtonsche Lehre geltend machten. Vielmehr versuchte er, eine eigene physikalische Theorie an die Stelle jener Lehre zu setzen. Hiermit hatte er sich auf ein Feld begeben, für dessen Bearbeitung ihm die Werkzeuge fehlten. Seine Theorie mußte daher mißglücken und alle gutgemeinten Versuche späterer Verehrer, die mit ihm den Mangel an physikalischen Einzelkenntnissen teilten, haben diese Entscheidung der zeitgenössischen wie der späteren Wissenschaft nicht erschüttern können.

Wir beeilen uns, hinzuzufügen, daß jene mißglückte physikalische Farbentheorie nur einen kleinen Teil der Forschungen ausmacht, durch welche Goethe die Farbenlehre bereichert hat. Wir verdanken ihm zunächst eine wohlüberlegte und durchgreifende Ordnung der gesamten Farbenwelt, welche die heutige Forschung ohne viel Aenderung hat übernehmen können. Sodann hat er durch eine Anzahl originaler Versuche den großen Anteil nachgewiesen, den das Auge selbst an der Art und Beschaffenheit der Farberlebnisse hat und ist so einer der Begründer der physiologischen Farbenlehre gewesen. Das letzte Ziel indessen, auf welches das ganze Unternehmen gerichtet war, die Harmonielehre der Farbe, oder wie er es später schlagend gekennzeichnet hat, die Lehre vom „Generalbaß“ der farbigen Harmonien hat er nicht zu erreichen vermocht. Die Ursache war, daß die Wissenschaft seiner Zeit es noch nicht einmal möglich machte, jene Probleme mit Aussicht auf Erfolg anzugreifen, geschweige denn sie zu lösen.

Zur Kennzeichnung der Sachlage braucht man sich nur zur erinnern, daß um die selbe Zeit, wo Goethe entmutigt seine Farbforschungen einstellte, der hochbegabte Philipp Otto Runge seine Farbkugel erfunden hatte, jene Ordnung aller denkbaren und möglichen Körperfarben, welche sich bis auf die neueste Zeit als die beste aller vorgeschlagenen Farbordnungen erwiesen hat. Der Allgemeinheit ist Runge als einer der künstlerischen Bahnbrecher Deutschlands vom Anfang des neunzehnten Jahrhunderts bekannt geworden, welche für die Entwicklung der Malerei drei Jahrzehnte früher dasselbe geleistet hatten, was die übliche Kunstgeschichte den Franzosen zuschreibt. Aber Lichtwark, der für Runge erfolgreich die Stellung erobert hat, welche ihn in der speziellen Kunstgeschichte zukommt, ist ganz an der wissenschaftlichen Tat vorübergegangen, durch welche er die Farbenlehre auf eine so hohe Stufe gehoben hat, daß die vielgerühmten Arbeiten des Franzosen Chevreul, die der Welt erst ein halbes Jahrhundert später mitgeteilt wurden, nur als Rückschritte bezeichnet werden können.

Goethe hat von Runge gewußt und hat in seine Farbenlehre ein Schreiben von ihm aufgenommen, das mehrere Jahre vor Erfindung der Farbkugel geschrieben war und einen viel weniger entwickelten und durch die mystische Naturphilosophie jener Tage stark getrübbten Standpunkt einnimmt. Obwohl er das Schreiben Runges mit einigen wohlwollenden Bemerkungen einführt, hat er an dessen Inhalt keinen sachlichen Anteil genommen. Auch läßt sich später keine Beeinflussung durch Runges Hauptwerk erkennen.

(Ein Schlußartikel folgt.)

# Vom Spektrum des weißen Lichts zu den RGB- und CMY-Farben

Wolfgang Oehme

Im Beitrag werden, ausgehend vom Spektrum des weißen Lichts, die RGB- und CMY-Farbsysteme der additiven bzw. subtraktiven Farbmischung entwickelt. Daran schließen sich Betrachtungen zum Farbwürfel des RGB-Farbraums und zur Darstellung von RGB-Farben im CIE-Diagramm der Internationalen Beleuchtungskommission an. Im Anhang wird das Wechselspiel zwischen der Bilddarstellung auf Farbbildschirmen und dem Druck mit Farbdruckern vertieft. Der Abschnitt zu den Farbbegriffen soll helfen, die unterschiedlichen Bezeichnungen einzuordnen.

## 1. Spektrum des weißen Lichts und die Grundfarben der additiven bzw. subtraktiven Farbmischung

### Dreifarbentheorie des Farbsehens

Die im vorliegenden Beitrag dargestellten Betrachtungen fußen auf der Dreifarben-theorie. Deshalb soll einleitend auf einige wesentliche Elemente der Theorie eingegangen werden.

Isaac NEWTON (1643-1727) zeigte mit seinen grundlegenden Experimenten, dass sich Sonnenlicht mit einem Glasprisma in ein Farbband, das Spektrum, aufspalten lässt [1]. Er nahm an, dass jede Stelle der Netzhaut für alle einfallenden Lichtreize gleich empfindlich ist. Thomas YOUNG (1773-1829) schlug nach intensiven Studien der NEWTON'schen Ergebnisse vor, dass es auf der Netzhaut nur drei Arten von Farbsensoren gibt; zunächst für Rot, Gelb und Blau, später für Rot, Grün und Violett [2, 3].

Hermann VON HELMHOLTZ (1821-1894) stellte bei der Überlagerung der Lichter zweier Spektren fest, dass die Mischung von Rot, Grün und Violett ein breiteres Farbfeld abdeckt als es mit Rot, Gelb und Blau möglich ist, und schlug deshalb die gleichen Grundfarben wie YOUNG vor [3, 4]. Er leistete entscheidende Beiträge zur Theorie der zusammengesetzten Farben. James Clerk MAXWELL (1831-1879) betrachtet in seinem grundlegenden Artikel einleitend die räumliche Darstellung der Farbmischung. Er kehrte aber nach diesem Grundgedanken zum gleichseitigen Farbdreieck zurück, das bereits andere Farbforscher vor ihm verwendeten hatten und das durch einen geeigneten Schnitt im Farbraum entsteht [5]. Bei seinen Experimenten mit rotierenden Farbkreiseln verwendete er zinnoberrote, smaragdgrüne und ultramarinfarbige Farbpapiere.

Zunächst war naheliegend, dass die Erregung der drei Farbzentren direkt ans Gehirn weitergeleitet wird. Nachfolgend zeigte sich, dass die Reaktion der Farbzentren auf das einfallende Licht nur der erste Schritt der Farbwahrnehmung ist und die komplexe Verarbeitung der Erregungen bereits auf der Netzhaut beginnt (s. [6,

7, 8]). Auf der Netzhaut befinden sich drei Zapfenarten, die das Farbsehen bei Tageslicht ermöglichen. Die Zapfen konzentrieren sich auf den Bereich des schärfsten Sehens des Auges. Die zweite Art der Lichtsensoren, die Stäbchen, sind vorrangig in der Peripherie der Netzhaut zu finden. Sie tragen nicht zum Farbsehen bei, sondern sind für das Sehen bei geringer Helligkeit (Nachtsehen) zuständig.

Abb. 1 zeigt die spektrale Absorption der drei Zapfenarten. Die S-Zapfen (S für Short) haben ihr Absorptionsmaximum bei etwa 420 nm; die M-Zapfen (M für Medium) bei etwa 535 nm und die L-Zapfen (L für Long) bei etwa 565 nm. Alle drei Absorptionskurven überlagern sich über einen großen Spektralbereich. Häufig wird auch die Bezeichnung Blau-, Grün- und Rotzapfen verwendet.

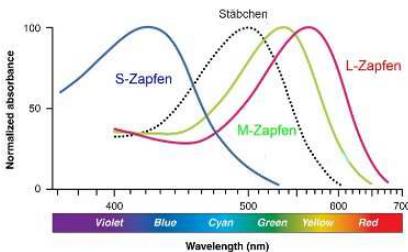


Abb. 1. Spektrale Absorption der drei Zapfenarten (farbig) und der Stäbchen (punktirt), nach [9].

### Additive Farbmischung

Der für das menschliche Auge sichtbare Bereich des Spektrums des weißen Lichts reicht vom Violett bei 380 nm bis zum Rot bei etwa 780 nm. Die sich bei kleineren bzw. größeren Wellenlängen anschließenden ultravioletten und infraroten Bereiche erregen keinen Farbeindruck.

Die drei Grundfarben der additiven Farbmischung Rot, Grün und Blau kann man auf unterschiedliche Weise gewinnen:

- a) Aus dem Spektrum des weißen Lichts:  
Abb. 2 veranschaulicht, wie man das Spektrum des weißen Lichts unterteilen kann, um die drei Grundfarben zu gewinnen. Die drei Teilbereiche werden anschließend getrennt wieder zu einem Farblicht vereint (s. z.B. [10]).
- b) Einfacher gewinnt man die Grundfarben mit Farbfiltern, die im Idealfall nur den roten, grünen oder blauen Anteil des weißen Lichts passieren lassen und die anderen Anteile jeweils ausfiltern.
- c) Leuchtdioden mit dem Maximum ihrer Intensität im roten, grünen bzw. blauen Bereich kommen den aus dem Spektrum gewonnenen Farben nahe (s. Abb. 3).

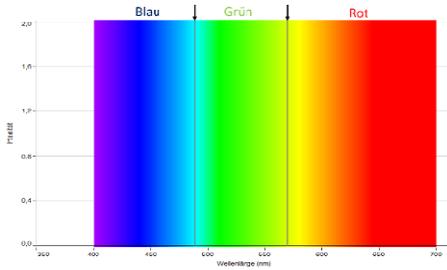


Abb. 2. Unterteilung des Spektrums des weißen Lichts (bei 491 und 570 nm).

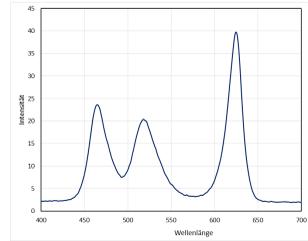


Abb. 3. Spektralzug einer auf Tageslicht abgeglichenen RGB-LED.

Vereinigt man je zwei der drei Teilbereiche des Spektrums, so entstehen die entsprechenden Komplementärfarben Cyan, Magenta und Gelb (Abb. 4).

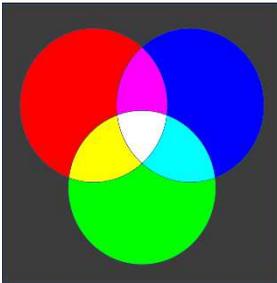


Abb. 4. Additive Mischung überlagerter Farblichter.

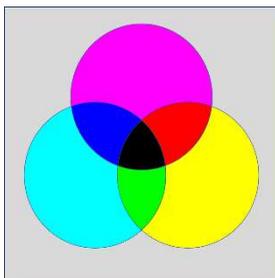


Abb. 5. Subtraktive Farbmischung durch Filter.

### Subtraktive Farbmischung

Für die subtraktive Farbmischung eignen sich Farbfilter, die gerade nur einen der Farbbereiche verschlucken, welche die bei der additiven Farbmischung verwendeten Farbfilter passieren lassen. Die anderen Anteile des weißen Lichts werden durchgelassen. Das Gelbfilter verschluckt im Idealfall nur Blau und lässt Rot und

Grün ungedämpft durch. Das Magentafilter filtert nur Grün und das Cyanfilter nur Rot aus. Da diese Filter den Hauptteil des weißen Lichts durchlassen, erzeugen sie helle Farbflächen. Liegen zwei dieser Farbfilter übereinander, so kann nur der Teil des weißen Lichts passieren, den beide Filter hindurchlassen. Das Paar Gelbfilter - Magentafilter lässt nur rotes Licht durch. Aus Abb. 5 ergeben sich die anderen Kombinationen.

### Vergleich der additiven und subtraktiven Farbmischung

Anhand eines Demonstrationsexperiments sollen additive und subtraktive Farbmischung verglichen werden.

- a) Weg zum Prinzipbild der additiven Farbmischung (s. Abb. 4)

Drei Projektoren mit regelbarer Intensität werden mit einem Rotfilter, einem Grünfilter bzw. einem Blaufilter versehen. Das farbige Licht projiziert man im abgedunkelten Raum auf eine bei Tageslicht weiße Fläche. Werden die drei Farbflächen in Form eines gleichseitigen Dreiecks angeordnet, so entsteht das aus der Literatur bekannte Bild. Dabei muss die Intensität der Einzellichter so eingestellt sein, dass im Zentrum ein weißes Feld entsteht. Zum Zentrum zu werden die Farben heller, bis hin zum Weiß.

Die paarweise Überlagerung der Grundfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) ergibt Cyan (C), Magenta (M) und Gelb (Yellow, Y). Wo sich alle drei Grundfarben überlagern, entsteht Weiß (W). Man kann Abb. 4 aber auch so interpretieren: Rot und Cyan, Grün und Magenta sowie Blau und Gelb ergeben Weiß. Die aufgeführten Farbpaare sind also Komplementärfarben.

- b) Weg zum Prinzipbild der subtraktiven Farbmischung (s. Abb. 5)

Ganz anders geht man vor, um die Farbfelder nach Abb. 5 zu gewinnen. Das weiße Licht einer Lichtquelle wird durch einen, zwei oder drei geeignete Farbfilter geschickt. Verwendet man kreisförmige Cyan-, Magenta- und Gelbfilter, so entsteht Abb. 5 mit Schwarz im Zentrum. Im Gegensatz zur additiven Mischung wird jetzt das Licht zusätzlich abgeschwächt, wenn es zwei oder sogar alle drei Farbfilter durchläuft, bis hin zum schwarzen Zentrum.

Um die additive Farbmischung mit rotem, grünem und blauem Licht auszuführen, benötigt man drei Lichtquellen. Im Gegensatz dazu wird bei der subtraktiven Farbmischung das Licht einer einzigen Lichtquelle entsprechend abgeschwächt. Der Bezug zum Farbmonitor bzw. Farbdrucker ist offensichtlich (s. Anhang 1).

## 2. RGB-Farbraum

Die folgenden Betrachtungen bauen auf den Erkenntnissen von Hermann GRAßMANN (1809-1887) und dem Nobelpreisträger für Physik Erwin SCHRÖDINGER (1887-1961) zur dreidimensionalen Darstellung von Farben auf. Das 1. GRAßMANN'sche Gesetz (1853 aufgestellt) besagt, dass eine Farbvalenz stets eindeutig auf einen gewählten Satz von drei Primärvalenzen beziehbar ist [11, 12]. Die Farbe ist also eine dreidimensionale Größe (s. Abb. 6). Da die additive Farbmischung den Regeln der Vektorrechnung gehorcht, führte SCHRÖDINGER 1920 die vektorielle Darstellung der Farben ein [13].

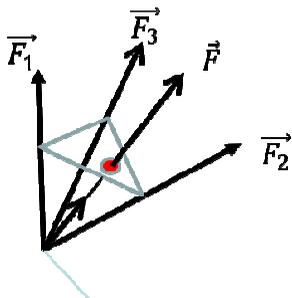


Abb. 6. Farbvektor  $\vec{F}$ , bezogen auf drei Basisvektoren.

Als Basisvektoren wählen wir die drei Grundfarben der additiven Farbmischung Rot, Grün und Blau. Zur Vereinfachung verwenden wir statt der Abstufung 0 ... 255 hier Werte im Intervall  $[0, 1]$ . Die Basisvektoren haben damit die Länge 1 und die Gestalt  $(1, 0, 0)$  für Rot,  $(0, 1, 0)$  für Grün und  $(0, 0, 1)$  für Blau. Sie bilden zusammen das vertraute rechtwinklige Koordinatensystem (Abb. 7). Als Gebilde aller darstellbarer Farben entsteht ein Einheitswürfel. Auf den Eckpunkten liegen neben Rot, Grün und Blau dann Cyan, Magenta, Gelb und Weiß. Den Ursprung bildet Schwarz. Der Ortsvektor vom Ursprung zum Farbpunkt beschreibt durch seine Länge den Farbwert, d.h. die relative Helligkeit. Seine Richtung charakterisiert den Farbton. Jede Farbe wird also durch einen Vektor der Gestalt  $(R, G, B)$  beschrieben, wobei alle drei Komponenten zwischen 0 und 1 liegen müssen. In Vektorschreibweise:

$$\vec{F} = R\vec{R} + G\vec{G} + B\vec{B}.$$

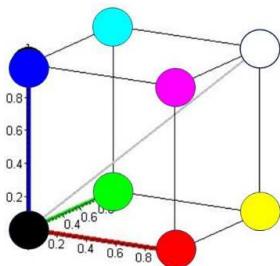


Abb. 7. RGB-Farbraum.

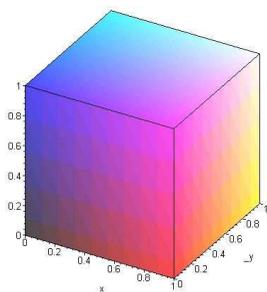


Abb. 8. RGB-Farbwürfel.

Weist man den Punkten auf der Würfeloberfläche die entsprechenden Farben zu, so entsteht der RGB-Farbwürfel (Abb. 8).

### Typische Ansichten und Schnitte des RGB-Würfels

Blickt man schräg von unten auf den Schwarzpunkt sowie schräg von oben auf den Weißpunkt, dann sind insgesamt alle sechs Begrenzungsflächen erkennbar. Während der erste Blick relativ dunkle Farben zeigt, enthalten die Flächen mit dem Weißpunkt helle Farben (Abb. 9 und 10).

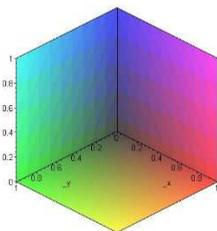


Abb. 9. Blick auf den Schwarzpunkt.

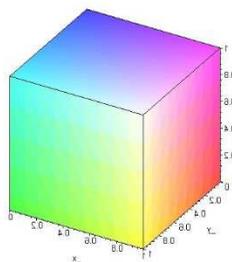


Abb. 10. Blick auf den Weißpunkt.

Ganz entsprechend können Schnitte durch den Farbwürfel farbig korrekt eingefärbt werden. Die Abb. 11 und 12 führen durch die Eckpunkte SBWY bzw. SCWR. Blickt man senkrecht auf diese, so entstehenden Rechtecke. Die Ähnlichkeit mit den Schnitten durch den OSTWALD'schen Doppelkegel ist offensichtlich. Allerdings entstehen hier keine Rhomben, sondern Rechtecke. Die Kanten der Teildreiecke bilden aber auch jetzt die dunkelklaren und hellklaren Farben sowie die Grauleiter (s. [14]).

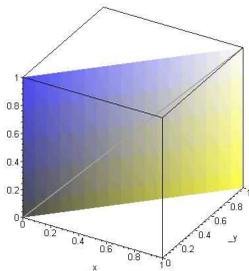


Abb. 11. Schnitt mit den Eckpunkten S, B, W, Y.

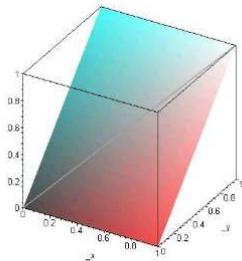


Abb. 12. Schnitt mit den Eckpunkten S, C, W, R.

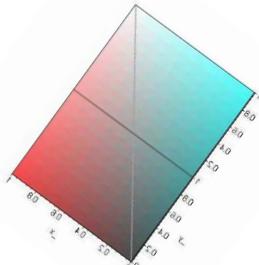
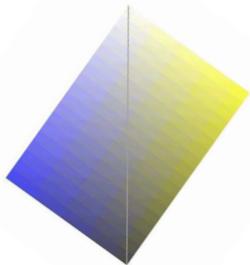


Abb. 13. Senkrechte Blicke mit vertikaler Grauachse.

Schnitte senkrecht zur Verbindungsgerade SW, die durch die Punkte R, G, B bzw. C, M, Y gehen, ergeben Dreiecke. Im Zentrum der Dreiecke liegen die Grauwerte  $(1/3, 1/3, 1/3)$  und  $(2/3, 2/3, 2/3)$ . Das erste Dreieck liegt näher am Schwarzpunkt und zeigt relativ dunkle Farben, das zweite Dreieck näher am Weißpunkt und enthält konsequenterweise hellere Farben (s. Abb. 14).

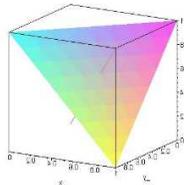
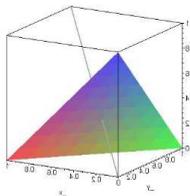


Abb. 14. Schnitte senkrecht zur Grauachse.

Zu den Hüllflächen mit  $R=1$ ,  $G=1$  und  $B=1$  führen die längsten Vektoren aller Farbtöne, weshalb sich auf ihnen auch die hellsten Farben befinden (s. Abb. 7 und 10). Auf der rechten Seitenfläche enden alle Vektoren der Gestalt  $(1, G, B)$ , auf der hinteren Fläche jene der Gestalt  $(R, 1, B)$  und auf der Deckfläche alle der Gestalt  $(R, G, 1)$ . Innerhalb des Würfels liegen dann die dunkleren Farben. Bei ihnen erreicht keine der Komponenten den Wert 1.

Da technisch RGB-Werte zwischen 0 und 255 möglich sind (hier als Dezimalzahlen  $0 \dots 1$ ), beträgt die maximale Auflösung  $256 \times 256$  Farbpunkte pro Hüllfläche. Auf der Oberfläche des RGB-Würfels sind demzufolge dann  $6 \times 256 \times 256 = 390.216$  Farben angeordnet, wobei diese Zahl leicht nach unten korrigiert werden muss, da die Farben auf den Kanten zu zwei Flächen gehören und die Eckpunkte sogar zu drei. Die exakte Zahl liegt immer noch über 390.000. Im RGB-Raum sind 256 Flächen mit jeweils  $256 \times 256$  Farben gestapelt. Mithin enthält er über 16 Millionen Farben.

## Farbkreis und Helligkeit

### Farbkreis

Stellt man den Würfel mit dem Schwarzpunkt so auf die Projektionsebene, dass die Grauleiter senkrecht steht, so sieht man ein regelmäßiges Sechseck. Im Zentrum liegt der Weißpunkt, an den Ecken die vertrauten Farben in der Abfolge Rot, Gelb, Grün, Cyan, Blau, Magenta (Abb. 15).

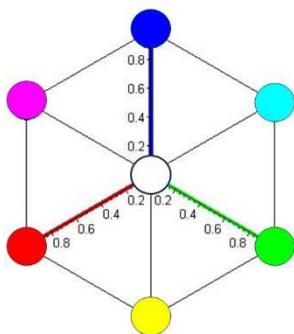


Abb. 15. Projektion des RGB-Farbraums.



Abb. 16. RGB-Farbkreis.

Verschiebt man die auf den Kanten liegenden Farbtöne auf den Umkreis, dann entsteht der Farbkreis des RGB-Farbsystems. Auf diesem liegen die Grundfarben Rot, Grün und Blau um jeweils  $120^\circ$  versetzt. Dazwischen ihre Komplementärfarben Cyan, Magenta und Gelb (Abb. 16). Letztere sind heller, da sie durch zwei Grundlichter erzeugt werden und ihr Farbvektor demzufolge länger ist.

## Helligkeit

Die Länge des Farbvektors gibt die Helligkeit des Farbtons an. Wird die Helligkeit verändert, dann bleibt die Richtung des Vektors im RGB-Raum unverändert. Die Vektoren maximaler Helligkeit eines Farbtons enden auf den Hüllflächen des Farbwürfels. Die Farbvektoren der Grundfarben Rot, Grün und Blau haben definitionsgemäß die Länge 1, die der Komplementärfarben Cyan, Magenta und Gelb die Länge  $\sqrt{2}$  und der Vektor zum Weißpunkt  $\sqrt{3}$ .

Mit  $\vec{F}_{\max} = (R, G, B)$  folgt  $\vec{F} = c\vec{F}_{\max} = c(R, G, B) = (cR, cG, cB)$ . Der Anteil aller drei Grundfarben wird um den gleichen Faktor verändert. Wird die Helligkeit verringert, dann wandert der Farbpunkt in Richtung des Schwarzpunktes, dem Ursprung des Farbraums.

Das Zusammenstauchen des Farbwürfels längs der Raumdiagonalen (s. Abb. 17) bringt eine Aussage über die Farbsättigung. Diese nimmt vom Weißpunkt aus nach außen zu. Die in der Projektionsebene liegenden Punkte haben im RGB-Raum aber ganz unterschiedliche Orte. Eine einfache quantitative Aussage erscheint deshalb aus den RGB-Koordinaten nicht ableitbar. Dafür ist der RGB-Raum auch nicht vorgesehen. Seine Stärke liegt darin, den Ort eines Farbpunktes im Farbraum eindeutig durch die RGB-Werte zu bestimmen und aufzuzeigen, wohin der Farbpunkt wandert, wenn diese Werte verändert werden. Diese Stärke kann man nutzen, um den Weg eines Farbpunktes zum Weißpunkt zu beschreiben. Die Betrachtungen zur Farbsättigung greifen wir im Zusammenhang mit dem CIE-Diagramm wieder auf. Die dabei erforderliche lineare Transformation der RGB-Werte zeigt, dass der Bezug von RGB-Werten und Farbsättigung etwas aufwändig ist.

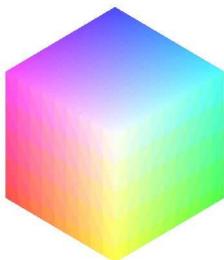


Abb. 17. Projektion des Farbwürfels.

## Weg zum Weißpunkt

Auf dem Weg zum Weißpunkt ändert sich sowohl die Länge als auch die Richtung des Farbvektors, also Helligkeit und Sättigung.

