

Inhalt

Zur 63. Ausgabe der „Mitteilungen“	3
Hameier und Wemeier: Vivat academia? <i>Wilhelm Ostwald</i>	4
Hameier und Wemeier: Meine Kunst, deine Kunst <i>Wilhelm Ostwald</i>	10
Faltung und Design von Proteinen: Wie Computerspieler zur Lösung wissenschaftlicher Probleme beitragen <i>Jens Meiler; Wolfgang Meiler</i>	15
Was ist Krebs? Physikalisch-morphologisch-klinischer Versuch einer Annäherung <i>Michael Höckel</i>	20
Physikalisch-chemische Grundlagenversuche am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig <i>Ulf Messow; Knut Asmis</i>	30
Nikolai Aleksandrovich Schilow <i>Ulf Messow</i>	36
„Faszination Farbe – Eine Ausstellung des Carl Bosch Museums in Heidelberg“ zu Gast im Haus „Werk“ im Wilhelm Ostwald Park Großbothen <i>Albrecht Pohlmann</i>	44
Gesellschaftsnachrichten	52
Autorenhinweise.....	53

© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft e.V. 2016, 21. 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,

Tel. (03 43 84) 7 12 83

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

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

E-Mail-Adresse: ostwaldenergie@gmx.de

Internet-Adresse: www.wilhelm-ostwald.de

Der Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

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

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 63. Ausgabe der „Mitteilungen“

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

im vorliegenden Heft setzen wir die Veröffentlichung von Arbeiten von Wilhelm Ostwald in Dialogform fort. Im Beitrag von 1925/26 „Vivat Academia?“ geht es um den Nutzen einer Abteilung für Poesie an der Berliner Kunstakademie. Darin vertritt Wemeier die Auffassung, dass Gedichte vom Dichter und nicht vom Genius oder Weltgeist gemacht werden und dass „Kenntnis der Gesetze von Reim und Rhythmus“ sinnvoll ist. In „Meine Kunst / Deine Kunst“ von 1926/27 setzen sich Hameier und Wemeier mit den Themen Kunst und Geschmack auseinander.

In ihrem Beitrag „Faltung und Design von Proteinen: Wie Computerspieler zur Lösung wissenschaftlicher Probleme beitragen“ zeigen Jens Meiler und Wolfgang Meiler, dass es möglich ist, die breite Öffentlichkeit in die wissenschaftliche Forschung besonders auf dem Gebiet der Strukturbioogie einzubeziehen. Die Autoren hoffen, dass dadurch auch Verständnis und Akzeptanz von Forschung und Forschungsförderung erhöht werden können.

Michael Höckel stellt in seinem Beitrag „Was ist Krebs? Physikalisch-morphologisch-klinischer Versuch einer Annäherung“ das von ihm entwickelte inverse-Morphogenese-Tumormodell vor. Auf den ersten Blick scheint der Beitrag weit entfernt von Ostwald und der physikalischen Chemie zu sein, aber bei genauem Hinsehen stellt man die Annäherung an physikalische Konzepte der Selbstorganisation in dissipativen Strukturen fern vom thermodynamischen Gleichgewicht fest. Durch das neue Modell können Gewebestrukturen außerhalb des Krebsfeldes trotz unmittelbarer Nähe zum malignen Tumor erhalten werden.

In ihrer Arbeit „Physikalisch-chemische Grundlagenversuche am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig“ betrachten Ulf Messow und Knut Asmis gewissermaßen in Ergänzung ihres Beitrages im Heft 1/2016, wo es um Atomhypothesen und den Wandel Ostwalds in dieser Frage ging, die Entwicklung des physiko-chemischen Praktikums mit dem Schwerpunkt Atomistik und Spektroskopie in den letzten 125 Jahren in Leipzig.

Angeregt durch eine Anfrage des Urenkels von N. A. Schilow über das Wirken seines Urgroßvaters am Ostwald'schen Laboratorium hat Ulf Messow einen Beitrag geschrieben, der weit über die konkrete Anfrage hinausgeht. So werden die Forschungsaktivitäten Schilows und die intensiven Kontakte zu Wilhelm und Wolfgang Ostwald beleuchtet.

Albrecht Pohlmann hat die Sonderausstellung Faszination Farbe im Wilhelm Ostwald Park nicht nur besucht, sondern dankenswerterweise einen sehr anschaulichen und detaillierten Bericht darüber für unsere Mitteilungen geschrieben. Dieser Bericht macht neugierig, die Ausstellung, die noch bis zum 5. März 2017 zu sehen ist, selbst zu besuchen.

Jürgen Schmelzer

Hameier und Wemeier:

Vivat Academia?¹

Wilhelm Ostwald

Hameier. Hauptmann hat also abgelehnt.

Wemeier. Welcher Hauptmann hat was abgelehnt?

Ha. Hast du nicht in der Zeitung gelesen, daß der preußische Unterrichtsminister endlich die klaffende Lücke ausgefüllt und an der Berliner Kunstakademie auch eine Abteilung für Poesie eingerichtet hat?

We. Werden da Schüler im Dichten unterrichtet?

Ha. Hahaha! Wie lächerlich du fragst!

We. Weshalb findest du meine Frage lächerlich? In der Akademie für Musik werden doch Schüler im Komponieren und in der anderen im Malen und Bildhauern unterrichtet.

Ha. Hast du eine Idee von der Kunst! Der Maler und Bildhauer muß den spröden Stoff gestalten und braucht dazu gewisse technische Kenntnisse, die er auf der Akademie erwerben kann. Der Dichter aber schafft, was ihm sein Genius in den Stunden der Weihe offenbart und er würde das Werk erniedrigen oder verderben, wenn er mit dem kalten Verstande daran herumputzen wollte.

We. Wer ist denn eigentlich der Genius, der ihm die Gedichte einsagt? Der muß doch offenbar die Technik der Dichtung gut innehaben, wenn er fehlerfrei Gedichte herstellen kann.

Ha. Wer der Genius ist? Es ist der im Dichter sich aussprechende Weltgeist.

We. Weltgeist?

Ha. Weltgeist!

We. Leider bin ich durch deine Antwort nicht klüger geworden. Wer ist denn der Weltgeist?

Ha. Der Weltgeist ist die immanente Vernunft, die in allen Dingen ruht, sie schafft, entwickelt und erhält.

We. So. Und diese vielbeschäftigte Person nimmt sich die Zeit, einem Dichter gelegentlich Verse zu diktieren?

Ha. Das Kunstwerk ist eine Emanation des Weltgeistes. Nur insofern es einen Abglanz seiner Allheit enthält und ausspricht, hat es Anspruch darauf, ein Kunstwerk genannt zu werden.



¹ Abschrift aus: Reclams Universum. - Leipzig 42.2 (1925/26), Nr. 39 v. 27.05.1926, S. 1009-1011. - Kopien der Abb. S. 1009,1010 u. 1011. (BBAdW WOA-Nr. 5989).

We. Wie kann man denn erkennen, welche von den zahllosen Gedichten, welche unaufhörlich angefertigt werden, vom Weltgeist herrühren, und welche nicht? Oder hat der Weltgeist alle gemacht?

Ha. Bei weitem nicht. Aber das entscheidet unfehlbar das Gefühl.

We. Hm. Also das Gefühl und nicht der Verstand, die Kenntnis, die Erfahrung?

Ha. Der kalte Verstand hat nichts mit dem Kunstwerk zu tun. „Wenn ihr’s nicht fühlt, ihr werdet’s nicht erjagen“, hat dein vielverehrter Goethe gesagt.

We. Aber wenn nun zwei Leute, die beide mit starkem Gefühl begabt sind, über ein Gedicht verschieden urteilen? Der eine hält es für ein Kunstwerk, der andere für das Gegenteil. Du schüttelst den Kopf? Das kommt alle Tage vor und die Geschichte der Literatur und Kunst ist voll von Berichten über solche Widersprüche. Es ist ja das Schicksal fast aller großen Künstler gewesen, daß sie anfangs durch ihre Werke viel mehr Widerspruch als Zustimmung hervorgerufen haben.

Ha. Die blöde Menge versteht eben das Wehen des Genius nicht.

We. Es ist nicht immer die blöde Menge, wie du sie liebevoll nennst. Ich erinnere mich, einmal in einem längst vergessenen Buche eine „vernichtende Kritik“ gelesen zu haben, welche der Tondichter Carl Maria von Weber, dessen Andenken wir jüngst mit Recht gefeiert haben, über Beethovens Neunte Symphonie geschrieben hat. Sie war sehr geistreich eingekleidet, denn Weber ließ nach beendeter Aufführung die Musikinstrumente auftreten und ihr Urteil aussprechen. So zeigten sich beispielsweise die Kontrabässe äußerst entrüstet über die unnatürlich hohen Töne, die ihnen Beethoven in den Rezitativen am Eingang des letzten Satzes vorgeschrieben hatte. Hier liegt also das Urteil eines Künstlers vor, der mit dem Weltgeist regen Verkehr hatte (um mich deiner Ausdrucksweise zu bedienen) und der diesmal doch von seinem Gefühl ganz und gar in die Irre geführt worden war.