### Beispiel: Übergang von Blau zu Weiß

Als Beispiel wählen wir den blauen Eckpunkt des RGB-Würfels und verfolgen seinen Weg zum Weißpunkt. Es gilt also, den Übergang vom Punkt  $[0, 0, 1]$  zu Punkt  $[1, 1, 1]$  auf der Deckfläche des Würfels zu beschreiben. Zur Veranschauli-

chung verwenden wir den uns vertrauten Schnitt durch den Würfel (s. Abb. 11). Für die vektorielle Beschreibung gibt es zwei Wege:

1. Darstellung des Vektors als Summe zweier geeigneter Teilvektoren

Abb. 18 führt dies für einen Vektor auf dem Weg zum Weißpunkt aus:

$\vec{F} = b\vec{B} + w\vec{W}$  mit  $b + w = 1$ . Oder:  $(R, G, B) = b(0, 0, 1) + w(1, 1, 1) = (w, w, b + w)$ . Alle Komponenten werden also um den gleichen Summanden erhöht.

2. Beschreibung mit Differenzvektor

Zunächst ist der Vektor zu bestimmen, der vom Blaupunkt zum Weißpunkt reicht. Danach kann der Weg des Farbpunktes beschrieben werden (s. Abb. 19).

Mit  $\vec{B} + \vec{D} = \vec{W}$  ergibt sich  $\vec{D} = \vec{W} - \vec{B} = \vec{BW}$ . In arithmetischen Komponenten lautet das Ergebnis:  $(R_D, G_D, B_D) = (1, 1, 1) - (0, 0, 1) = (1, 1, 0)$ . Der Differenzvektor verläuft horizontal, parallel zum Ortsvektor des Gelbpunktes in der Grundfläche.

Für den Blauton mit Weißgehalt folgt jetzt:  $(R, G, B) = (0, 0, 1) + d(1, 1, 0) = (d, d, 1)$ .

Beide Wege sind natürlich gleichwertig und gelten analog für alle anderen Eckpunkte des Farbwürfels. Die Wege können auf beliebige Farbvektoren verallgemeinert werden. Da alle Farbvektoren als Ortsvektoren definitionsgemäß im Ursprung beginnen, spannen sie gemeinsam mit dem Ortsvektor des Weißpunktes eine Ebene auf, in der der Schwarzpunkt, der Weißpunkt und der Farbpunkt liegen.

Abb. 20 illustriert den Weg: Mit dem Ortsvektor des Ausgangspunktes  $F_0 = (R_0, G_0, B_0)$  und dem Farbvektor  $F = (R, G, B)$  ergeben sich die beiden gleichwertigen Gleichungen  $\vec{F} = f\vec{F}_0 + w\vec{W}$  und  $\vec{F} = \vec{F}_0 + d\vec{D}$ . Auf dem Weg zum Weißpunkt verringert sich der Faktor  $f$  von 1 auf 0, während der Faktor  $w$  von 0 auf 1 steigt. Der Faktor  $d$  wächst ebenso von 0 auf 1.

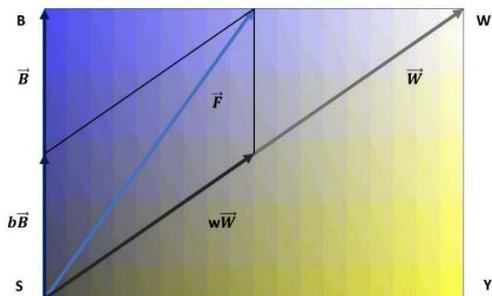


Abb. 18. Komponenten des Farbvektors  $\vec{F}$ .

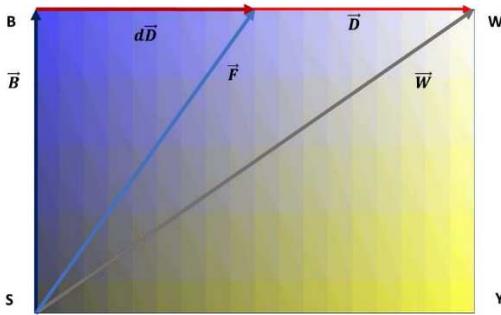


Abb. 19. Beschreibung mit Differenzvektor.

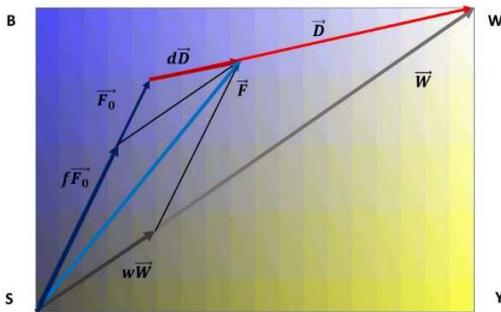


Abb. 20. Verallgemeinerung der beiden Wege.

Dominierende Farbe eines Farbtons

Beispiel: Farbpunkt (1, 1/2, 1/4)

Es soll sowohl die Lage des Farbpointes im RGB-Raum als auch die Zerlegung in Komponenten betrachtet werden (s. Abb. 21).

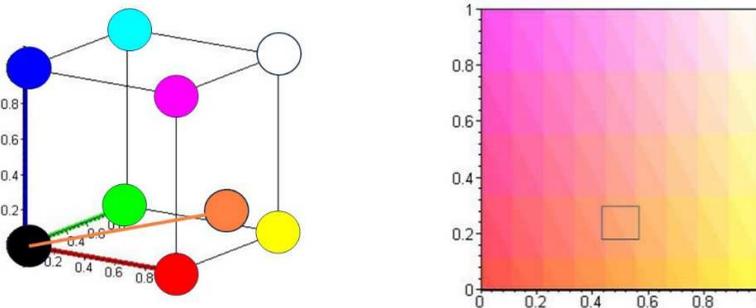


Abb. 21. Farbpunkt (1, 1/2, 1/4) im RGB-Farbraum und in der RMWY-Fläche.

$$\left(1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}\right) = \left(\frac{3}{4}, \frac{1}{4}, 0\right) + \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4}(1,0,0) + \frac{1}{4}(0,1,0) + \frac{1}{4}(1,1,1) = \frac{1}{2}(1,0,0) + \frac{1}{4}(1,1,0) + \frac{1}{4}(1,1,1)$$

Original = Farbe + Weiß = Rot + Grün + Weiß = Rot + Gelb + Weiß

Übereinstimmend mit den Originalkomponenten liegt der Farbpunkt in der Höhe  $\frac{1}{4}$  direkt über dem Mittelpunkt der Verbindungslinie Rot-Gelb. Ergebnis: ein blasses Orange.

### 3. CMY-Farbraum

Abb. 22 zeigt den CMY-Farbraum mit Weiß als Ursprung. Die Basisvektoren mit der Einheitslänge 1 sind jetzt die Farbvektoren der Farben Cyan, Magenta und Gelb. Die Ortsvektoren der Farben Rot, Grün und Blau haben in diesem Koordinatensystem die Länge  $\sqrt{2}$ . Der Schwarzpunkt liegt am Ende der Raumdiagonalen mit den Koordinaten  $[1, 1, 1]$ .

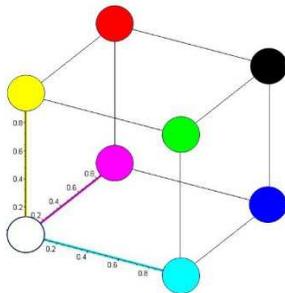


Abb. 22. CMY-Farbraum.

Da die relative Lage der Farben unverändert bleibt, entspricht der zugehörige Farbwürfel dem des RGB-Raums (s. Abb. 8).

Der Ortsvektor einer Farbe (C, M, Y) gibt somit an, welcher Prozentsatz des maximalen Auftrags an Farbtinte benötigt wird, um auf weißem Papier diesen Farbton zu drucken. Im RGB-Raum sagte der Ortsvektor aus, welche relative Intensität die drei Farbanteile R, G, B haben müsse, um vom Schwarz zur gewünschten Farbe zu kommen.

Formal unterscheiden sich der RGB- und der CMY-Farbraum nur durch das Vertauschen des Schwarz- und Weißpunktes:

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Unsere Vorbetrachtungen zur additiven und subtraktiven Farbmischung (s. Gedanken zu Abb. 4 und 5) in die Sprache der Vektorrechnung übertragen lauten im RGB-Raum:

$$\text{additiv: } \vec{R} + \vec{C} = \vec{G} + \vec{M} = \vec{B} + \vec{Y} = \vec{W},$$

subtraktiv:  $\vec{C} = \vec{W} - \vec{R}$ ,  $\vec{M} = \vec{W} - \vec{G}$ ,  $\vec{Y} = \vec{W} - \vec{B}$ ,

verallgemeinert in Spaltenschreibweise:  $\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$ , (1)

Beispiel: Ein rotes Feld auf dem Bildschirm soll möglichst farbgetreu auf weißes Papier gedruckt werden. Dazu muss man Magenta und Gelb mit dem Maximalwert auf weißes Papier spritzen:

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Dies entspricht auch unserem Gefühl: Um eine blasse Farbe zu drucken, muss wenig Tinte auf das weiße Papier aufgetragen werden; satte Farben erfordern eine dickere Schicht.

Aus den Betrachtungen folgt, dass viel Farbtinte nötig ist, um gesättigte rote, grüne und blaue Farben zu drucken. Bei vielen Farben wären sogar alle drei Patronen im Einsatz, z.B. bei verhüllten Farben nahe der Grauleiter im RGB-Raum, extrem bei dunklem Grau oder gar Schwarz. Die Standardaufgabe, einen schwarzen Text zu drucken, wäre eine Mammutaufgabe, die zu keinem brillanten Druckbild führen würde. Konsequenterweise wird eine zusätzliche Schwarzpatrone eingesetzt. Dies führt aber dazu, dass für die Berechnung des Druckauftrags eine vierte Angabe nötig wird:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \\ K \end{pmatrix}$$

Dabei steht K für Schwarz (Key; B (Black) ist bereits für Blau/Blue vergeben). Näheres bringt Anhang 1 im Abschnitt Farbdruck.

#### 4. RGB-Farben im CIE-Diagramm

Das CIE-Normfarbsystem der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE - Commission internationale de l'éclairage) stellt den Bezug zwischen der Farbwahrnehmung (Farbe) und den physikalischen Ursachen der Farbreize (Farbvalenzen) her. Kernstück ist die zweidimensionale CIE-Normfarbtafel (s. Abb. 23, rechts) mit den rechtwinkligen Koordinaten x und y. Das System umfasst die Gesamtheit aller wahrnehmbaren Farben, die der Spektralzug samt Purpurgerade umschließt. Die hier betrachteten, von technischen Geräten erzeugten Farben sind eine Teilmenge dieses Farbraums.

##### Weg zum CIE-Diagramm

Das 1931 aufgestellte Farbsystem beruht auf Farbabgleich-Versuchen mit insgesamt 17 normalsichtigen Personen. Im Experiment wurde in einem Farbfeld schrittweise das Spektrum des weißen Lichts durchlaufen (Schrittweite 5 bzw. 10 nm). Aufgabe der Versuchspersonen war es, im Vergleichsfeld die gleiche Far-

be durch die additive Mischung dreier Grundvalenzen einzustellen (Blau:  $\lambda = 436 \text{ nm}$ ; Grün:  $\lambda = 546 \text{ nm}$ , Rot:  $\lambda = 700 \text{ nm}$ ). Erstere sind Hg-Spektrallinien, Rot wurde aus dem roten Ende des Glühlampenspektrums ab  $\lambda \geq 700 \text{ nm}$  gewonnen (s. Abb. 23, links). Das gemittelte Ergebnis, durch mehrere Versuchsreihen erzielt, fasst Abb. 24 zusammen.

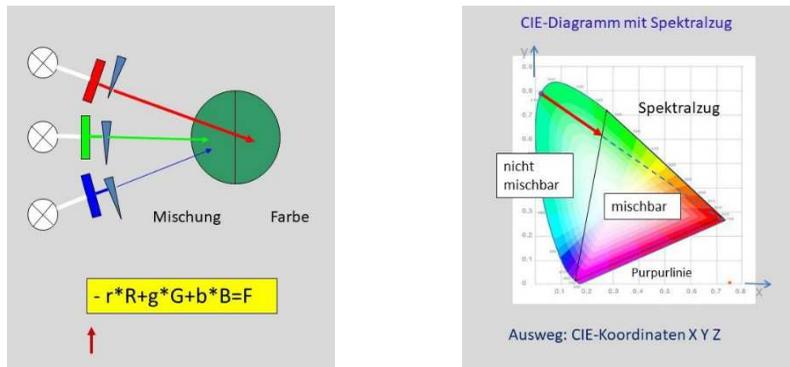


Abb. 23. Äußere Farbmischung (links: Prinzip, rechts: CIE-Diagramm).

Aus Abb. 23 ist ersichtlich, dass der gekrümmte Spektralzug zu wesentlichen Teilen außerhalb des Farbdreiecks verläuft. Farben innerhalb des Dreiecks lassen sich durch die drei Grundfarben additiv mischen (innere Mischung). Um den Abgleich bei den außerhalb liegenden Farben zu erreichen, muss jedoch der zu vermessenden Farbe  $F$  rotes Licht zugemischt werden (äußere Mischung):

$gG + bB = F + rR$  und damit  $-rR + gG + bB = F$ . Der rote Farbanteil erhält also ein negatives Vorzeichen. Der ins CIE-Diagramm eingezeichnete Pfeil veranschaulicht die nötige Verschiebung in Richtung der roten Grundvalenz.

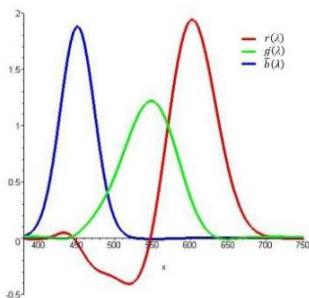


Abb. 24. Normabgleichwerte  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ ,  $b(\lambda)$  für die entsprechenden Farbanteile (nach [15]).

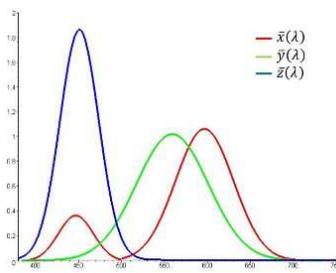


Abb. 25. CIE-Spektralwertfunktionen  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  (nach [15]).

Die dadurch im Bereich von 450 bis 550 nm für  $\bar{r}(\lambda)$  entstehenden negativen Werte sind für eine praktische Nutzung unerwünscht. Mit virtuellen Grundvalenzen X, Y, Z, die zu einem Farbdreieck führen, welches den gesamten Spektralzug nebst Purpurgerade einschließt, kann dieser Makel behoben werden. Allerdings bedeutet dieser Schritt, dass man von den realen Farbvalenzen RGB zu reinen Rechengrößen übergeht. Vom RGB-System zum XYZ-System gelangt man durch eine lineare Transformation (s. Gl. 2 nach [15]). Die Transformation wandelt die in Abb. 24 dargestellten Normabgleichfunktionen  $\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$  in die Spektralwertfunktionen  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$  um, die keine negativen Werte durchlaufen.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,77 & 1,75 & 1,13 \\ 1 & 4,59 & 0,06 \\ 0 & 0,06 & 5,59 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (2)$$

Normiert man die X-, Y-, Z-Werte, so ergeben sich die x-, y- und z-Koordinaten der Farbe im CIE-Diagramm:  $x = \frac{X}{X+Y+Z}, y = \frac{Y}{X+Y+Z}, z = \frac{Z}{X+Y+Z}$ . (3)

Für die Ergebnisse gilt demzufolge:  $x + y + z = 1$ . Deshalb genügt ein zweidimensionales Diagramm, um die Farbvalenzen mit dem Spektralzug zu vergleichen.

Die Gleichung erinnert an die OSTWALD'sche Gleichung für die Anteile an Vollfarbe (v), Weißgehalt (w) und Schwarzgehalt (s) einer Farbprobe  $v + w + s = 1$ , die ihm bei Farbkreiseexperimenten und Filtereinsatz half, die Anteile elegant zu bestimmen [14, 16]. Abb. 26 veranschaulicht dies für die Kanten des roten Farbdreiecks anhand zunächst ruhender und dann schnell rotierender „Farbscheiben“ (Grauleiter, hell- und dunkelklare Farben).



Abb. 26. Additive Farbmischung durch rotierende Scheiben.

Allerdings muss man sich dessen bewusst sein, dass durch die Normierung die Helligkeit (Länge des Farbvektors) verloren geht. Alle Vektoren gleicher Richtung im RGB-Farbraum (Farbton) werden deshalb auf den gleichen Punkt im CIE-Diagramm abgebildet. Das abgedunkelte Rot bekommt also den gleichen Ort im xy-Diagramm wie das hellste Rot:  $(0,5; 0; 0) = 0,5 (1; 0; 0) \rightarrow (0,73; 0,27; 0)$ .

Analog liegt ein Grauton auf dem Weißpunkt:  $(0,25; 0,25; 0,25) = 0,25 (1, 1, 1) \rightarrow (1/3, 1/3, 1/3)$ .

Im CIE-Diagramm sind die gesättigten Farben aller Farbtöne dargestellt. Die maximal erreichbare Sättigung besitzen die Farben auf dem Spektralzug einschließlich der Purpurgeraden. Zum Weißpunkt hin nimmt die Sättigung stetig ab.

Für die Berechnung im XYZ-System gelten die Gleichungen (nach [6]):

$$\begin{aligned} X &= k \int \varphi_{\lambda} \bar{x}(\lambda) d\lambda \approx k \sum \varphi_{\lambda} \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \\ Y &= k \int \varphi_{\lambda} \bar{y}(\lambda) d\lambda \approx k \sum \varphi_{\lambda} \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \\ Z &= k \int \varphi_{\lambda} \bar{z}(\lambda) d\lambda \approx k \sum \varphi_{\lambda} \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda . \end{aligned} \quad (4)$$

Demnach sind die Produkte des Farbreizes  $\varphi_{\lambda}$  mit den Spektralwertfunktionen schrittweise zu berechnen und aufzusummieren. Der Farbgleich entfällt also, der mit virtuellen Farbvalenzen sowieso nicht möglich wäre. Dieser Vorteil scheint durch einen großen Rechenaufwand erkauft zu sein. Aber sowohl die Spektralwertfunktionen als auch die mit einem Spektrometer bestimmte spektrale Verteilung des farbigen Lichts liegen tabellarisch vor. Es muss nur noch die Schrittweite  $\Delta\lambda$  angepasst werden. Mit einem Tabellenkalkulationsprogramm ist es dann nur noch ein kurzer Weg zu den Werten von X, Y und Z.

#### Beispiel 1:

Für ein Spektrallicht mit  $\lambda \approx 580 \text{ nm}$  ergibt sich mit  $\bar{x} = \bar{y} = 0,89, \bar{z} = 0$  dann  $x = y = 0,5$  (s. Abb. 28). Was natürlich mit der Lage im CIE-Diagramm übereinstimmt (Orange des Spektralzugs, s. z.B. Abb. 23 oder 31).

#### Beispiel 2:

Für eine bei Farbexperimenten eingesetzte RGB-LED wurden nach dem angedeuteten Vorgehen die Farborte im CIE-Diagramm für die drei Einzellichter Rot, Grün und Blau berechnet. Zur Kontrolle auch noch für die Mischfarben Cyan, Magenta und Gelb und das summarische Weiß. Die Spektralwerte wurden mit dem Spektrometer PS-2600 der Firma Pasco ermittelt.

Abb. 27 und 28 veranschaulichen die Teilschritte für das grüne Teillicht. Die Spalten der Tabelle enthalten die Wellenlänge  $\lambda$  in Schritten von  $\Delta\lambda = 10 \text{ nm}$ , die zugehörigen Werte der Spektralwertfunktionen  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ , die Spektralwerte des untersuchten Lichts  $\varphi_{\lambda}$ , die Produkte  $\varphi_{\lambda} \bar{x}(\lambda), \varphi_{\lambda} \bar{y}(\lambda), \varphi_{\lambda} \bar{z}(\lambda)$  und die zu X, Y und Z führenden Summen der Spaltenwerte. Die notwendige Normierung führt zu  $x = 0,13; y = 0,75$  und  $z = 0,12$ , deren Summe  $x + y + z = 1$  ist. Der Farbort ist in Abb. 29 grün markiert.

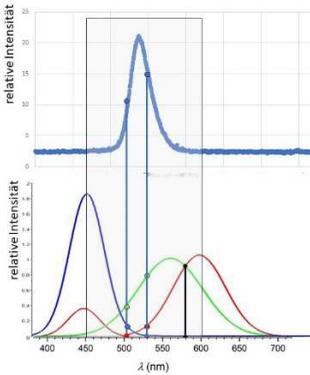


Abb. 27. Prinzip der Berechnung von X, Y und Z.

	$\lambda$ in nm	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$	$\varphi$	$\varphi\bar{x}$	$\varphi\bar{y}$	$\varphi\bar{z}$
8	450	0,3362	0,038	1,7721	0	0	0	0
9	460	0,2908	0,06	1,6692	0	0	0	0
10	470	0,1954	0,091	1,2876	0,1	0,01954	0,0091	0,12876
11	480	0,0956	0,139	0,8132	0,2	0,01912	0,0278	0,16264
12	490	0,0320	0,2080	0,4652	1,3	0,0416	0,2704	0,60476
13	500	0,0049	0,3230	0,2720	5,3	0,02597	1,7119	1,4416
14	510	0,0093	0,503	0,1582	14,5	0,13485	7,2935	2,2939
15	520	0,0633	0,71	0,0782	17,8	1,12674	12,638	1,39196
16	530	0,1655	0,862	0,0422	12,3	2,03565	10,6026	0,51906
17	540	0,2904	0,954	0,0203	6,5	1,8876	6,201	0,13195
18	550	0,4334	0,995	0,0087	3	1,3002	2,985	0,0261
19	560	0,5945	0,995	0,0039	1,1	0,65395	1,0945	0,00429
20	570	0,7621	0,952	0,0021	0,3	0,22863	0,2856	0,00063
21	580	0,9163	0,87	0,0017	0	0	0	0
22	590	1,0263	0,757	0,0011	0	7,47385	43,1194	6,70565
23	600	1,0622	0,631	0,0008	0	0	0	0
24	610	1,0026	0,503	0,0003	0	X	Y	Z

Abb. 28. Tabellenkalkulation am Beispiel des grünen LED-Lichts.

Entsprechend wurden die Koordinaten für alle anderen Farben berechnet. Abb. 30 zeigt, dass das Farbdreieck eine befriedigende Fläche im CIE-Diagramm einschließt und der Weißpunkt und die Mischfarben korrekt liegen.

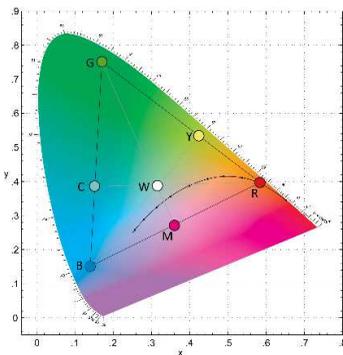


Abb. 29. Farbdreieck der RGB-LED im CIE-Diagramm.

### Beispiel 3:

Für die grüne Farbprobe (Nr. 76) in der Abbildung auf Seite 14 der zweiten Auflage der Farbfibel von Wilhelm OSTWALD [14] wurde der Farbort im CIE-Diagramm mit einfachen häuslichen Mitteln bestimmt (Scannen mit HP Smart Tank Plus 555, RGB-Werte mit Nikon View NX-i, s. Abb. 30). Da das Spektrum der Lichtquelle und die Remission der Farbprobe einen entscheidenden Einfluss haben, kann nur ein grobes Ergebnis erzielt werden. Mit den mittleren RGB-Werten (100, 180, 95) ergibt sich der Ort (0,33; 0,43) im CIE-Diagramm, ein nicht gesättigtes Grün. Auch der Weißabgleich auf ein mitgescanntes weißes Papier brachte keine nennenswerte Verbesserung. Bei der Neuauflage der Farbfibel [17] sind die hier angedeuteten Schwierigkeiten, die auf dem Weg von den eingeklebten Originalproben bis zum Farbdruk bestehen, gut gemeistert worden, wie anhand der Farbkreise ersichtlich ist.

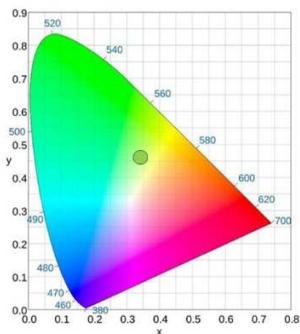
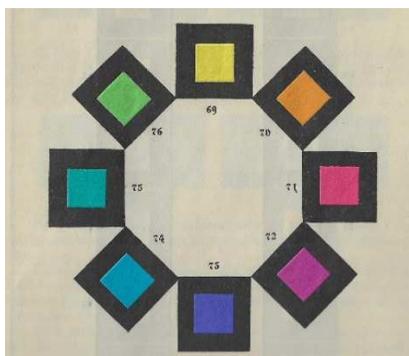


Abb. 30. Farbprobe 76 im CIE-Diagramm.

Das CIE-Normvalenzsystem ermöglicht es [15]:

- Farbreize numerisch zu erfassen,
- technisch darstellbare RGB-Farben mit den insgesamt wahrnehmbaren Farben zu vergleichen,
- verschiedene (RGB-)Farbräume gegenüberzustellen,
- aus einem gegebenen Spektrum den zu erwartenden Farbeindruck zu berechnen.

## 5. Ausblick

Der vorliegende Artikel widmete sich vorrangig dem Wechselspiel zwischen dem additiven RGB- und dem subtraktiven CMY-Farbsystem. Gleichzeitig wurden einige Grundlagen dafür gelegt, um mathematische und naturwissenschaftliche Sachverhalte mit RGB-Farben zu illustrieren. Ein Folgebeitrag bringt die noch nötigen Schritte und stellt ausgewählte Beispiele vor.

## Anhang

### Anhang 1: Farbbildschirm und Farbdrucker

#### Farbbildschirm

Beim Elektronenstrahlbildschirm werden dotierte Sulfide durch den Elektronenstrahl zum Leuchten angeregt (z.B. ZnS: Ag, Al für Blau 435 nm [18]), beim LCD-Bildschirm wird das weiße Hintergrundlicht durch Flüssigkristalle zwischen zwei Polarisierungsschichten moduliert und durch kleine Farbfilter geleitet, beim echten RGB-Bildschirm leuchten die Bildpunkte selbst. Unabhängig davon, wie das Farbbild erzeugt wird, stets entsteht das Gesamtbild aus einem Raster farbiger Punkte (ca. 0,2 mm pro Pixel). Hierbei wird ausgenutzt, dass das menschliche Auge eng beieinander liegende Punkte nicht auflösen kann (s. Abb. 31). Hinzu kommt, dass bei einer Bildfolge nur etwa 16 Bilder pro Sekunde getrennt wahrgenommen werden können. Deshalb sind beim Fernseher 25 Bilder pro Sekunde Standard. Flimmerfreier wird die Bildfolge bei 50 Halbbildern pro Sekunde (50 Hz-Technik). Die 100 Hz-Technik verbessert das Ergebnis nochmals. Wenn man bedenkt, dass ein Standardbildschirm 1026x768 Bildpunkte hat, so wird die technische Herausforderung klar.

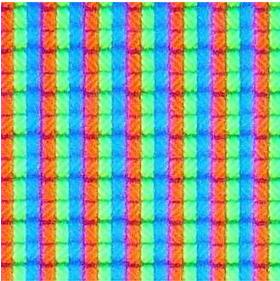


Abb. 31. Raster eines LCD-Bildschirms [19].

Abb. 31 zeigt die Pixelgeometrie eines gängigen LCD-Fernsehbildschirms an einer weißen Stelle. Ein quadratischer Bildpunkt besteht aus rechteckigen Subpixeln.

Bei den Vorbetrachtungen in Abschnitt 1 wurden die Farblichter an- oder abgeschaltet bzw. die Farbfilter aufgelegt oder entfernt. Ein Farbbild besteht aber aus einer Vielfalt an Farbtönen. Zur Ansteuerung der Farbanteile Rot, Grün und Blau dienen meist 8Bit-Worte. Da jedes Bit den Wert 0 und 1 annehmen kann, sind  $2^8 = 256$  Werte zwischen 0 und 255 einstellbar. Weil alle drei Farben unabhängig festlegbar sind, ergeben sich  $2^8 2^8 2^8 = 256^3 = 2^{24} \approx 16 \text{ Millionen}$  darstellbare Farben. Wenn man bedenkt, dass unser Farbsinn etwa 2 Millionen Farben unterscheiden kann [20], so erscheinen die technischen Möglichkeiten mehr als ausreichend. Der Optimismus wird dadurch gedämpft, dass nicht alle Farben (speziell im

grünen Bereich) mit drei gewählten Grundfarben darstellbar sind (s. z.B. Abb. 23 und 32).

### Farbdrucker

Ein Farbdrucker wird zusätzlich zu einer Cyan-, einer Magenta- und einer Gelbpatrone mit einer Schwarzpatrone bestückt. Schwarz kann zwar prinzipiell erzielt werden, wenn auf einen Bildpunkt alle drei Farben gleichzeitig gespritzt werden. Doch dies führt zu einem hohen Tonerverbrauch und ergibt auch nicht die erforderliche Brillanz. Bei einem Druck mit der Auflösung vom 300 dpi (dot per inch) entstehen rund 118 Farbpunkte pro cm.

Um das Schwarz einzubeziehen, ist nur eine rein technische Umrechnung nötig. Sie soll hier an einem Beispiel illustriert und dann verallgemeinert aufgeschrieben werden.

Beispiel: Druck eines dunklen Grüns auf weißes Papier

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1/2 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1/2 \\ 1 \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1/2 \\ 0 \\ 1/2 \end{pmatrix}$$

Spaltet man den CMY-Vektor in einen Farb- und einen Schwarzanteil auf, so erhält man den K-Wert als Vorfaktor des Schwarzvektors. Im Beispiel müssen also Cyan, Gelb und Schwarz zu gleichen Anteilen eingesetzt werden.

Allgemein sind zwei Schritte nötig, um den Vierervektor zu gewinnen (s. z.B. [21]):

- Bestimmung von K:  $K = 1 - \max(R, G, B)$ , (A1)

- Umrechnung der RGB-Koordinaten in CMYK-Koordinaten:

$$C = \frac{1-R-K}{1-K}, \quad M = \frac{1-G-K}{1-K}, \quad Y = \frac{1-B-K}{1-K}. \quad \text{(A2)}$$

Je heller eine RGB-Farbe ist, umso weniger Schwarz muss beim Druck zugemischt werden. Für Farben auf den Flächen des RGB-Farbwürfels mit dem Weißpunkt als einem der Eckpunkte gilt  $K = 0$ , für jene mit dem Schwarzpunkt als einem der Eckpunkte und alle Farben im Innern des Farbwürfels gilt  $K \neq 0$ .  $K$  ist umso größer, je näher der Farbpunkt am Schwarzpunkt liegt.

Der Vergleich der beiden Farbräume im CIE-Diagramm zeigt, dass Rottöne beim Druck gut reproduziert werden (s. Abb. 32). Der Vorteil des CMYK-Farbraums im

Blau-Grün-Bereich verwundert nicht, da beim Farbdruck eine Cyan-Patrone eingesetzt wird.

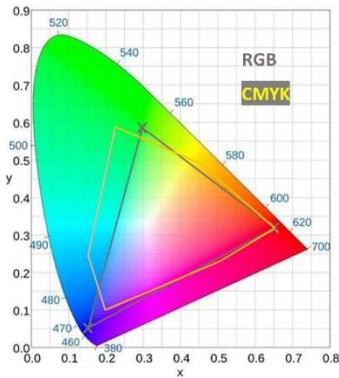


Abb. 32. Vergleich des RGB- und CMYK-Farbraums im CIE-Diagramm (nach [15]).

## Anhang 2: Farbbegriffe

### Komplementäre und kompensative Farben

#### Komplementärfarben

Bereits Isaac NEWTON (1643-1727, greg.) zeigte in einem seiner grundlegenden Experimente [1], dass das durch ein Glasprisma aufgespaltene Sonnenlicht mit einer Sammellinse wieder zum unverfälschten Weiß vereinigt werden kann. Bringt man auf dem Weg zur Projektionswand zusätzlich ein Prisma mit geeignetem kleinem Keilwinkel in den Strahlengang, so wird ein Teil des Lichts leicht abgelenkt. Im Zentrum bleibt das weiße Feld, an den beiden Rändern erscheinen zwei kräftige Farbflächen. Es sind die Farben, die gerade der anderen zum Weiß fehlen. Ihre additive Wiedervereinigung ergibt wieder das volle Spektrum der Lichtquelle. Abb. 33 veranschaulicht dies für das Farbpaar Violett und Gelb.



Abb. 33. Komplementärfarben im Experiment.

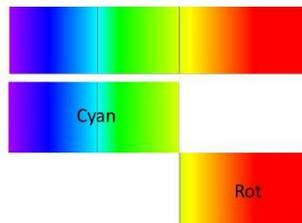


Abb. 34. Spektrum und die Komplementärfarben Cyan und Rot.

Farbenpaare, die sich zum vollen Spektrum der Lichtquelle ergänzen, werden als Komplementärfarben oder Ergänzungsfarben bezeichnet [6]. Die Unterteilung des Spektrums des weißen Lichts in zwei Teile (s. Gedanken zu Abb. 4 und 5) oder der Einsatz geeigneter Farbfilter führt zu Komplementärfarben. Abb. 34 stellt den Bezug am Beispiel Rot und Cyan nochmal her. Hier sind Cyan und Rot im strengen Sinne Komplementärfarben.

### Kompensative Farben

Unser Sehsinn kann (glücklicherweise) die Anteile des einfallenden Lichts nicht getrennt wahrnehmen, sondern erzeugt nur einen summarischen Eindruck. Dadurch kann als Weiß empfundenes Licht sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Im Extremfall genügen zwei geeignet ausgewählte Spektralfarben abgestimmter Intensität für diesen Eindruck. Zu jeder Farbvalenz (Farbton und Helligkeit) lässt sich genau eine solche zweite Farbvalenz finden. Die Ausgangsfarbe wird also kompensiert. Abb. 35 veranschaulicht dies an einigen Beispielen. Alle kompensativen Farben liegen auf Geraden durch den Weißpunkt.

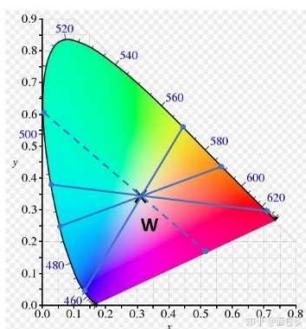


Abb. 35. Kompensative Farben.

Ein Sonderfall sind die Gegenfarben der Grüntöne, die auf der Purpurgeraden liegen. Diese müssen aus den roten und blauen Farben am Ende des Spektralzugs anteilig gemischt werden.

### Gegenfarben

Ewald HERING (1834-1918) betrachtete Farben nicht als Messgrößen, sondern als Phänomen (s. [6, 22]). Er wandelte dabei auf den Wegen, die bereits Johann Wolfgang VON GOETHE (1749-1832) in seiner Farbenlehre beschriftet: Farbige Schatten und farbige Nachbilder [10, 23, 24].

Um den Bezug zu den Gegenfarben zu finden, wählen wir ein Experiment zu den farbigen Nachbildern (s. Abb. 36). Die dargestellten Farbflächen können sowohl individuell betrachtet als auch in einem Demonstrationsexperiment dargeboten werden. Nachdem man etwa 30 s lang auf einen markanten Punkt auf der Farbflä-

che geblickt hat (z.B. das Kreuz in der Mitte der Abbildung), schaut man auf ein weißes Blatt. Im Demonstrationsexperiment wird das projizierte Bild durch eine hellgraue Fläche ersetzt. Überraschend tauschen die gelben und blauen Flächen wechselseitig die Position. Entsprechend verhalten sich die roten und grünen Felder. Auch bei anderen Farbanordnungen und bei farbigen Schatten zeigt sich z.B. kein Zusammenspiel von Rot und Blau. Weitere Phänomene festigen die enge Verbindung von Gelb mit Blau und Rot mit Grün.

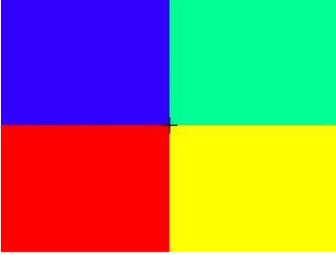


Abb. 36. Vorlage für farbige Nachbilder.

Kaum jemand kann sich ein gelbliches Blau oder ein rötliches Grün vorstellen. Andererseits sind uns Orange, Magenta und Cyan wohlvertraut. HERINGS Studien führten zu einem Farbkreis, in dem sich Blau und Gelb gegenüberstehen (jeweils ohne Grün- und Rotstich). Analoges gilt für das Gegenfarbenpaar Rot und Grün (s. Abb. 37). HERINGS Anschauungen werden auch als Vierfarbentheorie bezeichnet. Der Gegensatz zur Farbbeschreibung mit drei Grundfarben (Dreifarbentheorie) ist offensichtlich und schien lange Zeit unüberbrückbar.

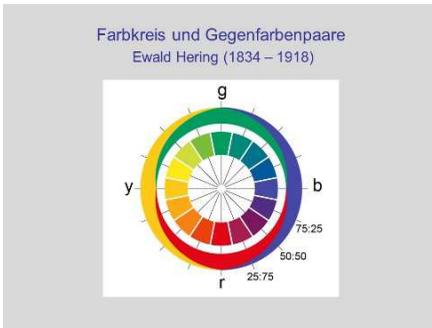


Abb. 37. Ewald HERINGS Farbkreis (nach [22]).

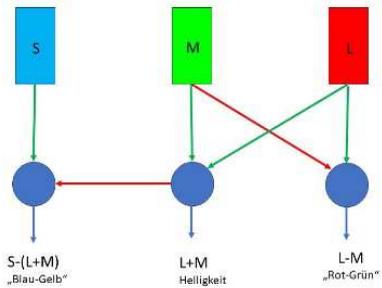


Abb. 38. Neuronale Verschaltung der Zapfen (nach [9], stark vereinfacht).

Erkenntnisse zur Farbwahrnehmung sprechen dafür, dass die Information über die Erregung der Zapfen nicht direkt ans Gehirn weitergeleitet, sondern noch auf der Netzhaut weiterverarbeitet wird. Demnach erzeugen die den Zapfen nachgeschalteten Neuronen Gegenfarben-Informationen, die dann ans Gehirn gehen. Abb. 38 deutet diesen Vorgang stark vereinfacht an (nach [9]). Die Quelle sind die drei

Zapfen mit unterschiedlicher Empfindlichkeit im Spektralbereich (K - kurzwellig, M - mittelwellig, L - langwellig). Das Ergebnis liefert drei Informationen: ein Blau-Gelb-Signal, ein Rot-Grün-Signal und die Information über die Helligkeit. Drei Zapfen und zwei Gegenfarbenpaare!

### Körperfarben

Körperfarben sind die Farben, in denen uns nicht selbstständig leuchtende Körper erscheinen. Ihre Farbe hängt nicht nur vom wellenlängenabhängigen Reflexionsvermögen (bzw. Transmissionsvermögen) ab, sondern auch von der spektralen Zusammensetzung des Lichtes der Quelle (s. z.B. [6]). Die Körperfarbe ist also keine Eigenschaft des Körpers, sondern Ergebnis der Wechselwirkung des einfallenden Lichts mit der Oberfläche des Körpers.

Abb. 39 zeigt dies an einem extremen Beispiel. Ein Farbkarton wurde dem Spektrum des weißen Lichts nachempfunden. Wird er mit Glühlampenlicht beleuchtet, so erkennt man die gewohnte Farbfolge. Ein ganz anderer Eindruck entsteht im grünen Licht.

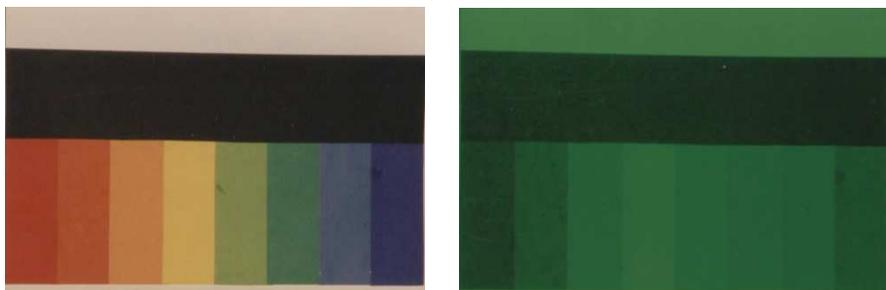


Abb. 39. Farbkarton im weißen und im grünen Licht.

W. OSTWALD war sich der Bedeutung des einfallenden Lichts bewusst. In seiner Physikalischen Farbenlehre widmet er den Körperfarben ein eigenes Kapitel (s. [16]). Im Elften Kapitel des Buches geht er auf die Vorschriften für die Messung des Bunttons ein ([16], S. 169):

„Hier kann ich nun angeben, daß mir nie ein merklicher Einfluss entgegengetreten ist, wenn ich die Untersuchungen bei gutem Tageslicht vornahm. Unter gutem Tageslicht verstehe ich das Licht innerhalb 3 Stunden vor und nach Mittag im Winter, und 5 Stunden beiderseits im Sommer. Ich habe oft die gleichen Aufstriche unter Bedingungen geprüft, die sogar über die Grenzen dieser Bestimmung hinausgingen, aber stets gleiche Werte (mit einer Genauigkeit von einer halben Einheit des 100-teiligen Farbkreises) gefunden.

Ändert die Beleuchtung ganz und gar ihre Beschaffenheit, wie beim Übergang zum künstlichen Licht, so wird der Einfluß erkennbar.“

## Literatur

- [1] NEWTON, I.: Opticks: Or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. London: Smith and Walford, 1704.
- [2] YOUNG, Th.: The Bakerian lecture: On the theorie of light and colours, Phil. Trans. Royal Soc. of London 92 (1802).
- [3] HELMHOLTZ, H. v.: Über die Theorie der zusammengesetzten Farben. Habilitation. Berlin: Unger, 1852.
- [4] HELMHOLTZ, H. v.: Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig: Voss, 1867.
- [5] MAXWELL, J. C.: Experiments on colour, as perceived by the eye. Trans. Royal Soc. of Edingburgh 21, pt. II. (1855).
- [6] RICHTER, M.: Farbmeterik. In: BERGMANN/SCHAEFER, Lehrbuch der Experimentalphysik. Bd. 3, Kap. 6. Optik. 8. Aufl. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1987.
- [7] GOLDSTEIN, E. B.: Wahrnehmungspsychologie. 2. Aufl. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verl., 2002.
- [8] <https://de.wikipedia.org/wiki/Farbwahrnehmung>.
- [9] [https://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen\(Auge\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Zapfen(Auge)).
- [10] MATTHAEI, R.: Goethes Farbenlehre. 3. Aufl. Ravensburg: Maier, 1998, S. 48.
- [11] FRIESER, H.: Die Graßmannschen Gesetze. Farbe 2 (1953), S. 91-108.
- [12] GRABMANN, H.: Zur Theorie der Farbmischung. Poggendorffs Ann. Physik 89 (1853), S. 69-84.
- [13] SCHRÖDINGER, E.: Grundlinien einer Theorie der Farbmeterik im Tagessehen. Ann. Physik (IV) 63 (1920), S. 397-456, S. 489-520.
- [14] OSTWALD, W.: Die Farbenfibel. 2. - 3., verb. Aufl. Leipzig: Unesma, 1917.
- [15] <https://de.wikipedia.org/wiki/CIE>.
- [16] OSTWALD, W.: Die Farbenlehre. Bd. II. Physikalische Farbenlehre. Leipzig: Unesma, 1919.
- [17] OSTWALD, W.: Die Farbenfibel. Mit einem Nachwort von Eckhard Bendin. Berlin: Favoritenpresse, 2023.
- [18] WEGNER, U.: Leuchtstoffe für Kathodenstrahlröhren. [www.fh-muenster.de/ciw/downloads](http://www.fh-muenster.de/ciw/downloads).
- [19] <https://de.wikipedia.org/wiki/Pixel>.
- [20] GOURAS, P.: Color vision. In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. (Hrsg.): Pricipals of neuronal science. 3. Aufl. New York: Elsevier, 1991, S. 467-480).
- [21] <https://www.rapidtables.org/de/convert/color/rgb-to-cmyk.html>
- [22] <https://de.wikipedia.org/wiki/Ewald-Hering>
- [23] GOETHE, J. W. v.: Zur Farbenlehre. Tübingen: Cotta, 1810.
- [24] GOETHE, J. W. v.: Farbenlehre. Bd. 1-5., ungekürzte Ausg. Einleitung und Erläuterungen von Rudolf STEINER. Stuttgart: Freies Geistesleben, 2003.

## Andere auf Ostwalds Spuren

Wladimir und Karin Reschetilowski

### Vorbemerkung

Die dreibändige Erstausgabe der ostwaldschen Selbstbiographie „Lebenslinien“ entstand zwischen 1924 und 1926. Darin beschreibt der große Physikochemiker und Nobelpreisträger Wilhelm OSTWALD (1853-1932) rück- und vorausschauend seinen Lebensweg von Riga-Dorpat-Riga (1853-1887) über Leipzig (1887-1905) bis nach Großbothen und die Welt (1905-1927). Aus Anlass seines 150. Geburtstages wurde die Selbstbiographie in die „Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig“ als Zeugnis der hohen Wertschätzung und einmaliges Zeitdokument aufgenommen sowie nach der Ausgabe von 1926/27 in überarbeiteter und kommentierter Form mit über 2300 ergänzenden Fußnoten im Jahre 2003 neu aufgelegt [1]. Die „Lebenslinien“ schloss OSTWALD mit den Worten: „*So fühle ich mich in den Tagen meines Abschieds vom Flügel der Ewigkeit berührt.*“ [2]. Seine Vorahnung ging in Erfüllung, denn er verkörperte einen Gelehrtentyp, vor dessen Lebenswerk man sich in stiller Bewunderung beugen muss, wie Paul WALDEN (1863-1957), Schüler, Weggefährte und Freund Wilhelm OSTWALDS, in einer Würdigung der Verdienste des Altmeisters nach seinem Tod treffend formulierte [3].

Die vielseitige, einflussreiche und streitbare Persönlichkeit OSTWALDS mit einer überwältigenden Vielgestaltigkeit seines Lebenswerkes als Natur- und Geisteswissenschaftler, Pädagoge, Wissenschaftsorganisator, Schriftsteller und Maler ist für externe Biographen ein überaus schwieriges, aber auch dankbares Thema, um die Bedeutung des großen Universalgelehrten für die Nachwelt würdigen zu können. Es gibt daher nur wenige Bücher, die sich speziell der Bewahrung der ostwaldschen Lebensgeschichte mit all ihren Höhen und Tiefen widmen. Als erstes sei die Biographie „Wilhelm Ostwald – mein Vater“ von der Tochter Grete OSTWALD (1882-1960) zu nennen, in der sie „*mit Liebe, Humor, Verständnis und anerkennenswerter Objektivität ein Forscherleben aus Arbeit und Glücklichkeit*“ schilderte [4], gefolgt von dem ersten, in russischer Sprache vorgelegten Buch über OSTWALD, in dem die Autoren Naum I. RODNYJ und Jurij I. SOLOWJEW, „*ohne auf eine umfassende Lebensbeschreibung Anspruch zu erheben*“ bemüht waren, „*die wesentlichen Momente seines vielschichtigen Schaffens objektiv zu analysieren und einzuschätzen*“ [5]. Im Vorfeld des 125jährigen Geburtstages OSTWALDS wurde dieses Buch in deutscher Sprache herausgegeben [6].

Die Originalausgabe des Buches nutzte der bekannte bulgarische Wissenschaftler und Chemiehistoriker Kaloyan MANOLOV (1930-2013) [7], um im Rahmen seines vierbändigen biographischen Werkes „*Велики хемисти*“ (Große Chemiker) [8] (Abb. 1, oben), angefangen bei Johann Rudolph GLAUBER (1604-1670) bis hin zu den bedeutenden Wissenschaftlern des 19. und 20. Jahrhunderts, auch ein Essay über OSTWALDS „Lebenslinien“ auf besonders originelle, literaturprosaische und

dennoch historisch authentische Art zu verfassen. Darin schilderte er in einer lebendigen und bildhaften Sprache interessante biographische Episoden, die die typischen Charaktereigenschaften sowie die wichtigsten Meilensteine des Schaffens OSTWALDS gut wiedergeben. Für MANOLOV war es wichtig, ein historisch wahres Bild von OSTWALD darzustellen, der wie jedes andere Kind seine Neigungen und Hobbys hatte, als Jugendlicher den eigenen Lebensweg wählte, liebte, eine Familie gründete, sich über eigene Kinder und Enkelkinder freute sowie als gestandener Wissenschaftler hart und leidenschaftlich arbeitete, aber auch gerne Erholung und Inspiration auf Reisen sowie bei der Malerei oder beim Musizieren suchte. Dabei stützte sich MANOLOV stets auf die historischen Fakten und Daten, auf deren Grundlage er bestimmte wissenschaftliche, gesellschaftliche und kulturelle Geschehnisse und Begebenheiten unverfälscht und leicht verständlich sowie zum Teil phantasievoll und im „geschmeidigen“ Stil rekonstruierte. Auf diese Weise führte MANOLOV auch viele junge Chemie-interessierte Menschen an das spannende Leben und Wirken des großen Chemikers heran und ließ sie daran teilhaben.

Die populärwissenschaftlichen Essays aus MANOLOVs Buch, darunter auch die an die ostwaldschen „Lebenslinien“ angelehnte historisch wahre Geschichte, wurden später ins Russische, Japanische und Chinesische übersetzt. Die zweibändige Ausgabe des Buches „Великие химики“ (Große Chemiker) in russischer Sprache [9] (Abb. 1, unten) weckte großes Interesse bei einer breiten Leserschaft und wurde von Schülern, Studenten, Gymnasiallehrern bis hin zu Universitätsprofessoren eifrig gelesen. Bei der Redaktion der russischsprachigen Ausgabe wurde eine Reihe von Anmerkungen zusammengestellt, die persönliche Daten der im Text erwähnten Wissenschaftler, einige Aspekte ihrer Tätigkeit, Hinweise zu den Quellen aus wissenschaftlichen Arbeiten, darunter auch zu den zahlreichen Arbeiten aus OSTWALDS Feder, enthalten. Dies sollte nicht nur zum besseren Verständnis des Gelesenen beitragen, sondern das Interesse an der Lebens- und Schaffensgeschichte von Wilhelm OSTWALD erhöhen sowie den Leserkreis erweitern.

In diesem Zusammenhang hielten wir es für empfehlenswert, dass die Mitglieder und Sympathisanten der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. über die charakteristischen Episoden aus OSTWALDS „Lebenslinien“, die von anderen unterhaltsam erzählt wurden, mehr erfahren.

Möge das nachfolgende OSTWALD-Essay aus der russischsprachigen Ausgabe des Buches „Große Chemiker“, in diesem Beitrag erstmals in deutscher Übersetzung und mit weiteren zusätzlichen Anmerkungen und Ergänzungen durch die Autoren (d.A.) versehen, viel Lesevergnügen bereiten!