Ha. Ich gebe zu, daß in einzelnen Fällen Irrtümer vorkommen können. Wir sind alle Menschen und nicht unfehlbar.

We. Solche Irrtümer kommen nicht vereinzelt vor, sondern viel häufiger, als richtige Urteile. Also geht es keinesfalls an, daß Gefühl als unfehlbar anzusehen, denn auf dem Gefühl beruhen die richtigen Urteile, wie die falschen.

Ha. Also sagen wir, daß das Gefühl nicht unfehlbar ist.

We. Wir müssen mehr sagen. Wir haben ja gesehen, daß das Gefühl viel mehr falsche Urteile bewirkt als richtige.

Ha. Ja, über den Geschmack läßt sich bekanntlich nicht streiten.

We. Da haben wir also die vollständige Bankrotterklärung der Gefühlstheorie. Wir wollen uns nun den Weltgeist und den Genius näher ansehen. Wie stellst du dir den Weltgeist eigentlich vor?

Ha. Ich habe dir schon gesagt, er ist die immanente Vernunft aller Dinge.

We. Vernunft existiert nur in menschlichen Köpfen, mehr oder weniger, je nach deren Beschaffenheit, aber meist weniger.

Ha. Ich aber habe die Überzeugung, daß es eine allgemeine Weltvernunft gibt. Das wird durch das Bestehen der allgemeinen Gesetzlichkeit erwiesen, welche alles regelt.

We. Auch die Gesetze der Welt, soweit sie bekannt sind, existieren nur in menschlichen Köpfen.

Ha. Wie eng sind deine Vorstellungen! Zweifelst du daran, daß auf dem Sirius nicht zweimal zwei gleich vier ist, oder daß auf dem fernsten Stern nicht jedes Dreieck zwei Rechte als Winkelsumme hat?

We. Woher weißt du denn das?

Ha. Das ist doch selbstverständlich!

We. Selbstverständlich nennt man das, worüber man nicht nachdenkt. Da niemand auf dem Sirius oder dem fernsten Stern gewesen ist und sich überzeugt hat, daß jene Gesetze dort gelten, so kann man mit gutem Gewissen überhaupt nichts bestimmtes darüber aussagen. Wohl aber gebe ich zu, daß es am bequemsten und nächstliegenden ist, jene Annahmen zu machen. Aber man kann ebensogut auch annehmen, daß auf dem Sirius zweimal zwei gleich sieben ist.

Ha. Welcher Unsinn!

We. Beweise mir, daß diese Annahme falsch ist.

Ha. Im einzelnen beweisen kann ich das natürlich nicht. Aber dann könntest du ebensogut behaupten, daß es gleich drei oder tausend oder ein Millionstel ist.

We. Ganz recht, oder das es gleich vier ist.

Ha. Das ist Sophisterei!

We. So pflegt man zu sagen, wenn man logisch gefangen ist. Tatsächlich stellen die Naturgesetze die Beziehungen dar, welche sich zwischen dem Naturgeschehen und unseren Gedanken haben herstellen lassen. Also steckt dein Weltgeist durchaus in den Köpfen der Menschen und der Genius des Dichters in seiner Gehirntätigkeit, seinem Fühlen und Denken.

Ha. Ich gebe zu, daß die Ausdrücke Genius und Weltgeist mehr symbolisch aufzufassen sind.

We. Ein Symbol ist etwas Anschauliches, das so mit einem geistigen Inhalt an Gefühlen und Gedanken verbunden ist, daß diese durch das Symbol angedeutet oder hervorgerufen werden. Um wirksam zu sein, muß es eine gewisse Ähnlichkeit mit diesen haben. Das heißt, in einigen, meist äußerlichen Punkten besteht Übereinstimmung; in allen anderen fehlt sie.

Ha. Was soll nun diese Haarspalterei wieder?

We. Sie soll zeigen, daß man aus der Beschaffenheit der Symbole keine Schlüsse auf die Beschaffenheit des Symbolisierten ziehen darf, wenn man sich nicht den größten Irrtümern aussetzen will.

Ha. Nun?

We. Alles, was du über Genius, Weltgeist und immanente Vernunft gesagt hast, ist nur symbolisch zu nehmen. Tatsächlich macht der Dichter das Gedicht und nicht der Genius, und was an Gedanken und Gefühlen darin steht, rührt vom Denken und Fühlen des Künstlers her und ist keine Emanation des Weltgeistes. Und ohne Kenntnis der Gesetze von Reim und Rhythmus, von der Einheit des Gedankens und seiner gesetzlichen Gestaltung kann der Dichter ebensowenig dichten,

wie der Tonsetzer ohne Kenntnis von Harmonie- und Formenlehre komponieren kann.