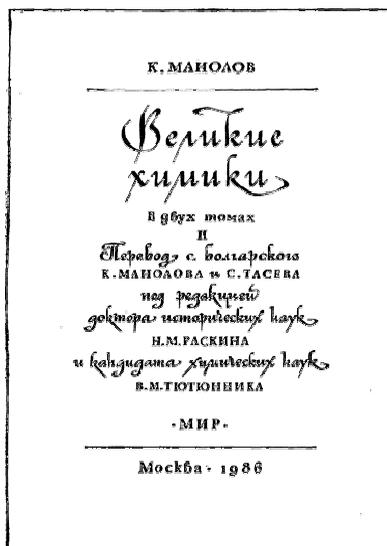
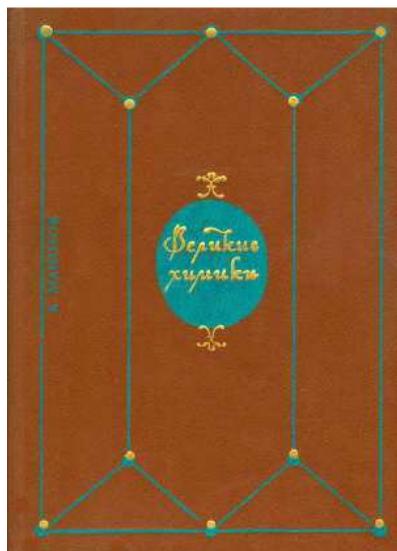
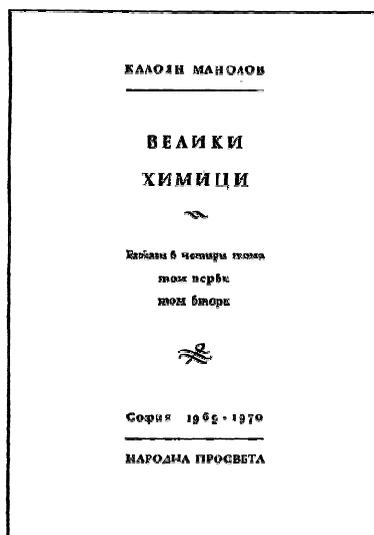
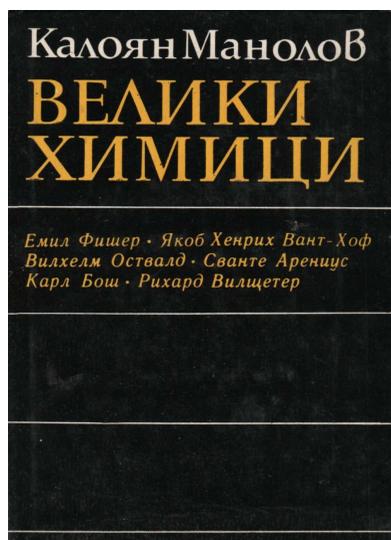


Abb. 1. Oben: Einband und Titelblatt der Erstausgabe des Buches „Große Chemiker“ von Kaloyan MANOLOV in Bulgarisch; Unten: Einband und Titelblatt der russischsprachigen Ausgabe des Buches.

## Wilhelm Ostwald (1853-1932)

In der näheren Umgebung von Leipzig, wo sich saftig grüne Wiesen ausbreiten, schmiegt sich an den Hang eines niedrigen Hügels das Dörfchen Großbothen. An seinem Rand, genau an der Grenze zwischen den Wiesen und dem Buchen-Erlenwald, steht die Villa von Professor Wilhelm Ostwald, genannt „Energie“.<sup>1</sup> Diese Benennung hat der Besitzer selbst ausgedacht, und nun nannten alle Freunde und Bekannten des berühmten Wissenschaftlers sein Haus bei diesem Namen.<sup>2</sup>

Bereits mehrere Tage hintereinander waren alle im Haus mit den festlichen Vorbereitungen beschäftigt. Der zweite September 1913, Ostwalds Geburtstag, rückte näher. Es war sein sechzigster Geburtstag und seine große Familie bereitete sich darauf vor, den Jubilar feierlich zu ehren.

Eine der größten Überraschungen bereitete Wolfgang vor, Ostwalds ältester Sohn, Professor für Kolloidchemie in den USA,<sup>3</sup> sowie Grete, seine Lieblingstochter,<sup>4</sup> mit der Ostwald oft gemeinsame Spaziergänge unternahm, dabei häufig eine Staffelei und Farben mit sich tragend. Alle im Haus wussten von der Überraschung, außer dem Verursacher der Festlichkeit.

An jenem Morgen wachte Ostwald wie üblich zu den Klängen von Haydns Lieblingsstück „Der Sonnenaufgang“ auf, wusch sich schnell das Gesicht und schlich auf Zehenspitzen aus dem Haus – er liebte es, morgens spazieren zu gehen.

„Hahnchen und die Kinder schlafen noch. Müde von all dem Trubel vor den Feierlichkeiten. Die Glückwünsche werde ich nach dem Spaziergang entgegennehmen“, – dachte er und beschloss, in Richtung Birkenhain zu gehen. Doch Ostwald irrte sich – wie konnten seine Lieben an so einem Tag schlafen? Als sie Schritte auf den Steinstufen der Treppe hörten, schlichen sich Professors Gattin Nelly, die er liebevoll Hahnchen nannte,<sup>5</sup> und Tochter Grete leise auf die Veranda und beobachteten

<sup>1</sup> Ergänzung d.A.: Im Jahre 1901 von OSTWALD als Landsitz erworben, ab 1906 ständige Wohn- und Arbeitsstätte, später auch Wohnort der Familie und Nachkommen des großen Chemikers. Bis 1921 wuchs das Areal inklusive Park und Wiesen auf sieben Hektar.

<sup>2</sup> Ergänzung d.A.: OSTWALD, dessen Lebensmotto „Vergeude keine Energie – verwerte sie!“ lautete, prägte die Bezeichnung *Landsitz „Energie“*. Im September 2005 würdigte die Gesellschaft Deutscher Chemiker die Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte mit der Gedenktafel *Historische Stätte der Chemie*. Seit dem 1. Januar 2009 ist die gemeinnützige Gerda und Klaus Tschira-Stiftung Eigentümerin des Anwesens, in dem – neben Archiv und Museum – eine Tagungsstätte betrieben wird.

<sup>3</sup> Anmerkung d.A.: Wolfgang (Wolf) OSTWALD (1883-1943) habilitierte sich 1908 in Leipzig und erhielt 1913 die Lehrbefugnis auf „Kolloidchemie in ihrer Anwendung auf Biologie“. 1913/14, also im Jubiläumsjahr seines Vaters, unternahm er eine ausgedehnte Vortragsreise durch die USA und Kanada. Als Ergebnis der zehnwöchigen Reise mit 56 Vorträgen entstand 1914 sein berühmtes Buch „Die Welt der vernachlässigten Dimensionen“. Zum a.o. Professor für Kolloidchemie wurde er an der Universität Leipzig 1916 berufen.

<sup>4</sup> Ergänzung d.A.: Margarete (Grete) OSTWALD (1882-1960), die älteste Tochter OSTWALDs. Sie besuchte die Höhere Töchterschule und die Mal- und Zeichenschule für Damen von Prof. Anton Klamroth (1860-1929) in Leipzig. Danach studierte sie an der Großherzoglich-Sächsischen Kunstschule in Weimar bei Prof. Sascha Schneider (1870-1927). Seit dem Ende des Ersten Weltkrieges war sie gelähmt. Das Haus „Energie“ blieb zeitlebens ihr Lebensmittelpunkt.

<sup>5</sup> Ergänzung d.A.: Flora Helene (Nelly) Mathilde OSTWALD, geb. VON REYHER (1854-1946). Die Ehe zwischen Helene VON REYHER und Wilhelm OSTWALD wurde am 24. April 1880 geschlossen.

ihn, versteckt hinter den Büschen. Noch neugieriger waren die Enkelkinder. Heimlich folgten sie ihrem geliebten Opa.

Ostwald ging langsam und atmete tief die frische Luft des ungewöhnlich warmen Septembermorgens ein. Er bewunderte das reine Himmelsblau und dachte vielleicht zum hundertsten Mal, dass das Blau des Himmels Tausende von Schattierungen hat – im September eine Farbe, im Mai oder Januar eine andere. Und dann blieb sein Blick an einer bunten Tafel stehen, die an einem einzelnen Kastanienbaum hing, den ihm einst ein Gärtner, den er aus Erfurt kannte, geschenkt hatte. Ostwald näherte sich dem Baum.

„Was für eine wunderschöne Farbkombination! Das ist doch sicher Gretes Werk“, –dachte er. Auf einer bunten Tafel sah er die Zeilen eines Gedichts. „Und das ist etwas, was nur Wolf machen konnte. Wenn Wolf nicht Wissenschaftler geworden wäre, wäre er Dichter geworden.“ Ostwald begann zu lesen. Das Gedicht versetzte ihn in seine Kindheit zurück. Er sah seine Heimatstadt Riga, die Böttcherei seines Vaters und das blitzsaubere Zimmer, in dem seine Mutter am Fenster saß und nach einem Muster stickte, das Wilhelm sich ausgedacht hatte. Wie sehr sie sich liebten, Mutter und Sohn! Sie freute sich über die Breite seiner Interessen und versuchte, ihrem Sohn in allem zu helfen. Der Junge seinerseits, wenn er mit seinen Hausaufgaben fertig war, half ihr im Haushalt oder ging manchmal in die Böttcherei seines Vaters.

Der kleine Wilhelm kaufte gerne beim Apotheker verschiedenste Chemikalien. Er machte alles Mögliche daraus – entweder bengalisches Feuer oder winzige Bomben. Doch sein ganzer Stolz war eine Kamera, die er aus mehreren Linsen selbst zusammengebaut hatte. Später, als er lernte, wie man Fotoplatten und Fotopapier anfertigt, war Wilhelm in der Lage, seine ersten Bilder zu machen. Als er erwachsen wurde und begann, selbst Geld zu verdienen – hauptsächlich durch Privatunterricht – kaufte er von seinem ersten Geld seiner Mutter eine Nähmaschine. Das war eine Seltenheit für die damalige Zeit und eine große Freude für die Mutter! Sie förderte seine Leidenschaft für das Zeichnen und bestand darauf, dass er die St. Petersburger Kunstakademie besuchen sollte, doch der alte Ostwald war unerbittlich – Willy sollte Ingenieur oder zumindest Chemiker werden.

Die nächstgelegene Universität zu Riga befand sich in Dorpat, daher nahm Wilhelm sein Studium an dieser renommierten Universität auf. Er reiste 1872 nach Dorpat.

Willy und sein Freund Fritz Seeck<sup>6</sup> schlossen sich schnell dem Studentenleben an, doch schon bald wichen Tage voller Spaß und schlafloser, lauter Nächte den Tagen harter Arbeit. Wilhelms außergewöhnlicher Eifer und sein tiefes Wissensinteresse

---

<sup>6</sup> Anmerkung d.A.: Im Original wurde hier irrtümlicherweise der Name Otto SEECK angegeben. In Wirklichkeit handelte es sich um OSTWALDS Jugendfreund Friedrich (Fritz) SEECK (1851-1875), dem jüngeren Bruder von Otto Carl SEECK (1850-1921), der später Professor für alte Geschichte an der Universität Greifswald wurde.

wurden bald von Professor Carl Schmidt<sup>7</sup> und seinem Assistenten Johann Lemberg<sup>8</sup> bemerkt, die die ersten Mentoren des talentierten jungen Mannes wurden.

Ostwalds erste wissenschaftliche Arbeit „Über die chemische Massenwirkung des Wassers“ wurde vom Akademischen Rat der Universität positiv bewertet und im Journal für praktische Chemie veröffentlicht.<sup>9</sup> Wie viel Freude und Hoffnung versprach dieser erste Artikel! Der lang gehegte Traum, Wissenschaftler, Forscher und Experimentator zu werden, schien sich zu erfüllen. Sein Vater stand Wilhelms Plänen wohlwollend gegenüber und versprach, ihm auch nach Erhalt seines Diploms regelmäßig einen kleinen Geldbetrag zu schicken.

Im Jahr 1875 bestand Wilhelm erfolgreich die letzte Prüfung in Chemie,<sup>10</sup> doch dann entschied er sich, das Studium der Physik bei Professor Arthur von Oettingen<sup>11</sup> aufzunehmen, um seine Physikkenntnisse zu verbessern.

Die Jahre, die er im Laboratorium von Oettingen verbrachte, einem Wissenschaftler, der sich durch eine reiche wissenschaftliche Gelehrsamkeit auszeichnete, einem vielseitig interessierten Menschen und leidenschaftlichen Musikliebhaber, hinterließen wundervolle Erinnerungen. Der Professor führte den jungen Ostwald in den Kreis der Intelligenz von Dorpat ein. Wilhelm war musikalisch sehr begabt. Als ausgezeichneter Klavierspieler und Cellist wurde er sofort in das Dorpater Orchester aufgenommen, das durch Professor von Oettingen persönlich geleitet wurde. Es gab keinen Fagottisten im Orchester, und da von Oettingen keinen Musiker fand, der Fagott spielen konnte, beschloss er, sich mit diesem ungewöhnlichen Vorschlag an Ostwald zu wenden.

– Nehmen Sie das und fangen Sie an zu arbeiten, – sagte er und reichte Wilhelm ein brandneues Fagott und Noten. – Versuchen Sie, alles durchzuspielen, ich hoffe, es gelingt Ihnen.

– Aber ich habe noch nie ein Blasinstrument gespielt, – wandte Ostwald ein.

– Das macht nichts, Sie werden es schon schaffen.

---

<sup>7</sup> Carl Ernst Heinrich SCHMIDT (1822-1894) – Professor für medizinische Chemie an der Universität Dorpat, korrespondierendes Mitglied der St. Petersburger Akademie der Wissenschaften seit 1873, Lehrer OSTWALDS. SCHMIDT arbeitete bei LIEBIG, WÖHLER und ROSE. Er interessierte sich vor allem für Physiologie und Geochemie, untersuchte die alkoholische Gärung sowie Verdauungsprozesse und erforschte die Bodenschätze im Baltikum sowie Mineraldünger; 1844 schlug er den Begriff "Kohlenhydrate" vor und erkannte, dass Salzsäure Bestandteil der Magensäure ist. Über SCHMIDT s. [5], S. 16-20.

<sup>8</sup> Johann Theodor (Iwan Iwanowitsch) LEMBERG (1842-1902) – Professor der Mineralogie an der Universität Dorpat, Lehrer OSTWALDS, Pionier der "chemischen Geologie". Er begann erstmals in Russland mit Arbeiten zur Synthese von alkalischen Alumosilikaten (Analcim, Nephelin, Nephelin-Hydrat, später Lembergit genannt, u.a.). Über LEMBERG s. [5], S. 18-19.

<sup>9</sup> Ergänzung d.A.: OSTWALD, W.: Über die chemische Massenwirkung des Wassers. J. prakt. Chem. N.F. 12 (1875), S. 264-270.

<sup>10</sup> Im Januar 1875 bestand OSTWALD die Abschlussprüfung an der Universität und legte eine Kandidatenschrift "Über die chemische Massenwirkung des Wassers" vor, für die er am 26. April 1875 den Grad eines Kandidaten der Chemie erhielt. [5], S. 20.

<sup>11</sup> Arthur Joachim von OETTINGEN (1836-1920) war Physiker, Professor für Physiologie an der Universität Dorpat und Lehrer von OSTWALD. [5], S. 20-21.

Das Fagott bereitete ihm große Qualen. So sehr Wilhelm sich auch bemühte, das rebellische Instrument schluchzte entweder unerwartet oder gab andere, nicht minder seltsame Töne von sich. Die Laboratorien waren oft vom Stöhnen des Fagotts erfüllt. Eines Tages fragte Ostwalds Kollege, der im Untergeschoss der Chemieabteilung arbeitete:

– Sie führen offensichtlich akustische Experimente durch? Wenn ich mich recht erinnere, waren Sie an der Elektrizität interessiert, als Sie bei uns gearbeitet haben. Anscheinend haben sich Ihre Interessen geändert...

Ostwald winkte nur mit der Hand ab und sagte nichts.

Das Allerwichtigste für ihn blieb noch immer die Anfertigung seiner Magisterarbeit. Sie wurde 1877 erfolgreich verteidigt.<sup>12</sup> Da Ostwald als frisch gebackener Magister Vorlesungen halten musste, kündigte er daher an, zwei Stunden pro Woche in physikalischer Chemie zu unterrichten. Dieses neue Gebiet der Chemie nahm seinen Lauf zwanzig Jahre zuvor, mit dem Erscheinen des Buches „Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie“ von Buff,<sup>13</sup> Kopp<sup>14</sup> und Zamminer.<sup>15</sup> Doch mit der Zeit wurde das Lehrbuch veraltet, die Wissenschaft war bereits weit fortgeschritten. Es war notwendig, das angesammelte theoretische und experimentelle Material des neuen Fachgebietes, das die Errungenschaften der beiden am weitesten entwickelten Wissenschaften – Chemie und Physik – vereinte, in ein System zu bringen.

Neben Vorlesungen und Assistententätigkeit führte Ostwald systematische Messungen und Berechnungen durch, die die Grundlage seiner Doktorarbeit bildeten. Den Kommissionsmitgliedern Carl Schmidt, Johann Lemberg und Arthur von Oettingen war klar, dass sie einen begabten, vielversprechenden Wissenschaftler vor sich hatten. Die Verteidigung verlief hervorragend, und Ende 1878 war Wilhelm bereits Doktor Ostwald.<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> OSTWALD bestand im Herbst 1877 die Prüfung zum Magister der Chemie und legte der Fakultät eine Magisterarbeit zum Thema "Volumchemische Studien über Affinität" vor, die er am 5. November 1877 verteidigte. 11 Tage später wurde ihm das Diplom des Magisters der Chemie verliehen. [5], S. 22.

<sup>13</sup> Johann Heinrich BUFF (1805-1878) war ein Schüler von LIEBIG in Gießen, arbeitete bei GAY-LUSSAC in Paris und wurde 1839 Professor für Physik in Gießen; er untersuchte die Phänomene der Elektrolyse und zeigte 1865 die Ungleichheit der Volumina eines Atoms mit Einfach- und Mehrfachbindungen.

<sup>14</sup> Ergänzung d.A.: Hermann Franz Moritz KOPP (1817-1892) war unter anderem in LIEBIGS Laboratorium in Gießen tätig und folgte 1864 einem Ruf an die Universität Heidelberg, wo er sich besonders in der Erforschung der Beziehungen zwischen den physikalischen Eigenschaften und der Zusammensetzung chemischer Verbindungen sowie in der Geschichte der Chemie auszeichnete.

<sup>15</sup> Ergänzung d.A.: Friedrich Georg Karl ZAMMINER (1817-1858) habilitierte sich 1843 bei LIEBIG in Gießen und wurde dort außerordentlicher Professor für Mathematik und Physik. Er wirkte unter anderem an der *Neuen Encyclopädie der Wissenschaften und Künste* mit (Franckh'sche Buchhandlung, Stuttgart 1847-1854).

<sup>16</sup> Am 9. Dezember 1878 verlieh die physikalisch-mathematische Fakultät der Universität Dorpat OSTWALD für seine Dissertation "Volumchemische und optisch-chemische Studien" den Grad eines Doktors der Chemie.

... Ostwald wandte schließlich den Blick von den fein säuberlich geschriebenen Gedichtzeilen ab und kehrte in die Realität zurück. Erinnerungen... Es ist so viel zurückgeblieben... Er holte tief Luft und stiefelte durch das taufrische Gras.

„Ich frage mich, welche weiteren Überraschungen mich erwarten?“, – dachte er und musterte dabei aufmerksam die Beete, Bäume und Büsche. Der Weg bog in einen Naturgarten ab, der mit üppigen Blumenbeeten übersät war, die mit ihrem Farbenspiel das Auge erfreuten. Hier, an der schönsten Stelle der Parkanlage, stellte Gretchen ein Porträt ihrer Mutter auf, welches sie selbst gemalt hatte. Ostwald blieb stehen und betrachtete lange Zeit liebevoll die gutherzigen Züge.

„Holdes Hahnchen!“ Erinnerungen bemächtigten sich wieder seiner Gedanken, und er fühlte sich in die ferne Zeit seiner Jugend zurückversetzt.

An einem der vielen Musikabende, an denen Ostwald als Orchestermusiker regelmäßig teilnahm, fiel ihm eine neue Besucherin auf. Ihre aschfahlen Locken verliehen ihrem hübschen Gesicht, das vom Funkeln ihrer blauen Augen erhellt wurde, eine besondere Zärtlichkeit. Nelly, die Tochter des Rigaer Staatsrats Carl von Reyher,<sup>17</sup> war eine begeisterte Musikliebhaberin. In Dorpat war sie zu Besuch bei ihrem Onkel Gustav von Reyher,<sup>18</sup> einem berühmten Arzt. Noch am selben Abend wurde Ostwald mit Nelly bekannt gemacht. Beide erlebten an diesem Abend etwas Ungewöhnliches. Vielleicht war es ihr Interesse an der Musik, über die sie so viel gesprochen hatten und die sie einander näherbrachte, vielleicht war es aber auch Liebe auf den ersten Blick. An einem der warmen Herbstabende des Jahres 1878 erfolgte die endgültige Erklärung. „Ich verstehe, dass du dich der Wissenschaft opfern musst, aber ich denke, dass du dazu in der Lage bist“, – sagte Ostwald. Nelly antwortete mit keinem Wort, stattdessen drückte sie nur ganz fest seine Hand.

Und dann – die Hochzeit, ihre erste Familienwohnung in Dorpat, klein und eng. Dann die Freude, ein Kind zu erwarten und die erste Trauer – der Tod ihrer Tochter. Aber Nelly ertrug die Trauer tapfer. Sie schenkte ihm nacheinander vier Kinder: Wolf, Gretchen, Walter,<sup>19</sup> Elisabeth,<sup>20</sup> und bereits in Leipzig wurde als Jüngster Otto<sup>21</sup> geboren. Jahre voller Sorgen und selbstloser Liebe zu seiner Familie

---

<sup>17</sup> Ergänzung d.A.: Carl Christopher VON REYHER (1817-1890), Schriftführer (Vorsitzender) am Livländischen Hofgericht, Justizbeamter.

<sup>18</sup> Ergänzung d.A.: Gustav Emil Viktor VON REYHER (1831-1903), praktischer Arzt und Dozent an der Universität Dorpat.

<sup>19</sup> Ergänzung d.A.: Walter OSTWALD (1886-1958) bewohnte das 1914 errichtete Haus „Glückauf“ in Großbothen. Er studierte Kraftfahrzeugtechnik und blieb über Jahre OSTWALDS Sekretär. Im Haus „Glückauf“ befand sich auch die Redaktion der von ihm herausgegebenen Zeitschrift „Autler“.

<sup>20</sup> Ergänzung d.A.: Elisabeth BRAUER, geb. OSTWALD (1884-1968) besuchte die Höhere Töchter-Schule in Leipzig und erlernte anschließend den Beruf einer Kindererzieherin. Sie heiratete 1907 Eberhard BRAUER (1875-1958), einen Assistenten und langjährigen Mitarbeiter OSTWALDS.

<sup>21</sup> Ergänzung d.A.: Carl Otto OSTWALD (1890-1958) studierte an der Technischen Hochschule in Dresden Maschinenbau in der Fachrichtung Wärmekraftmaschinen. Er arbeitete an der Entwicklung von Kraft- und Brennstoffen für Fahrzeugmotoren. Ab 1945 zog er endgültig nach Großbothen und zeichnete am 02.09.1953, dem 100. Geburtstag von Wilhelm OSTWALD, gemeinsam mit der Schwester Grete im Namen der Ostwaldangehörigen für die Schenkung des Familienbesitzes an den Staat DDR verantwortlich.

haben seine geliebte Nelly nicht verändert. Sie führte auch jetzt einen komplexen Haushalt in der „Energie“, half ihm sogar bei seiner Arbeit – sie ordnete die Korrespondenz und schrieb Manuskripte um. Sie widmete ihm ihr ganzes Leben und wärmte sein Herz mit Liebe und Fürsorge.

... Gerührt von seinen Erinnerungen, setzte der alte Gelehrte seinen Spaziergang fort. Etwas weiter entfernt, wo ein Gebirgsbächlein über die Ufer trat und einen kleinen Teich bildete, wartete eine neue Tafel auf ihn – „Musik“.

Musik... Sie erfüllte sein ganzes Leben. Abendkonzerte, an denen seine gesamte große Familie teilnahm. Als die Kinder noch klein waren, spielten er und Nelly vierhändig auf dem Klavier, oder sie begleitete ihn, wenn er Cello spielte. Später, als die Kinder erwachsen waren, organisierten sie richtige Konzerte im Haus. Gretchen spielte hervorragend Geige, Wolf spielte Geige und Klavier. Als Wolf geheiratet hatte, nahm auch seine Frau Pia,<sup>22</sup> eine berühmte Solistin der Leipziger Oper, an Familienkonzerten teil. Mozart, Beethoven, Haydn... Noch in Dorpat lernte Ostwald Haydns dreiundachtzig Streichkonzerte und wirkte bei deren Aufführung mit. Und je öfter er sie spielte, desto perfekter kamen sie ihm vor. „Wie konnte ein Mensch so erhabene Melodien erschaffen!“ – Wilhelm wurde des Bewunders nicht müde.

... Weiter, weiter den Weg entlang. Nun führte er zum „Waldhaus“<sup>23</sup> – so hieß das Haus, das für Wolfs Familie gebaut wurde, da die alte „Energie“ für die stark anwachsende Ostwald-Familie zu eng geworden war. Wolfgang versteckte sich im Waldhaus und beobachtete seinen Vater heimlich hinter den Vorhängen. Ostwald näherte sich der Tafel „Chemie“, die doppelt so groß war wie die anderen. Ostwald blieb stehen und begann eine lange Ode zu lesen:

„O Chymia, edle Wissenschaft,  
Dir gab ich meine beste Kraft!  
Hab neue Wege für dich gefunden,  
Hab dich mit der Physik verbunden ...“<sup>24</sup>

Ja, in der Tat, die Chemie war schließlich das Wichtigste in seinem Leben. Er widmete ihr all seine Kraft und sein Talent, der Wissenschaft zuliebe hatte er auf Vieles verzichten müssen. Doch die Chemie brachte ihm auch viel Freude, viele unvergessliche, schöne Momente.