Ha. Also meinst du, man soll an der Akademie der Künste eine Abteilung errichten, wo den Anfängern das Reimen beigebracht wird? Schauerhaft! Das wäre ja der Tod aller wahren Kunst.

We. Gewissermaßen hast du recht.

Ha. Was, du gibst mir recht? Das habe ich bei deinem ewigen Widerspruch wirklich nicht erwartet.

We. Ja. Aber ich möchte, daß du konsequent bist. Ist eine Dichtakademie der Tod der wahren Dichtkunst, so ist eine Malakademie der Tod aller wahren Malkunst und eine Musikakademie der Tod aller wahren Tonkunst.

Ha. Das habe ich nicht sagen wollen.

We. Sage es nur ruhig, denn es ist schon wahr, wenigstens in einem gewissen Umfange. Darüber sind wir doch beide einig, daß man zum Künstler geboren sein muß, denn die wahre Kunst läßt sich nicht lehren noch lernen.

Ha. Das ist gewiß meine Überzeugung. Aber es setzt mich in Erstaunen, daß du es aussprichst.

We. Wir brauchen nur die Biographien der großen Maler zu studieren. Ich kenne keine, in welcher der entwickelte Künstler mit Freude und Dank an seine akademischen Jahre zurückgedacht hätte. Alle sind vielmehr einstimmig in dem Urteil, daß es verlorene Jahre waren, die sie auf der Akademie zugebracht hatten, und je nach ihrem Temperament klagen oder zürnen sie darüber.

Ha. Da wirst du wohl recht haben.

We. Überlege einmal, wie sich die Malakademien geschichtlich entwickelt haben. Sie wurden alle von prachtliebenden Fürsten errichtet, welche zum Schmuck ihrer Paläste viele Bilder brauchten. Die Akademien wurden eingerichtet, damit genügend Künstler im Lande ausgebildet wurden, da ausländische zu teuer wurden und sich meist auf die Dauer nicht festhalten ließen. Später wurde ihnen noch die Aufgabe gestellt, die Kunstübung überhaupt im Lande heimisch zu machen, damit auch die Bedürfnisse weiterer Kreise befriedigt werden konnten. Es waren gleichsam Gewächshäuser, in denen die fremde Pflanze Kunst unter Schutz herangezüchtet wurde. Aber seit etwa einem Jahrhundert ist die Kunst bei uns keine fremde Pflanze mehr. Sie ist längst bodenständig geworden und bedarf keines Glashauses.

Ha. Mir scheint, du hast den Nagel auf den Kopf getroffen. Denn tatsächlich weiß ich von keinem einzigen Fortschritt der Malerei, der von einer Akademie ausgegangen oder gefördert wäre. Wohl aber weiß ich von zahllosen Widerständen und Hinderungen, welche die Akademien den neu aufsprießenden Kunstrichtungen



entgegengestellt haben. Wenn die Kunst Fortschritte gemacht hat, so hat sie es nicht durch die Akademien gemacht, sondern gegen sie und trotz ihrer. Man braucht nur an den Nebensinn zu denken, der sich untrennbar mit der Bezeichnung „akademisch“ in Kunstdingen verknüpft hat: sie bedeutet veraltet, verzopft, steif, leblos, rückständig, langweilig.

We. Ausgezeichnet! Ich hätte das Todesurteil der Akademien nicht besser begründen können.

Ha. Todesurteil? Nein, so weit kann ich nicht gehen. Man kann doch die Kunst nicht ohne Pflege lassen.

We. Nennst du das Pflege, wenn man sie dauernd einengt, bedrückt, mißhandelt?

Ha. Ich weiß mir da keinen Rat.

We. Frage weiter die persönliche Entwicklungsgeschichte der guten Maler. Fast jeder hat irgendeinen älteren Künstler gefunden, der ihm das beigebracht hat, was er an der Akademie vergeblich gesucht hatte. Wir leiden ja nicht Not wegen Mangels an Künstlern, sondern weil es viel mehr gibt, als die Zeitgenossen wünschen und brauchen. An diesem Übermaß sind die Akademien schuld, an denen der Unterricht so wohlfeil ist, weil der Staat, das heißt die Gesamtheit der Steuerzahler den Hauptteil der Kosten trägt. Sie verführen die mäßig Begabten zu der Künstlerlaufbahn, in der diese hernach nichts Erhebliches leisten und ein verfehltes Leben beklagen müssen.

Ha. Mir will das noch nicht recht einleuchten. Woher sollen denn die künftigen Künstler ihr Handwerk lernen? Es wird ohnehin viel zu sehr vernachlässigt.

We. Wenn du die Geschichte der Malerei vom Ende des vorigen Jahrhunderts im einzelnen studierst, so findest du bei einer sehr großen Zahl tüchtiger Maler die Nachricht, daß sie nach erfolglosem Besuch der heimischen Akademie bei Julian in Paris das gelernt haben, was sie suchten. Dies war eine private Unterrichtsanstalt, die nicht nach akademischen Grundsätzen geleitet wurde, sondern nach praktischen. Darin war sie das Gegenteil der staatlichen Akademien, obwohl sie auch Akademie genannt wurde. Und die dort ausgebildeten Künstler erinnern sich mit Dank der Förderung, die sie erfahren haben.

Ha. Also die freie Kunst soll Sache des wirtschaftlichen Wettbewerbs werden! Wo bleiben da die Ideale?

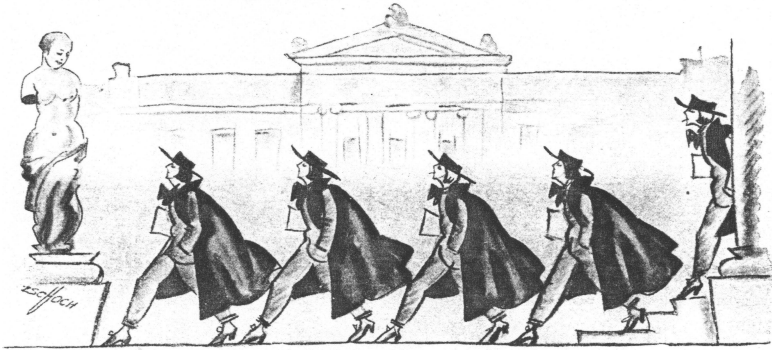
We. Du leidest auch an der Verwechslung von ideal und nutzlos. Die Staatsakademien haben die Freiheit der Kunst schwerer beeinträchtigt, als alle wirtschaftliche Konkurrenz. Auch an den Akademien sind gelegentlich hervorragend zum Lehren begabte Professoren tätig, die sehr bald ihre Schüler finden. Daneben gibt es aber ein Vielfaches von Künstlern, die nichts vom Lehren verstehen. Und dann überlastet man die Schüler mit Nebensachen, die von den dafür angestellten Lehrern natürlich viel zu wichtig genommen werden. Alles das fällt fort, wenn der wirtschaftliche Umstand maßgebend wird, daß der Schüler so gerade und erfolgreich als möglich zum Ziel kommen will.

Ha. Ich fürchte, daß würde die Kunst verwildern lassen.

We. Ist sie nicht eben ganz und gar verwildert? Als es keine Akademien gab und der Malschüler beim Meister in die Lehre ging, wie der Schusterjunge, da blühte die Kunst und die heranwachsenden Maler konnten alle was. Heute, wo alles voll Akademien steckt, krankt die Kunst und über das Können des Nachwuchses schüttelt jeder Kunstfreund betrübt den Kopf. Also der Weg war falsch und muß verlassen werden.

Ha. Es wundert mich sehr, daß du, der sonst nur an Aufbauen denkt, hier zerstören willst.

We. Schädlinge beseitigen helfen ist auch ein Aufbau.





Hameier und Wemeier:

Meine Kunst / Deine Kunst¹

Von Wilhelm Ostwald

Hameier. Hasen und Rehe aus buntem Steinzeug hat sich der schreckliche Mensch in seinen Gartenrasen gesetzt! Ist so was erhört im zwanzigsten Jahrhundert?

Wemeier. Weshalb soll er nicht in seinen Rasen setzen, was ihm gefällt? Er kann sich auch selbst hineinssetzen, und man darf ihn darum höchstens beneiden, wenn man selbst keinen Rasen hat, sich hineinzusetzen. Von wem sprichst du eigentlich?

Ha. Hausbesitzer ist der Mann, das heißt, er hat ein kleines Siedlungsheim auf der Marienhöhe, wo er seine alten Tage verbringt. Ich hätte ihm wirklich einen besseren Geschmack zugetraut, denn er ist sonst nicht ungebildet und hat mich oft durch seine originellen Bemerkungen überrascht. Aber hier sollte sich wirklich der Heimatschutzverein ins Mittel legen.

We. Wegen der Steinzeughasen? Ich denke, so weit gehen seine Rechte nicht. Aber was hast du eigentlich gegen diesen Rasenschmuck einzuwenden?