---

<sup>22</sup> Ergänzung d.A.: Pia Margarete Sophie OSTWALD, geb. MÜLLER (1877-1947), Konzertsängerin und Pianistin.

<sup>23</sup> Ergänzung d.A.: Das „Waldhaus“ wurde 1912 im Nordwestwinkel des Landsitzes als Sommerhaus, ausgestattet mit Kamin und Klavier, für den Privatdozenten und späteren Professor für Kolloidchemie in Leipzig Wolfgang OSTWALD errichtet.

<sup>24</sup> Ergänzung d.A.: Die Vorlage für die Verse lieferte Arno HOLZ (1863-1929), deutscher Dichter und Mitbegründer der naturalistischen Literaturbewegung.

Die ersten Erfolge auf diesem Gebiet erlebte er bereits dort, in Russland, in Dorpat. 1882 erhielt er eine Stelle als Professor für Chemie am Rigaer Polytechnischen Institut.<sup>25</sup> Hier begann er seine Forschungen zur chemischen Kinetik – die ersten Experimente zur Hydrolyse von Acetamid und Methylacetat in Gegenwart verschiedener Säuren.<sup>26</sup> Um die Temperatur der Reaktionsmischung konstant zu halten, entwickelte Ostwald einen speziellen Thermostaten. Die Messungen wurden genauer und schon die ersten Daten führten zu unerwarteten Schlussfolgerungen: Die Wirkung von Säuren wurde hauptsächlich durch die Konzentration ihrer Lösungen und nicht durch ihre Eigenschaften bestimmt. Es gab etwas Gemeinsames, das für Lösungen aller Säuren charakteristisch war, aber was genau, konnte der junge Professor noch nicht feststellen. Und dann kam ganz unerwartet ein großer Briefumschlag aus Schweden. Der Absender war Ostwald unbekannt – ein gewisser Svante Arrhenius.<sup>27</sup>

... Was war das für ein Tag! Schon im Morgengrauen herrschte im Haus Aufruhr: Bei Hahnchen setzten die Wehen ein. Ostwald konnte die ganze Nacht nicht schlafen, ihn plagten die Zahnschmerzen. Endlich, mitten am Tag, ließen die Schmerzen nach. Und bald erschien eine lächelnde Hebamme und gratulierte ihm zur Geburt seiner Tochter. In diesem Moment kam der Brief aus Schweden.

In seiner Heimat wurde Arrhenius' Theorie nicht anerkannt; er schickte Ostwald Abdrucke von zwei seiner Publikationen und bat ihn, seine Meinung zu äußern. Ostwald begann, das Material aufmerksam zu studieren. Tatsächlich schienen Arrhenius' Ideen auf den ersten Blick absolut inakzeptabel, aber die Logik seiner Argumentation war sehr überzeugend. Basierend auf dieser neuen Theorie konnte sogar die katalytische Wirkung von Säuren erklärt werden. Das Gemeinsame, was alle Säuren vereinte, waren die in ihren wässrigen Lösungen enthaltenen Wasserstoffionen.

Ostwald schritt gedankenverloren im Arbeitszimmer umher.

– Eine bemerkenswerte Leistung. Diese neue Theorie wird zur Grundlage unseres Verständnisses von Lösungen werden. Arrhenius' Untersuchungen sind originell; er betrachtete die elektrische Leitfähigkeit von Lösungen auf völlig neue Weise. All dies lässt sich theoretisch verallgemeinern, und die Eigenschaften von Elektrolyten können durch geeignete mathematische Gesetze charakterisiert werden. Um die neue Theorie weiter zu entwickeln und zu verfeinern, sollten diese Untersuchungen fortgesetzt, und auf jeden Fall der Kontakt zu diesem Schweden Arrhenius aufgenommen werden.

Ostwald ging zu Bett, konnte aber trotz seiner Müdigkeit lange Zeit nicht einschlafen. Dissoziation von Lösungen! Was für eine geniale Entdeckung! Am Morgen

<sup>25</sup> Zu OSTWALDS Tätigkeit als Professor am Rigaer Polytechnikum siehe [5], S. 28-36.

<sup>26</sup> Ergänzung d.A.: Die erste Abhandlung „Die Einwirkung von Säuren auf Acetamid“ erschien im J. prakt. Chem. N.F. 27 (1883), S. 1-39.

<sup>27</sup> Ergänzung d.A.: Svante August ARRHENIUS (1859-1927), Physikochemiker, ab 1895 Professor für Physik an der Stockholms Högskola, Stockholm, Nobelpreis für Chemie 1903 in Anerkennung der Verdienste, die er sich durch seine Theorie über die elektrolytische Dissoziation erworben hat.

schrieb er einen Brief an Arrhenius, in dem er seine Bewunderung für seine Arbeit zum Ausdruck brachte und der neuen Theorie einen großen Erfolg vorhersagte. In einem seiner späteren Briefe an Arrhenius drückte Ostwald seinen sehnlichsten Wunsch aus, Schweden zu besuchen und ihn zu treffen. Bald erhielt er eine Einladung.

Es war August 1884. Arrhenius wartete auf seinen Gast. Ostwald stieg aus dem Wagen und sah sich um. Der Bahnsteig in Uppsala war fast leer. Könnte es sein, dass niemand gekommen war, um ihn abzuholen? Ein rundlicher, rotwangiger junger Mann mit ungewöhnlich hellen, fast weißen Haaren musterte aufmerksam die Gesichter der Fahrgäste. Plötzlich traf sein Blick den Blick Ostwalds...

– Wenn ich mich nicht irre, sind Sie Professor Ostwald?

Ostwald nickte.

– Svante Arrhenius, – stellte sich der junge Mann vor. – Ihr Besuch ist für mich eine große Ehre und Freude. Ich hoffe sehr auf Ihre Hilfe.

In Arrhenius' bescheidenem Arbeitszimmer begannen die Wissenschaftler sofort mit der Diskussion über das Thema, das sie beschäftigte.

– Ich verstehe die Angriffe auf Ihre Theorie nicht, denn die Dissoziation von Elektrolyten ist eine ganz offensichtliche Tatsache. Es ist so einfach und logisch, dass es überrascht, dass bisher niemand darauf gekommen ist.

– Und doch sind alle dagegen!

– Um alle zu überzeugen, braucht man Fakten, viele Fakten. Und um sie zu haben, muss man eine breit angelegte Forschungstätigkeit in Gang setzen. Was würden Sie zu einer gemeinsamen Forschungsarbeit in Riga sagen? In meinem Labor biete ich Ihnen unbegrenzte Möglichkeiten zum Experimentieren. Einzelne Versuche kann man den Praktikanten und Diplomanten anvertrauen.

– Ausgezeichnet, ich nehme Ihr Angebot mit größter Dankbarkeit an, – Arrhenius konnte seine Freude nicht verbergen.

– Letztes Jahr war ich durch Europa gereist<sup>28</sup> und habe fast alle großen Wissenschaftler auf dem Gebiet der Chemie getroffen: Hofmann,<sup>29</sup> Helmholtz,<sup>30</sup> Kekulé,<sup>31</sup> Baeyer,<sup>32</sup> Bunsen,<sup>33</sup> Kolbe<sup>34</sup> und viele andere. Sie stellten mir freundlicherweise

<sup>28</sup> Ergänzung d.A.: Diese von OSTWALD als „Laboratoriumsreise“ bezeichnete 4-wöchige Erkundungsfahrt zu allen bedeutenden Universitäten und Technischen Hochschulen in Deutschland und in der Schweiz führte ihn über Königsberg nach Berlin, Dresden, Leipzig, Halle/S., Braunschweig, Hannover, Aachen, Bonn, Darmstadt, Heidelberg, Karlsruhe, Stuttgart, Tübingen, Zürich und München.

<sup>29</sup> Ergänzung d.A.: August Wilhelm VON HOFMANN (1818-1892), 1895 Professor für Chemie an der Universität Berlin. Er war der entscheidende Wegbereiter für die Erforschung der Anilinfarbstoffe in England und Deutschland und gründete 1867 die Deutsche Chemische Gesellschaft zu Berlin.

<sup>30</sup> Ergänzung d.A.: Hermann Ludwig Ferdinand VON HELMHOLTZ (1821-1894), 1871 Professor für Physik an der Universität Berlin. Er formulierte den Energieerhaltungssatz endgültig aus, maß als Erster die Nervenleitgeschwindigkeit und entwickelte maßgeblich die Dreifarben Theorie.

<sup>31</sup> Ergänzung d.A.: Friedrich August Kekulé VON STRADONITZ (1829-1896), 1867 Professor für Chemie an der Universität Bonn. Auf Kekulé geht die heute gebräuchliche Darstellung des Benzolringes zurück, mit der er die Grundlagen für die moderne Strukturtheorie in der organischen Chemie legte.

<sup>32</sup> Ergänzung d.A.: Adolf VON BAEYER (1835-1917), 1875 Professor für Chemie an der Universität München, Nobelpreis für Chemie 1905. Er entwickelte die erste Indigosynthese, synthetisierte erstmals Phenolphthalein und Fluorescein und war Wegbereiter für die Alizarin-Synthese.

Proben einiger Säuren zur Verfügung. Mittlerweile habe ich zwölf verschiedene Säuren und habe bereits mit den Untersuchungen begonnen. Ich möchte prüfen, ob Säuren Hydrolyseprozesse beschleunigen. Mir scheint, dass die Untersuchung der Dissoziationsphänomene Aufschluss über die katalytische Wirkung von Säuren geben wird.

– Vielleicht gibt es hier einen Zusammenhang“, – griff Arrhenius lebhaft auf.

Er war ein expansiver Mensch, ausgestattet mit einer unbändigen Fantasie. Jedes Mal wollte er sofort eine Erklärung für wissenschaftliche Fakten finden und bombardierte Ostwald mit allerlei Vermutungen, doch dieser nahm diese Hypothesen kritisch auf und stellte den Arrhenius‘ Argumenten seine eigenen gegenüber. In Wirklichkeit wurde jedes Gespräch, das sie geführt hatten, zu einem Streitgespräch, in dessen Verlauf sie nach und nach zu irgendeinem gemeinsamen Nenner gelangten. Ihre Gespräche, die am Bahnhof in Uppsala begannen und sich bei häufigen gemeinsamen Spaziergängen fortsetzten, gefielen beiden, weil der Nutzen dieser Diskussionen offensichtlich war.

In Schweden traf sich Ostwald mit den berühmtesten Wissenschaftlern – Physikern und Chemikern. Sie alle hielten die Theorie von Arrhenius für absurd und waren verwirrt über die Position Ostwalds, der sie verteidigte.

So entstand der „Bund der Ionier“. Bisher umfasste er nur zwei Vertreter. In ein paar Jahren werden es schon drei davon sein.

Arrhenius erhielt die Zusage für ein Stipendium und begann mit Ostwald zusammenzuarbeiten. Sie kamen sich so nahe, dass Arrhenius bald fast ein Mitglied der Familie Ostwald wurde. Die Wissenschaftler arbeiteten sogar zu Hause. Ostwald verbrachte seine Abende für gewöhnlich damit, neue Artikel zu lesen und die neuesten Ausgaben wissenschaftlicher Zeitschriften zu durchblättern. Einer der Artikel erregte ihn. Er zog die Lampe näher heran und las den Artikel noch einmal. Dann stand er auf und schritt lange im Arbeitszimmer umher.

„Dies ist mein zweiter Konkurrent, der Neuland der physikalischen Chemie betritt. Nein, nein, kein Konkurrent! Er wird mein Mitstreiter sein, dieser talentierte Niederländer.“

Er schrieb sofort einen Brief an van’t Hoff<sup>35</sup> und reiste einige Monate später nach Holland, um ihn persönlich kennenzulernen, der daraufhin der dritte „Ionier“ wurde. Nun konnte dieses Triumvirat mutig das Schlachtfeld betreten. Die elektrolytische Dissoziation hatte jetzt ihre zuverlässigen Verfechter (Abb. 2).

<sup>33</sup> Ergänzung d.A.: Robert Wilhelm BUNSEN (1811-1899), 1852 Professor für Chemie an der Universität Heidelberg. Zusammen mit Gustav Robert KIRCHHOFF (1824-1887) entwickelte er 1859 die Spektralanalyse und entdeckte 1861 auch gemeinsam mit KIRCHHOFF die Elemente Caesium und Rubidium.

<sup>34</sup> Ergänzung d.A.: Adolf Wilhelm Hermann KOLBE (1818-1884), 1865 Professor für Chemie an der Universität Leipzig und ab 1870 Herausgeber des Journals für praktische Chemie. Er stellte 1859 erstmals Salicylsäure aus Phenolat und Kohlendioxid her und gilt als Begründer der organischen Elektrochemie.

<sup>35</sup> Ergänzung d.A.: Jacobus Henricus VAN ’T HOFF (1852-1911), 1878 Professor für Chemie, Mineralogie und Geologie an der Universität Amsterdam, Nobelpreis für Chemie 1901 in Anerkennung seiner Verdienste, die er sich durch die Entdeckung der chemischen Dynamik und des osmotischen Druckes in Lösungen erworben hat.

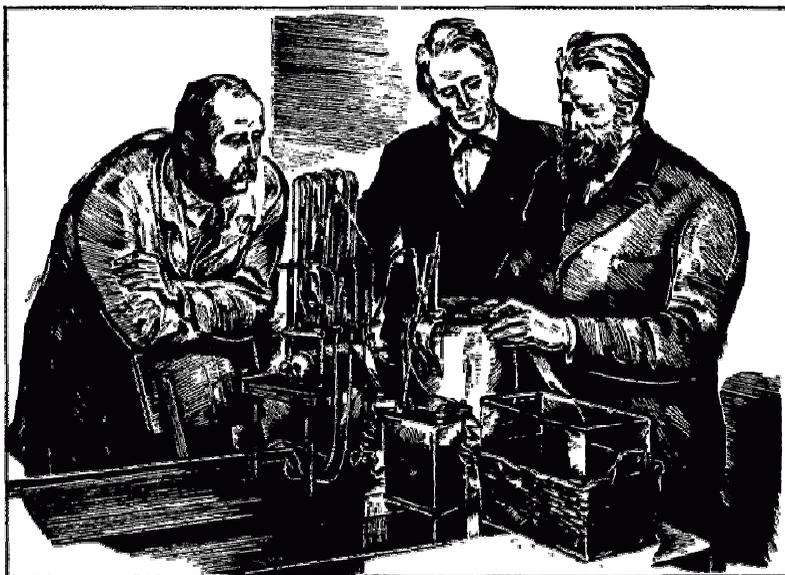


Abb. 2. „Ionier-Triumvirat“ – Svante ARRHENIUS, Jacobus H. VAN 't HOFF und Wilhelm OSTWALD (Quelle: [9], Zeichner: W. KONOWALOW)

Ungeachtet der Tatsache, dass fast alle führenden Chemiker und Physiker gegen die „Ionier“ waren, wurden Ostwalds Leistungen und der Eindruck, den er bei Tagungen in Leipzig hinterließ, hochgeschätzt – Ostwald erhielt eine Einladung, eine Professur an der Universität Leipzig zu übernehmen. In Deutschland an der Seite vieler herausragender Wissenschaftler zu arbeiten, war sein sehnlichster Wunsch. Daher, als der Kultusminister ihn fragte, ob er dieses Angebot annehmen würde, antwortete Ostwald ohne zu zögern: „Mich das zu fragen, ist, als ob Sie einen Unteroffizier fragen, ob er General werden will. Natürlich, ja!“<sup>36</sup>

Der Umzug von Riga nach Leipzig gestaltete sich nicht so einfach: Um die russische Staatsbürgerschaft in die deutsche umzuwandeln, musste man eine Sondergenehmigung einholen und eine Menge Papierkram erledigen. Schließlich war alles geklärt und am späten Abend des 25. September 1887 traf die Familie Ostwald in Leipzig ein. Die ersten Tage verbrachten sie in einem Hotel und zogen dann in eine geräumige Dienstwohnung ein. Wie viele Zimmer es dort gab! Anfangs standen einige davon sogar leer, doch dann erhielt jedes seine eigene Bestimmung: Eines der großen Zimmer wurde zum Musiksalon mit Empfangsbereich, ein anderes zum Esszimmer umgewandelt.

<sup>36</sup> Ergänzung d.A.: Die Audienz bei dem damaligen Sächsischen Kultusminister Karl Friedrich VON GERBER (1823-1891), einem früheren Professor an der Juristenfakultät der Universität Leipzig, erfolgte am 23. Juli 1887.

Einmal im Monat lud Ostwald seine Schüler hierher zum Abendessen ein. Im Haus versammelten sich junge Menschen verschiedener Nationalitäten – Deutsche, Franzosen, Engländer, Italiener, es gab sogar Afrikaner und Japaner. Sie kamen nach Leipzig, angezogen von Ostwalds Erfolgen in der neuen Wissenschaft der physikalischen Chemie.<sup>37</sup> Man nannte ihn den russischen Professor und schätzte ihn sehr, aber er hatte nur wenige enge Freunde. Vielleicht war es Neid, dieses unwürdige, eigentümliche Gefühl, das manchen Wissenschaftlern eigen ist, der sich der Herzen seiner Kollegen bemächtigte? Es gab auch etwas, um das man ihn beneiden konnte. Die Zahl seiner Mitarbeiter wuchs ungewöhnlich schnell. Beginnend mit zwei Assistenten – Svante Arrhenius und Walther Nernst<sup>38</sup> –, gelang es ihm bald, Ernst Beckmann,<sup>39</sup> James Walker,<sup>40</sup> Max Le Blanc,<sup>41</sup> Georg Bredig,<sup>42</sup> Herbert Freundlich<sup>43</sup> und viele andere für seine Forschung zu gewinnen.

Von 1887 bis 1906 arbeiteten mehr als sechzig Wissenschaftler in Ostwalds Laboratorium zusammen, die meisten von ihnen wurden später Professoren, sie hatten ihre eigenen Forschungsthemen, aber die Forschung auf dem Gebiet der physikalischen Chemie wurde weiterhin von Arrhenius in Schweden, Nernst in Berlin, Walker in England und Bredig in Karlsruhe betrieben.

Was waren das für herrliche Zeiten! Talenterter wissenschaftlicher Nachwuchs aus aller Welt strömte zu Ostwald. Alle arbeiteten mit Begeisterung und Liebe zur Wissenschaft. Alle diese jungen Leute bildeten eine große Familie – eine Familie

<sup>37</sup> Zu OSTWALDS Aktivitäten in Leipzig, der Organisation des Leipziger Physikalisch-chemischen Instituts und seine Leitung siehe [5], S. 36-53.

<sup>38</sup> Ergänzung d.A.: Walther NERNST (1864-1941) 1890 a.o. Professor und 1894 ordentlicher Professor für physikalische Chemie in Göttingen sowie ab 1904 in Berlin und ab 1924 bis 1933 ebenda Professor für Experimentalphysik. Nobelpreis für Chemie 1920 in Anerkennung seiner wegweisenden Arbeiten auf dem Gebiet der Thermochemie.

<sup>39</sup> Ergänzung d.A.: Ernst Otto BECKMANN (1853-1923), bis 1891 Assistent bei OSTWALD, 1883 Dozent an der Universität Leipzig, 1897 Professor für angewandte Chemie ebenda. Sein Name ist mit der Beckmann-Umlagerung, dem Beckmann-Thermometer und den Beckmann'schen Gefrier- sowie Siedeparaten bis heute in der Chemie präsent.

<sup>40</sup> James WALKER (1863-1935) war ein britischer Chemiker, der ab 1894 die Professur in Dundee und ab 1908 in Edinburgh innehatte. Er untersuchte die Aktivitätskoeffizienten schwacher organischer Säuren und Basen, die elektrolytische Synthese zweibasiger organischer Säuren, amphotere Elektrolyte und die Reaktionskinetik.

<sup>41</sup> Max Julius Louis LE BLANC (1865-1943) war ein deutscher Chemiker, ab 1906 Professor für physikalische Chemie in Leipzig. Er untersuchte das Phänomen der Polarisierung und schlug 1890 eine Art Kapillarelektrometer vor. Autor des „Lehrbuches der Elektrochemie“ (Leipzig, 1896; Eds. 11-12, 1925), „Elemente der Elektrochemie“ (gemeinsam mit W. R. Whitney, 1896) und „Elektrochemie“ (gemeinsam mit W. R. Whitney und J. W. Brown, New York, 1907, 1917).

<sup>42</sup> Ergänzung d.A.: Georg BREDIG (1868-1944), 1895 Assistent bei OSTWALD, 1901 a.o. Professor an der Universität Heidelberg, 1910 ordentlicher Professor für physikalische Chemie am Polytechnikum Zürich und bereits ein Jahr später an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Er gilt als der Wegbereiter der Katalyse-Forschung in der physikalischen Chemie.

<sup>43</sup> Herbert Max Finlay FREUNDLICH (1880-1941) war ein deutscher Physikochemiker, der 1933 in die USA emigrierte, wo er Professor an der Universität von Minnesota wurde. Er untersuchte die Koagulation und Stabilität kolloidaler Lösungen, führte die Begriffe des elektrokinetischen Potentials und der "Thixotropie" ein.

von Physikochemikern. Ihr Umgang miteinander beschränkte sich nicht nur auf die Arbeit im Laboratorium, sie waren sowohl bei Sonntagsausflügen als auch bei fröhlichen Nachtpartys unzertrennlich. Und die Weihnachtsfeiertage erst! Ostwald wird diese schönen Feste nie vergessen. Obwohl bekannt ist, dass Weihnachten ein Familienfest ist und man es normalerweise im Kreis der Familie unter dem Weihnachtsbaum feiert, beschlossen die Studenten, im Universitätslaboratorium zu feiern. Natürlich musste Ostwald – der Patriarch dieser großen Familie – dabei sein. Aber welche Feier hätte ohne Hahnchens Mühen auskommen können? Sie zeigte ihr ganzes Können und bereitete ein üppiges Essen zu.

Das Laboratorium war nicht wiederzuerkennen. Der mit Filterpapier bedeckte Labortisch glänzte in makelloser Sauberkeit. In den Gläsern funkelte Punsch, der in einem großen Destillierkolben zubereitet wurde. Der geschmückte Weihnachtsbaum erstrahlte in bunten Lichtern. Als Ostwald in Begleitung seiner Frau und seiner Kinder das Laboratorium betrat, standen alle Studenten auf und sangen im Chor. Dann eilten sie herbei, um ihrem Lieblingsprofessor zu gratulieren.

– Und jetzt ist es Zeit für meine Überraschung, – sagte Ostwald und seine Augen funkelten. – Um diesen Abend für alle unvergesslich zu machen, habe ich beschlossen, Ihnen ein sehr ungewöhnliches Geschenk zu bereiten. Ich werde Ihnen ein paar Stunden schenken, die Sie in der Gesellschaft großartiger Menschen verbringen werden, die ihr Leben der Wissenschaft gewidmet haben.

Die Studenten hörten ihm erstaunt und begeistert zu. Und Ostwald fuhr fort:

– Heute habe ich meine engen Freunde und Mitarbeiter zu Gast - William Ramsay,<sup>44</sup> Svante Arrhenius und Jacob Henrik van't Hoff.

Begeisterte Ausrufe und Beifallsrauschen übertönten seine Worte. Grete rannte zur Tür und öffnete sie weit.

– Bitte, Freunde, kommt an den Tisch!

Ramsay, Arrhenius und van't Hoff betraten das Labor. Die Studenten fingen wieder an, zu singen. Dann begann das Galadinner. Und als die Mägen satt waren, war es an der Zeit, dem Geist Nahrung zu geben. Alle haben sich um den Weihnachtsbaum hingesezt.

– Ich schlage vor, dass jeder unserer Gäste uns etwas Interessantes aus seinem Leben erzählt, – sagte Ostwald und setzte sich bequemer hin. – Professor Ramsay bitten wir, als erster zu beginnen.

Ramsay schaute einige Minuten lang in die flackernden Flammen der Kerzen und begann dann mit seiner Geschichte. In reinstem Deutsch erzählte er die Geschichte der Entdeckung des Heliums und seiner Isolierung aus dem Mineral Cleveit.<sup>45</sup> Dann waren van't Hoff und Arrhenius an der Reihe. Ja, das waren die wahren Schöpfer einer neuen Wissenschaft – der physikalischen Chemie. Mit angehalte-

---

<sup>44</sup> Ergänzung d.A.: Sir William RAMSAY (1852-1916), 1887 Professor für Chemie an der University College London, Nobelpreis für Chemie 1904 für die Entdeckung der Edelgase und deren Einordnung in das Periodensystem der Elemente.

<sup>45</sup> Ergänzung d.A.: Cleveit ist eine Variante des uranhaltigen Minerals Uraninit, das die Seltenen Erden Yttrium, Erbium und Cer enthält und nach dem schwedischen Naturforscher Per Teodor CLEVE (1840-1905), Entdecker der Seltenen Erden Holmium und Thulium, genannt wurde.

nem Atem lauschten junge Menschen den Erzählungen der großen Wissenschaftler und träumten insgeheim von der Zeit, in der auch sie in der Wissenschaft werden mitreden können.

Überall dort, wo Ostwald gearbeitet hatte, brannte unaufhörlich das Feuer der wissenschaftlichen Suche. Die Forschungen in Leipzig erreichten gewaltige Dimensionen. Unmittelbar nach seinem Umzug aus Riga setzte Ostwald zusammen mit Arrhenius die Messungen zur elektrolytischen Dissoziation fort. Denn es war nötig gewesen, die Eigenschaften von Säuren, Laugen und Salzen zu untersuchen, um die Gesetzmäßigkeiten festzustellen, denen sie gehorchten. Einzelne Fragestellungen wurden durch die Studenten höherer Semester im Rahmen ihrer Dissertationen bearbeitet. Und einige Fragen löste Ostwald ganz allein. So führten beispielsweise die Studien zur elektrischen Leitfähigkeit von Säuren, die er in Riga begonnen hatte, zur Aufstellung des Verdünnungsgesetzes, das später als Ostwald'sches Verdünnungsgesetz bekannt wurde.<sup>46</sup>

Noch fruchtbarer waren Untersuchungen von katalytischen Prozessen.<sup>47</sup> Durch Zufall, bei einem Gespräch im Ministerium, wurde Ostwald bewusst, dass eines der Hauptprobleme für Deutschland die Salpeterknappheit war.<sup>48</sup> Chile-Salpeter war teuer und seine Beschaffung unzuverlässig; außerdem war Salpeter ein strategischer Rohstoff, der für die Herstellung von Sprengstoffmischungen benötigt wurde. Daher war es notwendig, die Produktion von heimischem Salpeter zu organisieren.

Die Idee, Luft als Stickstoffquelle zu nutzen, gab es bereits, aber wie gewinnt man Nitrat aus freiem Stickstoff? Zunächst galt es, einen Weg zu finden, Stickstoff katalytisch mit Wasserstoff zu verbinden.

---

<sup>46</sup> Von 1884 bis 1888 veröffentlichte OSTWALD „Elektrochemische Studien“, in denen er unter anderem einen Zusammenhang zwischen den Geschwindigkeiten der sauren Hydrolysereaktion und den Geschwindigkeiten, "mit denen Teile der Moleküle derselben Säuren während der Hydrolyse Elektrizität übertragen", beschrieben hatte. 1885 entdeckte OSTWALD das Verdünnungsgesetz und formulierte es drei Jahre später mathematisch. Außerdem fand er ein mathematisches Gesetz, das den Dissoziationsgrad eines Elektrolyten mit seiner Konzentration in Beziehung setzt. Zwischen 1888 und 1889 ermittelte OSTWALD die Abhängigkeit der Dissoziationskonstante von der Zusammensetzung und Struktur von 240 organischen Säuren; 1897 stellte er die Titrationsgesetze von schwachen Säuren und Basen auf; 1900 leitete er eine Gleichung ab, die die Beziehung zwischen der Teilchengröße eines Feststoffes und seiner Löslichkeit beschreibt. Zu OSTWALDS Arbeiten über die Theorie der Lösungen siehe [5], S. 85-99.

<sup>47</sup> RODNYJ und SOLOWJEW ([5], S. 110-143) heben vier Richtungen in OSTWALDS Arbeiten zur Katalyse hervor: 1) wissenschaftshistorische Analyse; 2) experimentelle Untersuchungen; 3) allgemeine Probleme der Katalyse; 4) biokatalytische Probleme der Katalyse. Die umfassendste historische Analyse des Problems der Katalyse ist in OSTWALDS Buch „Leitlinien der Chemie“ (Leipzig, 1906; russ. Übersetzung „Evolution der Hauptprobleme der Chemie“, Moskau 1909) enthalten, in dem er eine Klassifizierung der Kontaktwirkungen vorgenommen hatte: Katalyse in homogenen Systemen, heterogene Katalyse und Enzymwirkung. Ab 1909 führte er eine Reihe von Untersuchungen zur Fixierung von Luftstickstoff und zur Oxidation von Ammoniak zwecks Herstellung von Salpetersäure sowie zur Synthese von Ammoniak durch. Im Jahr 1891 schlug OSTWALD die erste Definition der Katalyse vor, und drei Jahre später formulierte er den modernen Katalysebegriff.

<sup>48</sup> Ergänzung d.A.: Salpeter ist der Trivialname einiger Nitrate, die sowohl in der Landwirtschaft als Düngemittel eingesetzt werden als auch für die Produktion von Sprengstoffen und Munition unerlässlich sind.

Es begannen umfangreiche Forschungen. Einerseits galt es, geeignete Bedingungen und einen Katalysator zu finden, um Ammoniak durch die einzige und einfachste Synthese – aus Stickstoff und Wasserstoff – herzustellen. Andererseits musste die Möglichkeit der Oxidation von Ammoniak zu Stickstoffoxiden untersucht werden. Die Salpetersäure und das Nitrat aus Oxiden zu gewinnen, war nicht so schwierig, sodass sich die Aufgabe auf zwei Hauptprobleme konzentrierte – die Gewinnung von Ammoniak und Salpetersäure.

Während die Erforschung der Ammoniaksynthese nur sehr langsam vorankam, konnte das Problem der Ammoniakoxidation zu Salpetersäure recht erfolgreich gelöst werden. Die Hauptexperimente wurden von Harry, Dr. Eberhard Brauer,<sup>49</sup> dem späteren Schwiegersohn Ostwalds, durchgeführt. Dr. Brauer (für Ostwald war er immer nur Harry) schloss die Untersuchungen zur Oxidation von Ammoniak erfolgreich und in kurzer Zeit ab. Der Katalysator, eine Platin-Iridium-Legierung, wurde bereits während der ersten Versuche gefunden. In der Folgezeit fand die Kontaktoxidation von Ammoniak zu Stickstoffoxiden mit Unterstützung des Konzerns „I. G. Farbenindustrie“ ihre industrielle Anwendung.<sup>50</sup> Deutschland erhielt seine eigene Salpetersäure. Die Synthese von Ammoniak konnte noch nicht realisiert werden, ebenso wenig wie die von eigenem Nitrat.

Ostwald war jedoch fest davon überzeugt, dass Ammoniak direkt aus Stickstoff und Wasserstoff synthetisiert werden könnte. Dies war aus den Werten der Gleichgewichtskonstanten eindeutig ersichtlich. Man musste nur die Bedingungen auswählen und einen geeigneten Katalysator finden. Einige Ergebnisse waren bereits erzielt worden. Ostwalds Mitarbeiter versuchten sogar, zwei Entdeckungen patentieren zu lassen, doch die Zusammenarbeit mit dem Patentamt brachte ihnen nichts als Ärger ein. Die Beamten bemängelten jedes noch so kleine Detail, verlangten die Meinung von Spezialisten verschiedener Chemieunternehmen und verweigerten schließlich nach einem langen, aber ergebnislosen Schriftverkehr die Erteilung eines Patents.

„Lassen wir die Millionen bei Millionen“, – sagte Ostwald damals. In der Zwischenzeit wurden die Bedingungen für die Ammoniaksynthese von Professor Fritz Haber<sup>51</sup> ausgearbeitet, und wenig später realisierte Carl Bosch<sup>52</sup> die industrielle Produktion von Ammoniak. In Leverkusen wurde in hohen, dickwandigen Reak-

---

<sup>49</sup> Ergänzung d.A.: Otto Eberhard Hermann BRAUER (1875-1958), langjähriger Privatassistent OSTWALDS war für die technische Seite der Entwicklung des Verfahrens zur Herstellung von Salpetersäure verantwortlich (Ostwald-Brauer-Verfahren).

<sup>50</sup> Ergänzung d.A.: Mehr dazu s. HANSEL, K. „Zur Geschichte des Ostwald-Brauerschen Verfahrens“, Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 4 (1999) H. 2, S. 25-39.

<sup>51</sup> Ergänzung d.A.: Fritz Jacob HABER (1868-1934), 1911 Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin. Seine Arbeiten zur heterogen-katalysierten Synthese von Ammoniak aus den Elementen Stickstoff und Wasserstoff legten den Grundstein für das Haber-Bosch-Verfahren. Dafür erhielt er 1918 den Nobelpreis für Chemie (verliehen 1919).

<sup>52</sup> Ergänzung d.A.: Carl BOSCH (1874-1940), von 1919 bis 1925 leitete der promovierte Chemiker als Vorstandsvorsitzender die BASF und später die unter seiner Führung gegründete I.G. Farben. Aufgrund seiner ingenieurtechnischen Leistungen auf dem Gebiet der Hochdruckchemie bei der Entwicklung des Haber-Bosch-Verfahrens verlieh ihm die Nobelstiftung 1931 den Nobelpreis für Chemie.

tortürmen aus Stahl jener scheinbar einfache Prozess in Betrieb genommen, der nicht nur Deutschland, sondern die ganze Welt mit Ammoniak versorgte – dem gebundenen Stickstoff, einem Träger der Fruchtbarkeit.

Möglich wurden diese Erfolge jedoch nur durch Ostwalds vielfältige Studien zu katalytischen Prozessen. Das Phänomen der Katalyse wurde erstmals von Berzelius charakterisiert, erregte jedoch mehr als ein halbes Jahrhundert lang nicht die genügende Aufmerksamkeit der Wissenschaftler, bis Ostwald dieses höchst interessante Phänomen aufgegriffen hatte. Ostwalds Leistungen auf diesem Gebiet wurden von der wissenschaftlichen Weltgemeinschaft hochgeschätzt. Im Jahr 1909 erhielt er den Nobelpreis für Chemie für seine Verdienste auf dem Gebiet der Katalyse.

Nicht nur Ostwalds experimentelle und theoretische Arbeit, sondern auch seine literarische Tätigkeit haben der Chemie viel gegeben. Es begann in Riga, als er das „Lehrbuch der allgemeinen Chemie“ zur Veröffentlichung vorbereitete.<sup>53</sup> Nachdem er begonnen hatte, einen Kurs in Chemie zu lesen, verspürte er sofort das Bedürfnis nach einem neuen Lehrbuch. Seiner Meinung nach sollte sich das Lehrbuch nicht auf die Grundlagen der Naturwissenschaften beschränken, sondern eine Synthese aller Errungenschaften darstellen und auch eine Richtung für die zukünftige Entwicklung der Naturwissenschaften vorgeben. Um ein solches Lehrbuch zu schreiben, war es notwendig, viele wissenschaftliche Zeitschriften zu lesen, sich mit den in einzelnen wissenschaftlichen Artikeln aufgeworfenen Problemen vertraut zu machen und erst dann das grenzenlose Meer von Fakten und Schlussfolgerungen in ein System zu bringen.

System und Ordnung... Die Wissenschaft braucht sie. Sie sollten der Hauptausgangspunkt der Arbeit sein. Und Ostwald folgte in seinem Leben stets einer strengen Ordnung. Der Vormittag begann mit Vorlesungen an der Universität, dann arbeitete er im Labor. Hier wurden Erfolge und Misserfolge von Mitarbeitern diskutiert, und diese Diskussionen fanden öffentlich statt. Der Erfolg des einen spornete die anderen zur Arbeit an, sodass im Labor ein gesunder Wettbewerbsgeist herrschte. Abends, wenn es nichts anderes zu tun gab, arbeitete Ostwald in seinem Arbeitszimmer: er blätterte in wissenschaftlichen Zeitschriften und las die interessantesten Artikel. Hier, zwischen den Büchern, blieb er bis spät in die Nacht. Der zweite Band des „Lehrbuchs der allgemeinen Chemie“ wurde 1887 veröffentlicht als Ostwald bereits Professor in Leipzig war. Dann erschienen nach und nach seine weiteren Bücher:<sup>54</sup> „Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen“,<sup>55</sup> „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“,<sup>56</sup>

---

<sup>53</sup> Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Bd. I–II. Leipzig, 1885–1887.

<sup>54</sup> Insgesamt schrieb OSTWALD 77 Bücher, von denen 20 in russischer Übersetzung veröffentlicht wurden (siehe [5], S. 352–354). Im Jahr 1904 schätzte Paul WALDEN in seinem ersten Buch über OSTWALDs Leben und Werk, dass OSTWALD etwa 6000 Seiten an Lehrbüchern, Nachschlagewerken und anderen Büchern, 300 wissenschaftliche Artikel, ca. 4000 Referate und etwa 900 Buchbesprechungen geschrieben hatte.

<sup>55</sup> Leipzig, 1893.

<sup>56</sup> Leipzig, 1894; russ. Übersetzung; Riga, 1896.

„Elektrochemie: ihre Geschichte und Lehre“,<sup>57</sup> „Grundlinien der anorganischen Chemie“,<sup>58</sup> „Die Schule der Chemie“<sup>59</sup> ...

Ostwald gründete die „Zeitschrift für physikalische Chemie“, deren Erscheinen im Februar 1887 in Leipzig begann.<sup>60</sup> Die erste Ausgabe war der Theorie der elektrolitischen Dissoziation gewidmet. Darin wurden Artikel von Ostwald, Arrhenius und van't Hoff – von den drei „Ioniern“ veröffentlicht, die sich öffentlich gegen veraltete Ansichten stellten. Wie viele Kämpfe haben sie – die Zeitschrift und ihre Autoren – ausfechten müssen! Doch am Ende wurde der Sieg des Neuen über das Alte errungen. Einige der Gegner sahen sich als besiegt an und wurden Anhänger der „Ionier“, während andere ihre Niederlage nicht akzeptierten und weiterhin Feinde blieben. Sie stellten Ostwald an der Universität allerlei Hindernisse in den Weg und scheuten manchmal auch Klatsch und absurde Gerüchte nicht.

Ostwald schüttelte enttäuscht den Kopf und verdrängte damit die unangenehmen Erinnerungen. Hier ging es nicht mehr um Chemie. Er hob den Kopf und blickte in Richtung des Waldhauses. Seine Arbeit wird von seinem Sohn Wolfgang fortgeführt; seine ersten Erfolge erfreuten die ganze Familie und vor allem ihn, den alten Wilhelm Ostwald. Wolfgang arbeitete in einem neuen Zweig der chemischen Wissenschaft – der Kolloidchemie.

... Ostwald ging weiter. Unweit der Stelle, an der er anhielt, in einer der romantischen Ecken der Parkanlage, wo eine Steinklippe gegen das aufkommende Unkraut kämpfte, erwartete ihn die nächste Tafel – „Philosophie“.

Das System und die Ordnung, die Ostwald in die Chemie einbrachte, führten ihn oft zu philosophischen Verallgemeinerungen. Sein Interesse an Philosophie begann in Dorpat, als er bei Professor von Oettingen arbeitete. Damals galt die Energie lediglich als mathematisches Konzept. Ostwald dachte oft: Warum wird Energie nicht als Realität angesehen? Schließlich kann man sie messen, zum Arbeiten bringen und sogar „stehlen“, obwohl man sie nicht sieht. Das verstanden sogar Wolf und Gretchen, die damals noch sehr jung waren. Sie hatten oft von ihrem Vater das Wort „Energie“ gehört.

– Warum geht die Uhr? – fragte er die Kinder und erklärte ihnen den Begriff „Energie“.

– Weil wir sie jede Woche aufziehen, – antwortete Wolf. – Die Uhr hat eine Feder und die bewegt die Zeiger.

---

<sup>57</sup> Leipzig, 1895.

<sup>58</sup> Leipzig, 1900 (5. deutsche Ausgabe, 1922); russ. Übersetzung: Moskau, 1902 und 1914.

<sup>59</sup> Bd. I-II, Braunschweig, 1903; russ. Übersetzung: Odessa, 1907-1909.

<sup>60</sup> Von 1887 bis 1922 wurden 100 Bände der „Zeitschrift für physikalische Chemie“ veröffentlicht. Für den Jubiläumsband schrieb OSTWALD einen Artikel "Zur Geschichte der Zeitschrift für physikalische Chemie", in dem er beschrieb, wie er die Vorbereitung und Veröffentlichung dieser Zeitschrift organisierte (siehe [5], S. 75-85).

– Ja, aber wenn die Feder schwächer wird, geht die Uhr nicht, obwohl sie noch eine Feder hat, – wandte Ostwald ein. – Das bedeutet, dass es nicht die Feder ist, die sie in Bewegung setzt, sondern etwas anderes, das in der Feder verborgen ist. Dieses andere Ding ist Energie. Jede Woche ziehe ich die Uhr auf, das heißt, ich versorge die Feder mit Energie, die dann die Zahnräder in Bewegung setzt, die wiederum die Zeiger antreiben.

– Aber kann „etwas“ existieren, was wir nicht sehen? – protestierte das hellblonde Gretchen.

– Es ist nicht sichtbar, aber es ist spürbar. Gib mir deine Hand, Grete. Jetzt lege ich eine Reißschiene darauf. Fühlst du etwas? – Grete schüttelte verneinend den Kopf. Ostwald hob die Reißschiene an und schlug damit ganz leicht auf ihre Hand. – Spürst du es jetzt? Wer hat dir wehgetan, Reißschiene oder ich?

– Du, natürlich.

– Na ja, nicht wirklich ich. Das ist die Energie, die ich auf die Reißschiene übertragen habe.

Für Ostwald war Energie der Anfang aller Anfänge. Und diese neuen Ideen bildeten die Grundlage, auf der seine philosophischen Ansichten basierten.<sup>61</sup> Im Jahr 1900 begann Ostwald, Vorlesungen über Naturphilosophie zu halten. Gleichzeitig organisierte er die Herausgabe einer neuen wissenschaftlichen Zeitschrift, der „Annalen der Naturphilosophie“.

Ostwald betrachtete die Energie als das Grundprinzip aller Dinge und stellte sich der atomar-molekularen Theorie vom Standpunkt des Idealismus entgegen. Ostwalds Ideen, die er in seinem Buch „Die Energie und ihre Wandlungen“ dargelegt hatte,<sup>62</sup> wurden von Philosophen-Idealisten aufgegriffen; sie begannen einen erbitterten Kampf gegen die Materialisten. Die Mehrheit der Chemiewissenschaftler vertrat eine materialistische Position und erkannte die atomar-molekulare Theorie an. Daher wurde Ostwald von vielen berühmten Chemikern einer heftigen und berechtigten Kritik ausgesetzt. Die Arbeit an der Universität wurde für ihn unmöglich.

Nachdem er die Universität verlassen hatte und nach Großbothen umgezogen war, machte sich Ostwald selbst zu einem Beobachtungsobjekt. Er spielte gleichzeitig die Rolle des Experimentators und der Versuchsperson – er hatte die Idee, ein Buch über die Physiologie und Psychologie eines Wissenschaftlers zu schreiben. Es war eine tiefgreifende Psychoanalyse, eine Erkundung seines eigenen „Ich“, es war eine Offenbarung jener komplexen Gefühle und Erfahrungen, die das Leben eines Wissenschaftlers ausmachen. Er lebt wie alle anderen, erlebt gewöhnliche menschliche Freuden, aber gleichzeitig gibt es für ihn eine zweite Welt, die viel

---

<sup>61</sup> Zu OSTWALDS "naturphilosophischen" Studien siehe [5], S. 181-245. Neben der Analyse von OSTWALDS Arbeiten auf diesem Gebiet widmet das Buch große Aufmerksamkeit den methodologischen Prinzipien, den Ursprüngen und dem Schicksal der ostwaldschen Energetik und insbesondere der Kritik am Energetismus durch W. I. LENIN und führende Wissenschaftler des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts. Gegen Ende seines Lebens änderte OSTWALD seine Einstellung zur Atomistik und erkannte den Sieg der Atom- und Molekularlehre an.

<sup>62</sup> Leipzig, 1888; russ. Übersetzung: "Russischer Reichtum", 1888, Nr. 7.

bedeutsamer und komplexer ist – das ist die Welt der Wissenschaft, in der der Wissenschaftler Emotionen besonderer Art empfindet – die Freuden und Leiden der wissenschaftlichen Forschung.<sup>63</sup>

Die Entscheidung, die Universität zu verlassen, war endgültig, und Ostwald richtete einen Antrag beim Ministerium ein, von seinen Pflichten als Professor entbunden zu werden.

Im Jahr 1905 wurde von Amerika aus ein Wissenschaftlertausch vorgeschlagen. Das Ministerium bot Ostwald an, daran teilzunehmen, und er stimmte zu.

Vorlesungen halten in Harvard! Das war eine große Ehre und eine Erleichterung zugleich für die angespannte Situation in Leipzig.

Wieder wurde mit dem Packen begonnen. Die Arbeit im Haus hatte sich überschlagen. Obwohl es Sommer war, musste die Winterkleidung in Ordnung gebracht werden. Schließlich würde man für eine lange Zeit wegfahren.

Normalerweise, wenn Ostwald ins Ausland fuhr, nahm er unbedingt jemanden mit, der ihm nahestand. Aber eine Reise über den Ozean war ein außergewöhnliches Ereignis, auf das sich sowohl Hahnchen als auch die Kinder freuten. Beim Packen wurden die Musikinstrumente nicht vergessen, Wolfs und Gretes Geigen und Ostwalds Cello; es wurde beschlossen, ein Flügel für Hahnchen vor Ort zu kaufen. Das Jahr 1906, Harvard... Die letzten Vorlesungen des berühmten Wissenschaftlers. Als Ostwald im folgenden Jahr nach Leipzig zurückkehrte, gab das Ministerium seinem Antrag statt und er zog nach Großbothen. Hier war alles, wovon er träumte: ein Arbeitszimmer, ein Labor, die Stille und vor allem die Freiheit. Jetzt konnte Ostwald seine Kräfte rational einteilen und wenn er müde wurde, machte er eine Pause. Das effektivste Mittel, wieder zu Kräften zu kommen, war für ihn die Malerei...

... Die nächste Überraschung im Garten war der Malerei gewidmet.

Ostwald begann schon als Kind zu malen; mit der Zeit verbesserte sich die Technik, der Sinn für Farbe wurde feiner und das Malen wurde für Ostwald zu einer lebenswichtigen Notwendigkeit. Ein Tag, an dem er mit Staffelei und Farben durch die Außenbezirke der Stadt wanderte, ein Tag voller Farbenspiele, deren Kombinationen sich in herrliche Landschaften verwandelten, reichte aus, um Kraft für zwei Wochen zu schöpfen.

– Wenn ich male, arbeitet nur eine Gehirnhälfte, während die andere in dieser Zeit ruht.

---

<sup>63</sup> Seit 1905 widmete OSTWALD besondere Aufmerksamkeit den Fragen zur Rolle der Organisation in der wissenschaftlichen Forschung und der Analyse des wissenschaftlichen Schaffensprozesses. Im Jahr 1909 veröffentlichte er das Buch "Große Männer" (russ. Übersetzung, St. Petersburg, 1910), in dem er die Tätigkeit von sechs bedeutenden Wissenschaftlern analysierte (H. DAVY, J. LIEBIG, Ch. GERHARDT, M. FARADAY, R. MEYER, H. HELMHOLTZ). Zwanzig Jahre zuvor hatte er die berühmte Buchreihe "Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften" gegründet. Er beschäftigte sich außerdem mit den Problemen der wissenschaftlichen Schulen, der Bildung, der Klassifizierung der Wissenschaften usw. [5], S. 246-305.

Grete war seine ständige Begleiterin bei Ausflügen. Sie malte auch hervorragend in Öl und Aquarell. Landschaften waren die Leidenschaft von Vater und Tochter. Fasziniert von den magischen Linien und Farben der Natur griffen sie oft zu Pinseln und versuchten, ihre unverwechselbare Schönheit auf die Leinwand zu bannen.

An manchen Tagen malte Ostwald mit besonderer Begeisterung. Manchmal brachte er fünf, sogar sechs Leinwände von seinen Skizzen mit. Jedes neue Bild war nicht nur für ihn, sondern für die ganze Familie eine Freude. Sogar die Arbeiter, die mit der Hausarbeit beschäftigt waren, versuchten, einen Grund zu finden, das Arbeitszimmer zu betreten, um sich die Bilder des Professors anzusehen.

Als Wissenschaftler, der sein ganzes Leben der Bestimmung verschiedener physikalischer und chemischer Größen widmete, konnte sich Ostwald nicht damit abfinden, dass es noch nicht einmal das einfachste Maß zur Farbbestimmung gab. Wie ist die Helligkeit einer bestimmten Farbe? Wie bestimmt man die Farbe selbst? Es ist bekannt, dass alle Farbtöne durch die Kombination von drei Farben – Rot, Blau und Gelb – erhalten werden können. Aber wie kann man feststellen, dass eine bestimmte Farbe beispielsweise Grün ist? Sie kann aus einer Kombination von Gelb und Blau gewonnen werden, was entweder zu Gelbgrün oder Blaugrün führt. Das Gleiche gilt für die anderen Farben ... Hier ist ein weiteres unerforschtes Gebiet. Chevreul<sup>64</sup> hatte seinerzeit Experimente zur Bestimmung von Farben durchgeführt, aber sie stellten weder den Maler Ostwald noch den Wissenschaftler Ostwald zufrieden. Deshalb beschloss er, jetzt, da er frei war, eine systematische Untersuchung der Farben vorzunehmen.<sup>65</sup>

Sein Labor sah jetzt aus wie ein bunter Jahrmarktpavillon (Abb. 3). Dünne Filterpapierstreifen, getränkt mit Farbstoffen in allen Farben des Regenbogens und nummeriert, wurden auf Stativen, Regalen sowie Tür- und Fensterrahmen getrocknet. Danach wurde die Farbe jedes Streifens mit der Farbe anderer ähnlicher Streifen verglichen und mit einem Photometer gemessen.

---

<sup>64</sup> Ergänzung d.A.: Michel Eugène CHEVREUL (1786-1889), 1830 Professor für Chemie und Direktor des naturhistorischen Museums Paris. CHEVREUL konstruierte einen 72-teiligen Farbkreis und beschäftigte sich unter anderem intensiv mit der Färbung von Textilien.

<sup>65</sup> Ab 1915 begann OSTWALD, sich systematisch mit dem Problem der Farben und der Farbgebung zu befassen. Die Farbenforschung war seine Hauptleidenschaft, und die auf diesem Gebiet erzielten Ergebnisse betrachtete er als den Höhepunkt seiner Leistungen, fast als das Hauptwerk seines Lebens ([5], S. 144). Im Jahr 1921 fasste er seine Farbenlehre in einem großen Atlas mit 2500 Farben zusammen. OSTWALDs Forschungen über Farben und Farbgebung sind in seiner „Autobiographie“ ausführlich beschrieben (OSTWALD, W. F., J. Chem. Edu. 30 (1953), 606).