Ha. Weil er so grenzenlos geschmacklos ist!

We. Weshalb geschmacklos? Wenn er irgendeine Urne auf einen Sockel dahinsetzte, würde das deine Billigung finden?

¹ Abschrift aus: Reclams Universum 43.1 (1926/27), Nr. 4, S. 94-96; Kopien der Abb. S. 94, 95, 96. - (BBAdW, WO-Archiv 6073).

Ha. Wenn die Urne edel geformt ist, etwa nach einem antiken Muster, so könnte das sehr geschmackvoll sein.

We. Würde das deinem Steinzeugmann gefallen?

Ha. Leider muß ich sagen, wahrscheinlich nicht. Er hat eben in diesen Dingen keinen Geschmack.

We. Du verlangst also von ihm, daß er das in seinen Garten stellen soll, was vielleicht einem alten Griechen gefallen haben würde, ihm aber durchaus nicht gefällt. Wie kann man einen solchen Unsinn fordern! Sein Garten ist doch dazu da, um ihm Freude zu machen und nicht den alten Griechen, die es gar nicht gibt.

Ha. Das ist es ja, was mich ärgert, daß ihm das Freude macht.

We. Hat er dir gesagt, weshalb er sich daran freut?

Ha. Ja, er sagt, daß er früher die Tiere oft in Wald und Feld belauscht hat. Jetzt, wo er sich nicht viel von Haus rühren kann, gäben ihm die Steinzeugtiere angenehme Erinnerungen.

We. Nun, da ist ja alles in Ordnung. Es ist ein klares Beispiel künstlerischen Genusses.

Ha. Was du wohl unter Kunst und von der Kunst verstehst! Künstlerischer Genuß! An den bunten Steinzeugtieren! Wenn sie wenigstens in der natürlichen Steinzeugfarbe geblieben wären und die Formen im Geiste des Materials streng stilisiert wären! Oder wenn im Sinne des Expressionismus z. B. beim Hasen die Idee der Angst und Flucht, ohne Rücksicht auf die naturalistischen Formen zum leidenschaftlichen Ausdruck gebracht wäre, könnte man von Kunst reden. Aber es sind ganz naturähnlich geformte und gefärbte Dinger.

We. Glaubst du, daß solche Gebilde, wie du sie vorziehst, ihn lebhafter an seine lieben Tiererlebnisse erinnern würden?

Ha. Darauf kommt es doch nicht an, sondern daß die Gebilde wirklich künstlerisch sind.

We. Ich sehe schon, du nennst künstlerisch das, was viele moderne Künstler machen und die meisten modernen Kunstschreiber loben würden.

Ha. Die müssen es doch besser wissen als unsereins.

We. Dich haben sie auch so weit gebracht, daß du dich scheust, dir die Wurst schmecken zu lassen, wenn jene dazu den Kopf schütteln. Mein Vater hatte einen wohlgezogenen Pudel, der nahm den Knochen nicht, wenn man sagte: der ist vom Schinder, und nahm ihn gleich, wenn man sagte: der ist vom hübschen Mädchen.

Ha. Du weißt, daß ich dir sobald nichts übelnehme. Über mich magst du spotten. Aber eine so ernste und heilige Sache wie die Kunst solltest du mit deinen Witzen verschonen.



We. Meine Witze beziehen sich nicht auf die Kunst, sondern auf die Leute, die sie in Verwaltung zu haben glauben und auf die leider sehr große Masse, die sich von diesen Händlern und Wechslern im Tempel kommandieren läßt. Aber ich will gern den höchsten Ernst an die Frage setzen, den ich kenne, nämlich den der wissenschaftlichen Untersuchung. Was ist die Kunst und wozu dient sie?

Ha. Ich habe keine Lust, mich auf deine logischen Difteleien einzulassen. Sage selbst erst, was du unter Kunst verstehen willst.

We. Kunst ist die Kunst, auf künstlichem Wege willkommene Gefühle zu erregen.

Ha. Da haben wir's. Das ist eine Definition, wie: was ist ein Stuhl? Antwort: ein Stuhl ist ein Stuhl. Du definierst Kunst durch Kunst!

We. Ich habe absichtlich diese wunderliche Form gewählt, um das, was ich meine, um so eindringlicher auszusprechen. Mit dem Wort Kunst bezeichnet man verschiedene Dinge. Einmal alle Fertigkeiten, die über das Gewöhnliche hinausgehen. So gibt es eine ärztliche Kunst, eine Kunst der Reklame, eine Kunst der Menschenbehandlung. Bismarck hat immer Gewicht darauf gelegt, die Politik eine Kunst zu nennen. Das ist also Kunst im weiteren Sinne, und in solchem Sinne ist das Wort bei der Wiederholung zu verstehen. Am Anfang des Satzes ist aber das Wort im engeren Sinne gemeint, nämlich als Inbegriff der schönen Künste, wie man vor hundert Jahren zu sagen pflegte. Ich hätte also auch sagen können: Kunst im engeren Sinne ist die Fertigkeit, auf künstliche Weise willkommene Gefühle zu erregen. Du bemerkst, daß das Wort künstlich an dritter Stelle wieder etwas anderes besagt, nämlich den Gegensatz zu natürlich. Für die Kunst ist also wesentlich die mittelbare Erregung der willkommenen Gefühle. Die unmittelbare Erregung gehört der Natur an und ist keine Kunst.

Ha. Das mag alles ganz gut und richtig sein. Wo aber bleibt der Ausdruck für das Edle und Hohe der Kunst?

We. Die Kunst hat nicht allein mit edlen und hohen Gefühlen zu tun, sondern auch mit vielen anderen, die durch eine zu enge Definition ausgeschlossen würden. Wem edle und hohe Gefühle willkommen sind, der findet seine Kunst unverkürzt in jener Begriffsbestimmung vor. Aber neben der moralischen Kunst gibt es auch eine sozusagen unmoralische, und die Wissenschaft hat sich um die eine ebenso zu kümmern, wie um die andere. Die Laus ist sicherlich kein edles Tier, aber sie muß ebenso studiert werden, wie die Nachtigall. Schon um herauszubringen, wie man sie am besten los wird.

Ha. Schön, ich will deine Definition gelten lassen. Ich sehe aber nicht, was sie uns helfen soll.

We. Wir wollen sie auf den Fall des alten Herrn mit den künstlichen Hasen anwenden. Da er die natürliche Freude an dem freien Wild nicht mehr haben kann, so macht er sich eine künstliche, indem er die Nachbildungen in seinen Rasen setzt. Nun ist die Frage: wie müssen die Nachbildungen beschaffen sein, damit die gewünschten Gefühle recht stark und deutlich auftreten? Offenbar müssen sie den Urbildern so ähnlich wie möglich sein. Das ist der Grund, warum er die naturalistischen Nachbildungen gewählt hat. Solche Sachen, wie du sie haben willst,

können ihm die gewünschten Gefühle nicht bewirken; sie würden in seinem Rasen daher nicht künstlerisch, sondern durchaus unkünstlerisch sein.

Ha. Wenn du es so ansiehst, will ich nicht widersprechen. Denn ich muß gestehen, wenn ich mir den alten Herrn im Schlafrock mit der langen Pfeife vor dem expressionistischen Hasen denke, so stimmt das nicht und wirkt lächerlich. Und der naturalistische Hase paßt zu ihm. Aber das zeigt gerade den schwachen Punkt in deiner Kunstlehre. Danach müßte jeder Mensch seine eigene Kunst haben und das Kunstwerk, das ihm gefallen soll, muß auf seine Person zugeschnitten sein. Kannst du das in Abrede stellen?

We. Nein.

Ha. Die Kunst ist aber etwas Allgemeinmenschliches und darf nicht von den zufälligen Ab- und Zuneigungen des Einzelnen abhängen. Also ist deine Definition falsch.

We. Du würdest recht haben, wenn die Wünsche und Bedürfnisse bei jedem einzelnen Menschen ganz und gar verschieden von allen anderen wären. Sie sind es aber nicht. Sondern es gibt eine verhältnismäßig kleine Zahl von verschiedenen Wünschen, und nur ihre Zusammenstellung ist bei den einzelnen Menschen mehr oder weniger persönlich. Die Hasen und Rehe aus Steinzeug werden in großen Mengen hergestellt und verkauft; das beweist, daß sie sehr vielen Menschen Freude machen. Also die Kunst ist gleichzeitig persönlich und allgemein. Persönlich, weil jeder einzelne Mensch seine eigene Gruppe von Freuden hat. Allgemein, weil diese verschiedenen Gruppen sich aus Teilstücken zusammensetzen, die aus dem gleichen Gesamtvorrat stammen. Wenn eine Schar von Mädchen sich mit Blumen aus demselben Garten schmücken darf, wird jede ihre besondere Wahl treffen und solche Blumen nehmen, die ihr besonders gut stehen und doch stammen alle Blumen von denselben Beeten.

Ha. Ja, so geht es. Aber ich sehe noch eine Lücke. Du sprichst von angenehm und hübsch. Die Kunst aber benutzt auch das Schmerzliche und Schreckliche, und selbst harmlose Leute wollen sich gern einmal grausen. Wie kannst du diese Tatsachen in deiner Lehre unterbringen?