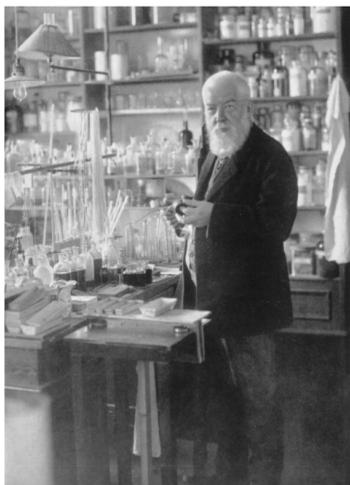


Abb. 3. 75jähriger Wilhelm OSTWALD in seinem Privatlabor in Großbothen (Quelle: [9] und <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.200901193>; Stand 20.01.2024).

... Ostwald steckte die Hand in die Jackentasche und ertastete die dort liegende Glasplatte. Die Helligkeitsskala – sein erster Erfolg. Aber wie viele Experimente mussten dazu durchgeführt werden, um erste zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Es stellte sich heraus, dass die Kreide eigentlich nicht weiß genug ist oder dass der Ruß eine Stoffmischung ist, die sich leicht auftrennen lässt.<sup>66</sup> Am vollkommensten war die weiße Farbe von Bariumsulfat, die auf der Helligkeitsskala dem Wert 100 entsprach. Aber auch Bariumsulfat-Mischungen ließen sich auftrennen. Zahlreiche Kombinationen führten zu Lithopone<sup>67</sup> und Frankfurter Schwarz.<sup>68</sup>

Die Mischungen dieser Stoffe in unterschiedlichen Anteilen ergaben unterschiedliche Farbtöne. Ostwald bezeichnete die hellsten – weißen – mit **a**, die dunkelsten Mischungen erreichten den Wert **t**. Die letzten Buchstaben des Alphabets entsprachen schwarzen Mischungen, die weder mit dem Auge noch durch photometrische Messung unterschieden werden konnten. Ostwald verwendete diese Mischungen, indem er sie mit Olivenöl vermischte und sie so in Ölfarben verwandelte, um eine „Helligkeitsskala“ herzustellen. Er trug einen Streifen jeder Mischung auf eine Glasplatte auf und ließ zwischen den Streifen einen kleinen Abstand. Indem er die Platte auf den Farbstoff legte, dessen Farbe bestimmt werden sollte, konnte er leicht feststellen, welchem Helligkeitsgrad diese Farbe am nächsten entsprach. Ostwald kannte die Nummern der verschiedenen Farbtöne aus dem Gedächtnis. Die Farbe konnte er auch ohne Skala bestimmen, doch dieses kleine Glasplättchen,

<sup>66</sup> Ergänzung d.A.: Die verschiedenen Rußtypen unterscheiden sich in ihrer Teilchengröße und Oberfläche, aber auch im Farbstich.

<sup>67</sup> Ergänzung d.A.: Als Lithopone wird ein künstliches ungiftiges Weißpigment aus Bariumsulfat und Zinksulfid bezeichnet.

<sup>68</sup> Ergänzung d.A.: Als „Frankfurter Schwarz“ wird eine Sonderform des Pflanzenschwarz bezeichnet, die aufgrund seiner Feinheit vor allem für Drucktechniken verwendet wird.

das er nun in der Hand hielt, bereitete ihm ein außerordentliches Vergnügen. Dies war eine weitere seiner Errungenschaften: Mithilfe dieser Skala wurde die Reihenfolge der Farbbestimmung in ein System gebracht. Aber er hatte noch viel Arbeit vor sich; er träumte davon, eine spezielle Skala der Farbtöne zu schaffen.

... In Gedanken über Farben versunken, bemerkte Ostwald selbst nicht, wie er sich in einer sonnigen, von Kakteen gesäumten Allee befand. Diese seltsamen stacheligen Pflanzen nahmen die Sonnenenergie auf und schienen sie zu absorbieren. Hier, in der Kakteenallee, hatte Grete die Tafel „Technik und Industrie“ aufgestellt. „Das ist eine kluge Idee, – lächelte Ostwald. – Mit der Technik und Industrie ist es immer nicht leicht. Doch trotz ihrer schrecklichen Stacheln blühen diese Ungetüme auch manchmal, und ihre Blüten besitzen wundervolle Farben und Düfte. Ja, die Synthese von Ammoniak zum Beispiel entpuppte sich als solch ein stacheliger Kaktus, aber die katalytische Oxidation von Ammoniak führte zur Salpetersäure – ist das nicht eine der schönsten Blumen, die im Garten der chemischen Industrie blühten?“

Der gelbe Kopf einer verspäteten Arnika wippte zwischen den Steinen. Ostwald beugte sich vor und riss es vorsichtig ab. „Das ist für Hahnchen...“, – dachte er zärtlich. Wenn er von seinem Morgenspaziergang zurückkehrte, brachte er seiner Frau immer irgendeine Blume mit. Wenn keine Blumen da waren, pflückte er einen Tannenzweig oder hob einfach ein schönes Blatt auf. Nun führte der Weg hinauf zu einem kleinen grasbewachsenen Hügel, auf dem ein Windrad errichtet worden war.

... Die Energie lässt sich leicht von einer Art in eine andere umwandeln und muss rational genutzt werden. Konnte Ostwald ruhig zusehen, wie Windenergie verschwendet wurde? Nein! Und er beschloss, sie zu nutzen. Die Flügel des Rades waren ständig in Bewegung und wandelten Windenergie in elektrische Energie um. Diese Turbine versorgte das gesamte Anwesen in Großboten mit Strom.

Der Lärm des Windrades klang wie ein fröhliches Lied. Die Menschheit hat schon viel erreicht! Und wie viel bleibt noch zu tun!

Ostwald ging langsam auf den Birkenhain zu, hinter dem sich die Villa „Energie“ verbarg.

– Er kommt! Er kommt! – schrien die Kinder.

Grete und Nelly waren bereits auf der Terrasse neben dem Labor. Hier versammelte sich die ganze Familie. Langsam stieg Ostwald die Steintreppe hinauf, näherte sich seiner Frau und überreichte ihr feierlich eine zarte Arnikablüte. Es folgten Glückwünsche und Küsschen... Die große Familie Ostwald setzte sich an den festlich gedeckten Tisch – insgesamt fünfzehn Personen.

Das Frühstück war noch nicht zu Ende, als die ersten Glückwünsche eintrafen. Der Postbote brachte zwei riesige Bündel Briefe und Telegramme, die in Ostwalds Arbeitszimmer gebracht wurden. Auf Frau Ostwald wartete eine schwierige Aufgabe – das Sortieren dieser ganzen Post. Dann wird der Jubilar die Briefe selbst lesen – manche flüchtig, andere aufmerksam.

Fast alle Einwohner von Großbothen kamen, um dem Wissenschaftler zu gratulieren, dessen Name in der ganzen Welt bekannt war. Sie trugen Körbe mit Eiern, Butter und Mehl. Der große Salon und das Esszimmer wurden zu einem Geschenkeler. Vor allem gab es aber Blumen – Sträuße, Töpfe, Körbe. Ostwalds Liebe zu Blumen war jedem bekannt und so versuchte jeder, die schönsten und duftendsten Blumen zu finden.

Zur Mittagszeit füllten die Gäste die Wiese vor der Villa. Weiße Tischdecken wurden direkt auf das Gras gelegt und das Festmahl begann. Trinksprüche, Reden, Glückwünsche...

Geschenke wurden auch per Post zugestellt. Professor Ikeda<sup>69</sup> aus Tokio schickte Ostwald ein antikes Tablett, das vor zweihundert Jahren hergestellt worden war. In seinem Brief berichtete er, dass Ostwalds sechzigster Geburtstag in Japan feierlich begangen werde. „Offenbar wird er gefeiert, weil die Zahl 60 ein gemeinsames Vielfaches der Zahlen 10 und 12 ist, die die Grundlage des in Europa verwendeten Dezimalsystems und des Zwölfersystems bilden, dessen Ursprung in Asien liegt, aber auch in Europa verwendet wird, beispielsweise bei der Zählung der Zeit in vierundzwanzig Stunden.“

... Die Gäste reisten erst am Abend ab. Der müde Ostwald ging hinauf in sein Schlafzimmer. Die Feierlichkeiten hatten ihn erschöpft. Und am Morgen begann Ostwald mit gewohnter Pedanterie erneut mit der Aufgabe, die ihn in letzter Zeit so fasziniert hatte – der Klassifizierung von Farben.

Zufriedenheit über den Erfolg im Beruf, Familienfreuden, Lieblingsmusik – all das wurde bald von der Dunkelheit des Krieges überschattet, der so viel Leid über Deutschland und die ganze Welt brachte. Er trug die Feindschaft zwischen den Staaten in die wissenschaftliche Gemeinschaft hinein. Doch Ostwald ließ sich nicht von der hurra-patriotischen Stimmung anstecken. Er unterzeichnete die Erklärung deutscher Wissenschaftler, die sich weigerten, auf die ihnen in England verliehenen wissenschaftlichen Titel zu verzichten.

„In England leben meine Freunde und Schüler. Sie arbeiten wie wir für die Wissenschaft, und Wissenschaft gehört der gesamten Menschheit.“ Diese entscheidende Position erhöhte die Zahl der Feinde Ostwalds. In den Zeitungen wurde er offen als „russischer Professor“ bezeichnet, und nun bekamen diese Worte eine besondere Bedeutung, denn dort, in seiner Heimat, hatten Arbeiter und Bauern die Macht selbst in die Hand genommen. Aber Ostwald war über jede Beleidigung erhaben. Er machte die größten Entdeckungen, er baute sein Leben zielstrebig und klug in der Wissenschaft auf, und dies half ihm, auf alles Kleinliche und Eitle zu verzichten. Anscheinend beschloss er in diesen Jahren, eine Autobiografie zu schreiben, die er „Lebenslinien“ nannte. Drei Jahre lang hat er daran gearbeitet.

---

<sup>69</sup> Ergänzung d.A.: Kikunae IKEDA (1864-1936), 1899 ging er für zwei Jahre zum Studium der physikalischen Chemie an die Universität Leipzig, wo er sich bei Wilhelm OSTWALD weiterbildete. 1902 wurde er zum Professor für Chemie an der Universität Tokio ernannt. 1908 isolierte er kristallines Mononatriumglutamat, das heute einer der häufigsten Lebensmittelzusatzstoffe ist.

Ostwalds Lebensweg war ungewöhnlich. Es gab keinen plötzlichen Aufstieg, keinen Höhepunkt oder Sonnenuntergang. Sein Weg war ein kontinuierlicher Aufstieg. Manchmal verzweigte er sich, aber jeder Zweig führte immer nach oben. Alles, was Ostwald schrieb, entstand in einem Anfall von Begeisterung. Und seine größte Belohnung war der Glaube, dass seine Bücher Nutzen bringen. Mit diesem Glauben begegnete er den letzten Augenblicken seines Lebens.

... Es war ein sonniger Tag. Nach einem ruhigen und langen Schlaf öffnete Ostwald die Augen und sah den besorgten Blick von Erwin Payr,<sup>70</sup> einem Chirurgen der Leipziger Klinik. In der Nähe befanden sich eine Krankenschwester und Elisabeth, die pausenlos an seinem Bett Dienst leistete.

– Ich hoffe, dass Sie bald nach Großbothen zurückkehren und Ihre Arbeit fortsetzen können, – die Stimme von Doktor Payr klang so fröhlich wie immer.  
 – Es bleiben so viele Artikel unvollendet, – beklagte sich Ostwald. – Gut, dass Gretchen sich wenigstens um die Korrekturen kümmern wird.  
 – Ihre Bücher sind wunderbar. – Ich habe sehr viel daraus gelernt, – erklärte Dr. Payr. Und für Ostwald gab es keine kostbareren Worte als die, die er gerade gehört hatte. Er lächelte dankbar und schloss die Augen.<sup>71</sup>

## Literatur

- [1] OSTWALD, W.: Lebenslinien: eine Selbstbiographie. Nach der Ausgabe von 1926/27 überarb. u. kommentiert v. K. HANSEL. Leipzig: Hirzel, 2003.  
 [2] ebenda, S. 602.  
 [3] WALDEN, P.: Wilhelm Ostwald. Ber. Dt. Chem. Ges. 65 (1932), 8, S. A101-A141.  
 [4] OSTWALD, G.: Wilhelm Ostwald – Mein Vater. Stuttgart: Berliner Union, 1953.  
 [5] РОДНЫЙ, Н. И.; СОЛОВЬЕВ Ю. И.: Вильгельм Оствальд. Москва: Изд-во «Наука», 1969.  
 [6] RODNYI, N. I.; SOLOWJEW Ju. I.: Wilhelm Ostwald. (ins Deutsche übersetzt von Harald Sommer; Redaktion der dt. Ausg. durch Helga und Wilhelm Strube). Leipzig: Teubner Verlagsges., 1977.  
 [7] Литературен свят, Калоян Манолов. № 63, юни 2014;  
<https://literaturensviat.com/?p=94013> (Stand 20.01.2024).

<sup>70</sup> Ergänzung d.A.: Erwin Payr (1871-1946), 1911 Professor der Chirurgie in der Medizinischen Fakultät und Direktor der Chirurgischen Klinik der Universität Leipzig.

<sup>71</sup> Ergänzung d.A.: Wilhelm OSTWALD starb am 04.04.1932. Seine Tochter Elisabeth kauerte an der Seite des Sterbenden, bis die immer seltener werdenden Atemzüge mit einem allerletzten endeten. Sie erinnerte sich: „Am Morgen des 4. April weckte mich ein heller Amselruf aus dem Garten des Krankenhauses. [...] Meinen Vater hatte man während der Nacht schon gebettet. [...] Auf seinem Gesicht lag ein Ausdruck von Ruhe und Hoheit – und einer Ferne – jenseits aller Sterne. Meine Augen nahmen stillen Abschied von ihm.“ (BRAUER, E.: Erinnerungen an meinen Vater Wilhelm Ostwald – geschrieben im Frieden unserer Zweisamkeit und dankbar gewidmet meiner Tochter Frau Gretel Brauer von Elisabeth Brauer – 1966. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 8 (2003), H. 1, S. 34-57).

- [8] МАНОЛОВ, К.: Велики химици. Раскази в четири тома. София: Народна просвета, 1969-1974.
- [9] МАНОЛОВ, К.: Великие химики. В двух томах. (ins Russische übersetzt von K. Manolov und S. Tasev; Redaktion der russischen Ausgabe durch N. M. Raskin und V. M. Tjutjunnik). Москва: Изд-во «Мир», 1985.

## Rezension

### **Gesellschaft - Klima - Energie: Wilhelm Ostwald und die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts** / Friedrich Reinhard Schmidt.

Berlin: Frank & Timme. 1. Edition (29. April 2024), 115 Seiten, 12 Zeichnungen, 40 Abbildungen

Jan-Peter Domschke

Friedrich Reinhard Schmidt hat ein neues Buch vorgelegt, das, wie auch die vorhergehenden, seine Überzeugungen widerspiegelt. Seit über dreißig Jahren denkt er über Fragen nach, die für das Leben der Menschen existentielle Bedeutung haben und versucht, Antworten auf die großen Fragen unserer Zeit zu finden. Die Beschäftigung mit philosophischen Fragen und möglichen Brückenschlägen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften ist Friedrich Reinhard Schmidt ein Herzensbedürfnis, das ist keineswegs selbstverständlich, denn der Verfasser gehört weder zu den professionellen Philosophen, noch gehören bisher seine Schriften zur Standardliteratur für philosophisch Interessierte. Das ist Vorteil und Nachteil zugleich, einerseits kann er seine Gedanken ohne die Bürde der akademischen Philosophie schreiben, andererseits beachten ihn die Philosophen bestenfalls als Außen-seiter ihrer Zunft, denn der Autor war als Ingenieur im Orgel-, Flugzeug- und Maschinenbau und in der Elektronikindustrie tätig. 1990 wählten ihn die Mitarbeiter zum Rektor der Hochschule Mittweida, dieses Amt übte er bis 2000 aus.

Für Friedrich Reinhard Schmidt ist der Chemiker, Naturphilosoph und Nobelpreisträger Wilhelm Ostwald (\*1853 in Riga, †1932 in Leipzig) ein Vordenker, der auch für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts große Bedeutung besitzt. Anknüpfend an dessen zentrale Handlungsmaxime „*Vergeude keine Energie, nutze sie!*“ zeigt der Autor, dass in der Gegenwart dieses Denken in vielen Bereichen noch immer große Bedeutung vom Wettbewerb bis zur digitalen Revolution, vom Umgang mit den Klimaaktivisten bis zum Freiheitsdiskurs besitzt. Im vorliegenden Buch werden in acht Aufsätzen Gegenwartsprobleme erörtert und Antworten gesucht.

Bereits in der Einführung „*Ein Wort zuvor*“ (S. 7-8) wird die Intention des Autors deutlich. Schmidt wendet sich gegen einen Klimaaktivismus, der nur die Politik für die Apokalypse verantwortlich macht. Energieverbrauch ohne Askese ist für den Autor das erstrebenswerte Ideal. (S. 8). Es geht ihm um die Einsicht, dass der Mensch ein „*Energiewandler*“ ist: „*Das Besondere am Menschen ist, dass nur er außerhalb seines Körpers Energie von einer Form in eine andere verwandeln kann*“ (S. 7). Er führt hier den Begriff der „*bioenergetischen Waage*“ ein, den er bereits in einigen anderen Arbeiten beschrieb. Die als Veranschaulichung gedachte und eingeführte „*bioenergetische Waage*“ ist eine Vereinfachung, und Vereinfachungen sind, wie der Autor auch an vielen anderen Stellen einräumen muss, Als-Ob-Konstruktionen mit begrenzter Aussagekraft.

Im Kapitel *„Mensch Klima-Energie - Wilhelm Ostwald ein Vordenker in der Klimadebatte“* (S. 9-22) würdigt der Verfasser die Verdienste Wilhelm Ostwalds, der betonte, dass *„eine dauerhafte Wirtschaft ausschließlich auf der Benutzung der jährlich von der Sonne herkommenden Strahlungsenergie basieren muss“* (S. 15). Diesem Wissenschaftler komme auch das Verdienst zu, den Mensch-Tier-Unterschied, die Bedeutung der Strahlungsenergie und den *„energetischen Imperativ“* (S. 21) herausgearbeitet zu haben. Der Autor beschreibt die aktuelle energetische Situation und betont, dass alle Lebewesen *„Energiewandler“* seien (S. 14). An die Forderung nach der Einhaltung der *„bioenergetischen Waage“* anknüpfend, schreibt der Autor dass die *„Wiederherstellung der Einheit zwischen Erwerbs- und Erlebnisswelt“* (S. 20) notwendig sei.

Im Kapitel *„Wettbewerb-Notwendigkeit und Entartung. Eine Betrachtung aus der Sicht der Energetik Wilhelm Ostwalds“* (S. 23-36) setzt sich der Autor mit der Entartung des Wettbewerbs auseinander und benennt Widersprüche im Fortschritt (S. 27). Sowohl der *„Kampf ums Dasein“* (S. 25) als auch der gegen den Krieg (S. 33) werden vom Autor unter diesem Aspekt analysiert.

Im Beitrag *„Mensch, Klima, Digitale Revolution. Vom Segen und Unsegen der Digitalen Revolution aus Sicht der Energetik“* (S. 37-50) setzt sich der Verfasser mit den Vor- und Nachteilen der Digitalisierung und dem Einsatz von *„künstlicher Intelligenz“* auseinander. Er stellt heraus, dass der Mensch durch Wissen, Beobachten und Denken befähigt ist, intelligent zu handeln (S. 39). Der Verfasser verweist aber auch auf den Energieverbrauch durch die Digitalisierung und die Gefahren für das *„Denken“* (S. 44).

Im Kapitel *„Mit „Fridays for Future“ zum Ökodiktat?“* (S. 51-61) kritisiert der Verfasser diese aktuelle Bewegung, weil nicht nur die angegriffene Politik verantwortlich sei (S. 55). Mit einigen Beispielen belegt er die Energieverschwendung in der Erlebnisswelt und polemisiert gegen die *„Vergnügungsindustrie“* (S. 56f). Ein dem Autor wichtiges Anliegen ist die Differenzierung von Erwerbs- und Erlebnisswelt (S. 59). Hier argumentiert Reinhard Schmidt mit der *„bioenergetischen Waage“* (S. 56). Die mit seinen Vorstellungen verbundenen Veränderungen erforderten Einsicht in die Notwendigkeit, das heißt, mit dem *„bioenergetischen Leistungsumsatz muss verantwortungsbewusster umgegangen werden“* (S. 61).

Der Bedeutung der Kirchen und der Religion widmet sich der Verfasser in den Ausführungen *„Wie die Kirchen ins Museum der Weltanschauungen gerieten“* (S. 65-75). Hier offenbart der Autor nicht nur sein Wissen über Religion und Kirche, sondern wahrt auch kritische Distanz zum religiösen Glauben. Bedauernd schreibt er über sie, aber auch über die Medien und die politischen Parteien zur gegenwärtigen Situation: *„Aber sie arbeiten nicht mit an der Entwicklung und Verbreitung einer neuen Weltanschauung, die demokratisch legitimiert ist und mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen in Einklang steht“* (S. 75).

Im Abschnitt *„Warum kann und muss Kunst sein? Eine Antwort aus der Sicht der Energetik Wilhelm Ostwalds“* (S. 77-89) wendet sich der Autor der Kunst zu. Ähnlich, wie im vorhergehenden Abschnitt, analysiert der Verfasser unter dem von ihm

gewählten Blickwinkel die Bedeutung der Kunst und ihre Geschichte, aber auch ihre Veränderung unter technischem Aspekt.

Mit dem Beitrag *„Wie eine Pandemie die Freiheit beschneidet“* (S. 91-104) wendet sich der Verfasser Ereignissen der jüngsten Vergangenheit zu, um die Beschneidung der Freiheit in der Pandemie (S. 93) zu analysieren. Seine Aussagen zur Freiheit stützen sich auf die klassischen Definitionen in der Philosophie. Den *„Impfgegnern“* wirft er vor, dass die durch die Freiheitsbeschränkungen zur Wahl stehenden Möglichkeiten dann leichter zu ertragen seien, wenn man sie mit der Einsicht in die Notwendigkeit verbindet (S. 95).

Im Aufsatz *„Glaube und Naturwissenschaft. Widersprüche und Gemeinsamkeiten energetisch betrachtet“* (S. 105-115) geht Reinhard Schmidt nicht nur auf das Verhältnis der Energetik zur Religion ein, sondern betont *„Das ... Streben nach außerhalb des menschlichen Körpers stattfindenden Energiewandel muss gezähmt werden. Der Leistungsumsatz eines jeden Menschen sollte... wieder im Sinne der Natur und lebenserhaltend im Sinne der Schöpfung angestrebt werden“* (S. 115).

Der Verfasser, so der Eindruck des Rezensenten, gibt hier vieles von seinen „Herzensüberzeugungen“ preis, ohne dass in jedem Falle der Leser zu dem gleichen Ergebnis gelangen muss. Eher gleichnishafte und existentielle, und eher auf praktische Ratschläge abzielende Passagen sind dicht miteinander verwoben. Die aktuellste Publikation von Friedrich Reinhard Schmidt ist deshalb allen zu empfehlen, die gern nachdenken. Wer sich über diese Lektüre hinausgehend mit der Denkweise des Autors und ihrer Begründung beschäftigen möchte, dem seien seine Schriften empfohlen:

- Der sanfte Menschheitsuntergang oder der Trieb, der Karl Marx stürzte. Köln: Kölner Univ.-Verl., 1994
- Zurück zur Arbeit oder der Mensch im Hamsterlaufrad. Hildesheim: Olms, 1998
- Wettbewerb. Frankfurt/M.: Fischer, 2009
- Das ist der Mensch: Berlin: Frank & Timme, 2019

## Autorenverzeichnis

Prof. Dr. Wolfgang Oehme  
04828 Bennewitz  
oehme@physik.uni-leipzig.de

Prof. Dr. Wladimir Reschetilowski  
Dipl.-Ing. Karin Reschetilowski  
01445 Radebeul  
wladimir.reschetilowski@tu-dresden.de

Prof. Dr. Jan-Peter Domschke  
09603 Großschirma  
domschke@htwm.de

Prof. Dr. Horst Hennig  
04103 Leipzig  
hennigho@organik.chemie.uni-leipzig.de

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

Prof. Dr. Ulf Messow  
04668 Grimma, OT Waldbardau  
ulf.messow@freenet.de

Prof. Dr. Jürgen Schmelzer  
01465 Dresden, OT Langebrück  
mjschmelzer@t-online.de

Dr. Michael Handschuh  
04207 Leipzig  
mhandsch@gmx.de

## Gesellschaftsnachrichten

### *Wir gratulieren*

#### zum **90** Geburtstag

Herrn Prof. Dr. Frider Bigl, 15.08.2024

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

Herrn Dr. Eggert Jung, 13.09.2024

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

Herrn Prof. Dr. Wolfgang Grünert, 02.08.2024

Herrn Hans-Henning Walter, 07.10.2024

Herrn Dipl.-Ing. Werner Rudolph Cramer, 27.11.2024

#### zum **60.** Geburtstag

Herrn Prof. Dr. Frank-Michael Matysik, 16.07.2024

### **Spenden**

Im Zeitraum vom 01.12.2023 bis 31.05.2024 gingen Spenden ein von:

Prof. Hans Joachim Albrecht; Ralf Dyck; Dr.-Ing. Bernhard Gutsche; Dr. Rolf Haink; Wolfgang Johannes Hönle-Stiftung „Kunst und Chemie“; Prof. Dr. Grit Kalies; Prof. Dr. Herbert Klenk; Dr. Mark Henning Ostwald; Raiffeisenbank Grimma eG; Prof. Dr. Michael Ruck; Prof. Dr. Hans-Peter Schramm; Dr. Carl Gerhard Spilcke-Liss; Gerda Tschira.

Wir bedanken uns dafür recht herzlich.

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

Prof. Dr. Michael Lorenz, Univ. Leipzig

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

**Prof. Dr. Egon Fanghänel**

Er verstarb am 15.11.2023

Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren

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

**Prof. Dr. habil. Konrad Quitzsch**

Er verstarb am 29.11.2023

Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren

## **Nachruf auf unser Mitglied Prof. Dr. Egon Fanghänel**

**\* 25.06.1935, † 15.11.2023**

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft trauert um Egon Fanghänel, Mitglied unserer Gesellschaft seit 1998.

Egon Fanghänel gehörte national und international zu den Repräsentanten der organischen Schwefelchemie. Seine wissenschaftliche Laufbahn führte ihn von der TH Dresden nach einem mehrjährigen Forschungsaufenthalt am Centre de National in Havanna an die bedeutendste naturwissenschaftlich-technische Hochschule der DDR, an die TH Leuna Merseburg, an die er 1971 zum Ordentlichen Professor für Organische Chemie berufen und deren Rektorat ihm 1989 übertragen wurde. Zugleich übernahm er wissenschafts-organisatorische Verantwortung in der Chemischen Gesellschaft der DDR, deren Vorsitz er von 1985 – 1988 innehatte, und setzte sich aktiv für den Zusammenschluss mit der Gesellschaft Deutscher Chemiker ein, in deren Vorstand er als ständiger Gast mitarbeitete. 2017 wurde er Ehrenmitglied dieser Gesellschaft.

Egon Fanghänel war ein begnadeter Hochschullehrer, der mit didaktisch gut aufgebauten Vorlesungen und Seminaren seine Studenten für die Wissenschaft begeisterte und zu eigenen wissenschaftlichen Arbeiten motivierte. Er war maßgeblich an der Konzipierung und später als federführender Autor an der Gestaltung des international renommierten Standardwerks "Organikum" beteiligt, das seit 1962 in bisher 24 Auflagen erschienen ist und in mehreren Übersetzungen vorliegt. Zudem war er federführender Autor des 6. Bandes des "Lehrwerkes Chemie" zum Thema "Chemische Kinetik", das über viele Jahrzehnte die fachliche Ausbildung der Chemiestudenten an den Hochschulen und Universitäten der DDR prägte.

Insgesamt stammen aus seiner Feder über 200 Publikationen, darunter auch 9 Übersichtsbeiträge.

Seine Forschung orientierte sich neben Untersuchungen zur Chemie heterocyclischer Verbindungen auch an anwendungsorientierten Problemen. So konnten mit Hilfe von ihm entwickelter schwefelheterocyclischer Verbindungen eine neue Klasse elektrisch leitfähiger Materialien erschlossen und hinsichtlich ihrer Eigenschaftsmerkmale eingehend studiert werden. Diese Materialien sind speziell zur Herstellung von organischen Photoleitern und redoxaktiven Komponenten in organischen Batterien geeignet und initiierten eine Fülle von Arbeiten in anderen Arbeitskreisen.

Egon Fanghänel leitete über mehrere Jahrzehnte an der TH "Carl Schorlemmer" Leuna-Merseburg ein von der Filmfabrik Wolfen finanziertes Problemlabor, in dem er mit zahlreichen wissenschaftlichen Mitarbeitern neue fotografische Materialien auf Basis halogensilberfreier lichtempfindlicher Verbindungen entwickelte und hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit untersuchen ließ. Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden in über 100 Patenten dokumentiert.

Auch im Ruhestand war Egon Fanghänel aktiv. Als wissenschaftlicher Berater des TGZ Wolfen sowie als Initiator und Mitarbeiter des ChemiePark-Instituts in Bitterfeld trug er dazu bei, dass neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in eine unmittelbare praktische Nutzung überführt werden konnten. Seine wissenschaftlichen und wissenschaftsorganisatorischen Erfahrungen veranlassten ihn zur Wiederbelebung des Ortsverbandes Bitterfeld-Wolfen der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Damit konnte er einen erheblichen Beitrag zur Förderung des wissenschaftlichen Lebens in dieser führenden Region der chemischen Industrie in Ostdeutschland leisten.

Für seine verdienstvolle Tätigkeit in Wissenschaft und Gesellschaft erhielt Egon Fanghänel hohe Auszeichnungen. 1980 wurde er mit dem Vaterländischen Verdienstorden der DDR und im Jahre 1983 mit dem Nationalpreis geehrt. 1981 wurde er zum Ordentlichen Mitglied der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig gewählt und 1996 Mitglied der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin.

Egon Fanghänel zeichnete sich durch seine Aufgeschlossenheit und sein hohes Verantwortungsbewusstsein aus. Sein offenes Ohr und sein besonnener Rat wurden von Mitarbeitern und Kollegen gleichermaßen geschätzt. Besonders wichtig war ihm seine Familie, die für ihn stets der zentrale Lebensmittelpunkt war. Er arbeitete mit Vergnügen in seinem Garten und war ein begeisterter Bergwanderer.

Egon Fanghänel war ein besonders aktives Mitglied unserer Gesellschaft. Bis zu seiner Erkrankung gab es keine Versammlung an der er sich nicht beteiligt hat. Von 1999 – 2003 wirkte er zudem im Vorstand und danach bis 2006 im Beirat mit. Es erfüllte ihn mit großer Genugtuung, dass sein Bemühen um den Erhalt des

einmaligen Gelehrtenitzes in Großbothen, das er mit den Mitgliedern teilte, schließlich durch die Klaus Tschira Stiftung mit der Gründung des Wilhelm Ostwald Parks eine hervorragende Lösung fand.

Mit Egon Fanghänel verlieren wir einen exzellenten Wissenschaftler, einen verlässlichen und stets hilfsbereiten Kollegen, der sich zugleich durch eine breite humanistische Bildung auszeichnete.

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft wird ihm ein ehrendes Gedenken bewahren.

*Horst Hennig*

## **Ein Mensch, ein Wissenschaftler, ein Denker – Ein Nachruf**

Prof. Dr. habil. Konrad Quitzsch  
(12. März 1933 – 29. November 2023)

Am 29. November verstarb in seinem Hause im Alter von 90 Jahren Prof. Dr. habil. Konrad Quitzsch, Vorsitzender der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft von 2001 bis 2005 und langjähriges Ehrenmitglied. Es fällt schwer, von diesem warmen Menschen dauerhaft Abschied nehmen zu müssen, dessen wissenschaftliche und menschliche Fürsorge Generationen von Studierenden, Promovierenden und Habilitierenden, Mitarbeitern und Kollegen auf ihrem Weg gestärkt und begleitet hat.

Der wissenschaftliche Werdegang von Professor Quitzsch ist eng mit der Stadt Leipzig und einem schon früh ausgebildeten starken Wunsch nach Naturerkenntnis verbunden, wobei die Thermodynamik und die Kolloidchemie, welche schon Wilhelm Ostwald und Wolfgang Ostwald begeistert hatten, ihn fest in seinem Bann hielten.

Konrad Quitzsch studierte von 1951–1956 Chemie an der Universität Leipzig (Diplom, 1956: *Fraktionierung von Polyvinylpyrrolidonproben in wäßriger Lösung durch Thermodiffusion*), war von 1956–1965 Assistent und später Oberassistent am Institut für Physikalische Chemie (Promotion, 1958: *Eine direkte Messung des Ludwig-Soret-Effektes gelöster Hochpolymere nach einer optischen Methode*), von 1965–1970 Dozent für Physikalische Chemie (Habilitation, 1964: *Thermodynamische Studien zum Verhalten homologer Formamide in binärer Mischphase*) und wurde 1970 zum ordentlichen Professor für Chemische Thermodynamik und 1992 zum Professor für Physikalische Chemie neuen Rechts an der Universität

Leipzig berufen. Er veröffentlichte etwa 190 wissenschaftliche Originalarbeiten und betreute 137 Diplomarbeiten, 9 Habilitanden und 47 Promovenden. Von 1993–1998 leitete er das neugegründete „Institut für Physikalische und Theoretische Chemie“ der Universität Leipzig, Wilhelm Ostwalds ehemaliger Wirkungsstätte. Auf sein Betreiben hin wurde das Institut am 10. Januar 1998 umbenannt in „Wilhelm-Ostwald-Institut für Physikalische und Theoretische Chemie“. Auch setzte er sich für den Erhalt der Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte ein.

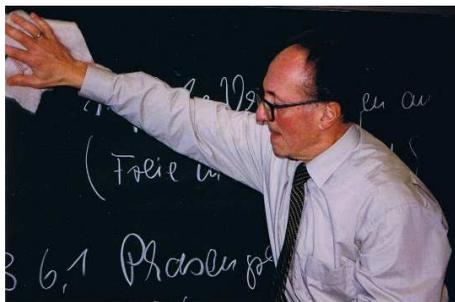
Diese geradlinig wirkende Entwicklung lässt erkennen, dass hier ein zielstrebig begabter Wissenschaftler seinen Weg gegangen ist, der die historischen Wurzeln seines Fachgebiets *Physikalische Chemie* nicht vergessen hat. Dennoch lässt dieser Werdegang noch nicht erkennen, was diesen besonderen Menschen auszeichnete: seine Wachheit und Klarheit, sein absoluter Sinn für Gerechtigkeit, seine Milde, seine Wertschätzung für andere, sein stets vermittelndes Wesen und seine unbedingte Uneitelkeit und menschliche Wärme. Dazu ein Beispiel:

Suchte man den Direktor des *Instituts für Physikalische und Theoretische Chemie* der Universität Leipzig in den neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts in seinem Zimmer mit Blick auf Teile des Botanischen Gartens in Leipzig auf, fand man stets ein offenes Ohr. Egal wie voll der Schreibtisch war, mit welchen Schreiben an Kollegen im In- und Ausland, an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Industriepartner, die Verwaltung oder die Uni-Leitung, mit welchen Gutachten, Publikationen oder Projektanträgen der amtierende Institutsdirektor auch gerade beschäftigt war, er stand von seinem großen Schreibtisch auf und widmete sich dem Eindringling. Und wenn es nur eine Frage zu Tensiden war. Warum schäumt dieses Tensid und jenes kaum?



Am Schreibtisch während seiner Amtszeit als Direktor.

Stets war er interessiert an Naturphänomenen und neuen logischen Varianten zu ihrer Begründung. Was auch erklärt, warum seine Vorlesungen, z.B. zur Mischphasenthermodynamik oder Kolloidchemie, beliebt waren, wenngleich die Wärmelehre unter Studierenden oft als abstrakt und unzugänglich gilt und keinen guten Ruf hat. Hinzu kam sein zuvorkommendes, den Lernenden stets zugewandtes Wesen, das eine Wärmelehre der besonderen Art vermittelte.



Konrad Quitzsch während seiner letzten Vorlesung im Jahre 1998. Über 40 Jahre war er an der Universität Leipzig in Lehre, Forschung und Wissenschaftsorganisation tätig.

Konrad Quitzsch liebte seine Arbeit, seine Wissenschaft, die Menschen, die ihn umgaben, und die Natur. Noch als über 80-Jähriger las er regelmäßig wissenschaftliche Publikationen und interessierte sich dafür, „was die Welt, in ihrem Innersten zusammenhält“. Er fuhr Rad durch Markleeberg und Leipzig, badete im Cospudener See und genoss die Natur bei der Gartenarbeit oder beim Wandern mit Freunden. So traf sich das Ehepaar Quitzsch seit 2002 mehrmals jährlich mit ehemaligen Arbeitskollegen des Instituts und ihren Ehepartnern zu Ausfahrten, Wanderungen, Feiern und zum Gedankenaustausch – ein Freundeskreis entstand.



2012 im Wilhelm Ostwald Park. Von links: Wolfgang Renker, Ulf Messow, Roland Pfestorf, Elke Pfestorf, Konrad Quitzsch.

Die faszinierende Natur aus Kolloidchemie und Thermodynamik wird leider von einem Gesetz regiert, dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, das man in diesem besonderen Falle nur zu gern ändern würde: Alle Prozesse sind irreversibel. Selbst die besten Menschen müssen sterben.

Wir trauern um Prof. Dr. habil. Konrad Quitzsch und werden ihn nie vergessen.

*Seine ehemaligen Schüler Grit Kalies, Ulf Messow und Jürgen Schmelzer*

## **Ergebnisse der ordentlichen Mitgliederversammlung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 2024**

### **Zusammenfassung**

Am 16. März 2024 fand im Wilhelm Ostwald Park Großbothen, Haus Glückauf, die jährliche ordentliche Mitgliederversammlung statt.

Nach der Abarbeitung der Formalia (Begrüßung, Feststellung der Beschlussfähigkeit, Beschluss der Tagesordnung) wurden die inhaltlichen Tagesordnungspunkte abgearbeitet.

Zunächst legte der Vorstand Rechenschaft über die Arbeit der Gesellschaft im Jahr 2023 ab. Im Arbeitsbericht wurde über die aktuelle Mitgliederstatistik, die Gremienzusammensetzung, die im Jahr 2023 durchgeführten Veranstaltungen einschließlich der Teilnahmestatistik, die erschienenen Publikationen (zwei Mitteilungshefte, ein Sonderheft), die Aktualisierung der Webseite der Gesellschaft mit der Bereitstellung von Online-Texten sämtlicher Sonderhefte und über die Vorbereitungen zur Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023 informiert.

Im Finanzbericht wurde die Einnahmen-/Ausgaben-Situation mit Stichtag 31.12.2023, die Vermögenslage der Gesellschaft und die Finanzstatistik von 2019 bis 2023 dargelegt.

Die Mitgliederversammlung nahm den Bericht des Kassenprüfers, der dem Vorstand die ordnungs- und satzungsgemäße Führung der Finanzen im Prüfungszeitraum 2023 bestätigte, zur Kenntnis.

In der ausführlichen Diskussion zu den Berichten wurden insbesondere Fragen der aktuellen Bewertung des Lebenswerkes von Wilhelm Ostwald angesprochen. Nach der Diskussion beschloss die Versammlung einstimmig, dem Vorstand für das Jahr 2023 Entlastung zu erteilen.

Satzungsgemäß erfolgte in der Mitgliederversammlung die Neuwahl des Vorstandes: Per Einzelabstimmung wurde Prof. Dr. Bernd Abel zum Vorsitzenden und Dr. Matthias Friese sowie Dr. Michael Handschuh zu stellvertretenden Vorsitzenden des Vorstandes gewählt.

Der Vorstand stellte im Weiteren die inhaltlichen Schwerpunkte des Arbeitsplanes (Ostwald-Gespräche, Herausgabe von zwei Mitteilungsheften und ggf. Sonderheften, Kooperationen mit anderen Einrichtungen und Gesellschaften, insbesondere mit dem Wilhelm Ostwald Park Großbothen) und die Finanzplanung für das laufende Jahr 2024 vor.

Die Planungen wurden von der Mitgliederversammlung zustimmend zur Kenntnis genommen. Ergänzend wurde mit Blick auf den 175. Geburtstag von Wilhelm Ostwald im Jahr 2028 vorgeschlagen, die Persönlichkeit Wilhelm Ostwald in seiner Breite in einer Publikation oder einer wissenschaftlichen Veranstaltung gemeinsam mit dem Wilhelm Ostwald Park darzustellen.

Des Weiteren diskutierte die Versammlung Fragen zu Inhalt und Ausrichtung der künftigen Ostwald-Gespräche.

*Im Anschluss an die Mitgliederversammlung hielt Herr Dr. Rainer Löwe, Mitglied der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft im Rahmen der Ostwald-Gespräche einen Vortrag zum Thema „Bedeutet Ganzheitliches Denken einen Schritt im Sinne des Ostwaldschen Monismus?“.*

*Nach der Mittagspause fand die feierliche Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023 an Herrn Dr. Alexander John Cruz statt (siehe hierzu ausführlichen Bericht über die Preisverleihung in diesem Mitteilungsheft, Seite 72 ff.).*

## Bericht über die Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023

Michael Handschuh

Die folgende Pressemitteilung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft informiert in kompakter Form über das Ergebnis der Auslobung des Preises, dessen Widmung und den Preisträger.

### Pressemitteilung

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V.

Leipzig, 4. März 2024

---

#### **Junger Wissenschaftler mit Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis ausgezeichnet**

Die Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. hat gemeinsam mit der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie e.V. und der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. den mit 2.500 Euro dotierten Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis an **Dr. Alexander John Cruz** (31) für seine ausgezeichnete Dissertation vergeben.

Der Preisträger wird am 16. März 2024 um 14:00 Uhr im Wilhelm Ostwald Park in Großbothen seine wissenschaftlichen Ergebnisse in einer öffentlichen Veranstaltung vorstellen. Danach wird ihm die Urkunde über die Preisverleihung übergeben.

Der Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis wird in Andenken an den ersten sächsischen Nobelpreisträger in einem zweijährigen Rhythmus für besondere Leistungen junger Wissenschaftler, die insbesondere im Fachbereich der Chemie und angrenzender Fachgebiete im Sinne Ostwalds interdisziplinäre Forschungsfelder bearbeitet haben, bereits zum achten Male seit 2007 ausgelobt.

Dr. Alexander John Cruz, der seine Wurzeln auf den Philippinen hat, promovierte 2021 mit „summa cum laude“ mit einer Dissertationsschrift zum Thema “Metal-organic frameworks by vapor deposition processes”, mit der er gleichzeitig den Doktorgrad für Biowissenschaftliches Ingenieurwesen an der KU Leuven (Belgien) und den Doktorgrad in Ingenieurwissenschaften an der Vrije Universiteit Brussel erlangt hat. Dr. Cruz hat mit seiner Dissertation eine neue Methode für Dünnschichtbeschichtungen mit metallorganischen Gerüstverbindungen entwickelt, die eine aussichtsreiche Grundlage für Anwendungen mikroporöser Materialien in der Nanoelektronik, Medizinischen Diagnostik, Energie- und Klimatechnologie darstellen. Neben zahlreichen Veröffentlichungen hat Dr. Cruz mehrere Preise und Auszeichnungen für seine wissenschaftliche Arbeit erhalten. Gegenwärtig ist Dr. Cruz

im Energietechnikunternehmen Baker Hughes tätig und zugleich Research Fellow an der KU Leuven.

In der Begründung von Prof. Dr. Tom Hauffman (Vrije Universiteit Brussel, Belgien) für die Nominierung von Dr. Cruz für den Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2023 heißt es u. a.:

”This recognition will be beneficial in propelling the trajectory of his scientific career and as a future leader championing interdisciplinary research of surface science, materials engineering, and nanoelectronics.“

Die Qualität und die breite Interdisziplinarität der Arbeit von Herrn Dr. Alexander John Cruz haben die Gutachterjury für den Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis sehr beeindruckt und davon überzeugt, ihn mit dem Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2023 auszuzeichnen.

Interessenten sind herzlich zur Preisverleihung am 16. März 2024 eingeladen.

Wilhelm Ostwald-Gesellschaft e.V.

Vereinssitz: Grimmaer Str. 25, 04668 Grimma / OT Großbothen

Postanschrift: Linnéstr. 2, 04103 Leipzig

Tel.: 0341/39293714

e-mail: [info@wilhelm-ostwald.de](mailto:info@wilhelm-ostwald.de), Internet: [www.wilhelm-ostwald.de](http://www.wilhelm-ostwald.de)

---

Für den Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2023 wurden insgesamt 7 hervorragende Dissertationen - auch von Bewerbern aus dem Ausland - mit einem sehr hohen wissenschaftlichen Niveau eingereicht. Die Gutachterjury, die aus Frau Prof. Dr. Evamarie Hey-Hawkins, Frau Prof. Dr. Katrin F. Domke, Frau Katharina Uebele, Herrn Prof. Dr. Eckart Rühl und Herrn Prof. Dr. Helmut Papp bestand, hat sich nach eingehender Sichtung der Bewerbungsunterlagen einstimmig dafür entschieden, Herrn Dr. Alexander John Cruz mit dem Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2023 auszuzeichnen.

Am 16. März 2024 fand im Haus Glückauf im Wilhelm Ostwald Park Großbothen die Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023 statt.

Der Vorsitzende des Vorstandes der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, Herr Prof. Dr. Bernd Abel, nahm in Vertretung des Vorsitzenden der Gutachterjury für den Nachwuchspreis und Mitglied des Beirates der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, Prof. Papp, die Begrüßung vor. Danach gab es Grußworte von Prof. Hey-Hawkins als Vertreterin der Gesellschaft Deutscher Chemiker und von Prof. Abel als Vertreter der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für physikalische Chemie.

Die **Laudatio von Prof. Dr. Rob Ameloot** von der KU Leuven, der wegen einer Auslandsdienstreise leider nicht persönlich an der Veranstaltung teilnehmen konnte, wurde als Video eingespielt. Hier der Text seiner Laudatio:

Over the past years, Alex has established himself as a highly capable, motivated, and conscientious researcher. His journey before arriving in Leuven already demonstrated remarkable resilience, with his ability to adapt and persist in an unpredictable research environment. A tough start with new equipment that needed modifications didn't deter him, embodying the belief that success often comes from not giving up. Alex's keen ability to recognize opportunities has led to several fruitful collaborations, both locally within imec and with international colleagues in places like Hamburg and Barcelona. His initiative has brought additional conferences and workshops. Not only has he demonstrated excellent presentation skills, evidenced by his science outreach talks at the VUB PhD cup and winning the Infineon best pitch award, but his behind-the-scenes efforts have been just as vigorous, as seen in his last presentation. Throughout his Ph.D., Alex has shown an ambitious and scientific spirit, collaborating across six research teams from five research institutes worldwide. His work on the metal-organic framework thin-film deposition contributed to many projects related to electronic devices. Alex's academic excellence is equally matched by his practical impact, evidenced by high-impact publications and personal funding for scientific activities. In addition to his scientific acumen, Alex has been an integral part of community outreach programs, championing science communication and mentoring upcoming researchers. His positive and outgoing nature has made him a central figure in these efforts, and he has co-supervised five thesis students, showcasing his potential as a future educator and mentor. By all accounts, Alex is an outstanding researcher and a collegial co-worker, always willing to share his knowledge and assist his peers. As we plan for a new science outreach project, it's clear that Alex's journey is far from over.

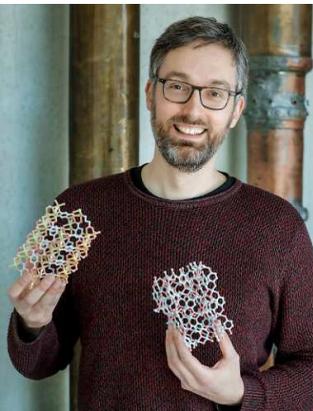


Abb. 1. Prof. Dr. Rob Ameloot.

Nach der Laudatio hielt der Preisträger Dr. Alexander John Cruz einen engagierten Vortrag über seine Forschungsergebnisse.

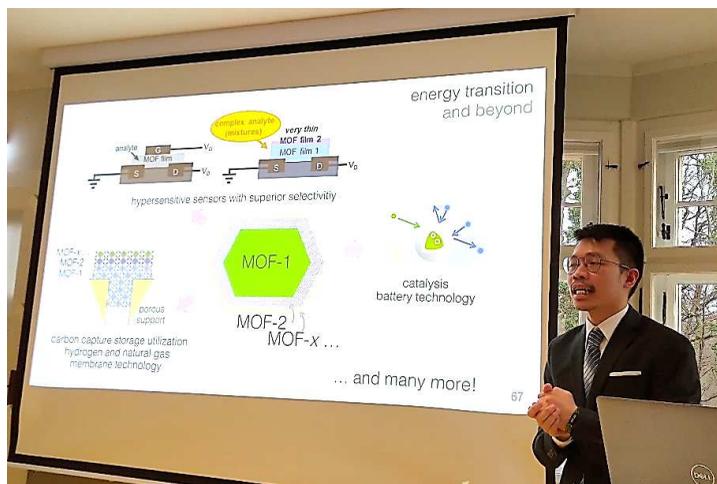


Abb. 2. Der Preisträger Dr. Alexander John Cruz während seines Vortrages.

Nach der regen Diskussion zum Vortrag übergaben Prof. Abel und Prof. Hey-Hawkins dem Preisträger die Urkunde über die Verleihung des Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreises 2023 und die Urkunde über die zweijährige kostenlose Mitgliedschaft in der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft, der Gesellschaft Deutscher Chemiker und der Deutschen Bunsen-Gesellschaft.



Abb. 3. Prof. Dr. Evamarie Hey-Hawkins, Dr. Alexander John Cruz, Prof. Dr. Bernd Abel.

# Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis

Der Wilhelm-Ostwald-Nachwuchspreis 2023 wird verliehen an

**Herrn Dr. Alexander John Cruz**

KU Leuven und Vrije Universiteit Brussel

für seine herausragende Dissertation mit dem Titel

**“Metal-organic frameworks by vapor deposition processes”**

Dr. Alexander John Cruz hat in seiner Dissertation eine neue Methode für Dünnschichtbeschichtungen mit metallorganischen Gerüstverbindungen entwickelt, die eine aussichtsreiche Grundlage für Anwendungen mikroporöser Materialien in der Nanoelektronik, Medizinischen Diagnostik, Energie- und Klimatechnologie darstellen.

Deutsche Bunsen-  
Gesellschaft



Der Erste Vorsitzende

Wilhelm-Ostwald-  
Gesellschaft



Der Vorstand

Gesellschaft  
Deutscher Chemiker



Die Präsidentin

Großbothen, 16. März 2024



## 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 €