We. Du hast vergessen, daß ich der Kunst die Erweckung von willkommenen Gefühlen zugeschrieben habe. Wem schmerzliche und schreckliche Gefühle willkommen sind, der wird entsprechende Kunstwerke aufsuchen.

Ha. Wie sollten einem schmerzliche und schreckliche Gefühle willkommen sein?

We. Das ist wieder eine persönliche Sache. Heine, der sich auf diese Dinge sehr gut verstand, läßt seinen Tannhäuser singen, nachdem er allzulange im Venusberg geschwelgt hatte:

Vom vielen Kosen und Küssen
Ist meine Seele geworden krank;
Ich schmachte nach Bitternissen.

Hier ist also die wohlbekannte seelische Gegenwirkung eingetreten, daß nach übermäßiger Betätigung des Gefühls in einer Richtung sich das Bedürfnis nach gegensätzlicher Betätigung einfindet und immer stärker wird. Wer also ein gar zu stilles Leben führen muß, verschafft sich die vermißten Erregungen auf künstliche Weise, d. h. durch die Kunst.

Ha. Darum lesen also die Jungen so leidenschaftlich gern die blutigsten Schmarren und wollen von wirklich schönen Büchern nichts wissen.

We. Die „schönen“ Bücher sind eben nicht schön für sie, weil die von ihnen erregten Gefühle den Jungen nicht willkommen sind. Meist erregen sie bei ihnen überhaupt keine Gefühle, außer Langeweile. Deshalb hat es auch keinen Sinn, Kinder in Bildergalerien zu führen, um ihren Kunstsinn zu erziehen. Die Bilder sind für den Gefühlskreis Erwachsener gemalt und sagen daher den Kindern nichts, jedenfalls nicht das, was sie Erwachsenen sagen.

Ha. Hierin kann ich dir zustimmen. Ich habe manchmal solchen Führungen zugesehen und dabei ist mir immer der hoffnungslos stupide Ausdruck aufgefallen, den die Kinder dabei machen.

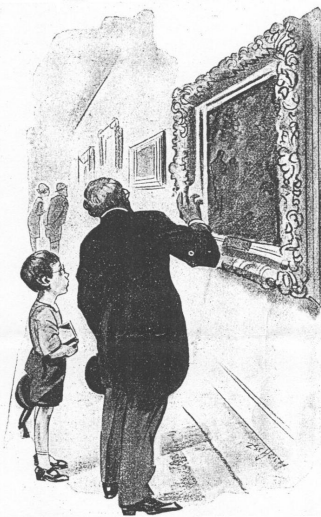
We. Du kannst den gleichen Ausdruck auch sehr oft bei Erwachsenen sehen, wenn sie auf der Erholungsreise sich verpflichtet glauben, in den besuchten Städten die Bildergalerien zu besuchen. Zu Hause denken sie nicht daran, in das Museum zu gehen, weil die Bilder ihnen nichts sagen.

Ha. Sie haben eben nicht gelernt, künstlerische Werte zu empfinden und sind ungebildet.

We. Lieber Freund, du bist doch sonst so begeistert für die Freiheit; laß doch jedem auch seine Freiheit in Kunstdingen. Du wirst doch einen Menschen nicht ungebildet nennen, wenn er sich nichts aus Schnepfendreck und Kiebitzeiern macht.

Ha. Aber einen gewissen Grad von kunstgeschichtlicher Bildung muß einfach jeder anständige Mensch besitzen.

We. Mit der Kunst sähe es bei uns viel besser aus, wenn wir alle Kunstgeschichte vergäßen und eine unbefangene, unmittelbare Freude an den Dingen empfänden, die uns gefallen. Jeder Mensch hat das Recht auf seine Kunst und sollte sich jedes Einreden verbitten. Hat er einmal das unmittelbare Verhältnis zu den Dingen gefunden, die ihn freuen, so wird er schon der unentbehrlichen Abwechslung wegen von selbst zu immer höheren Werken greifen. Dann wird an ihm die Kunst ihren wahren sozialen Beruf erfüllen, die Menschen glücklicher zu machen.



Faltung und Design von Proteinen: Wie Computerspieler zur Lösung wissenschaftlicher Probleme beitragen¹

Jens Meiler, Wolfgang Meiler

Zusammenfassung

Millionen von Menschen verbringen Milliarden von Stunden mit Computerspielen. Dabei werden zum Teil komplexe Probleme gelöst und beträchtliche Herausforderungen überwunden. Können diese enormen Ressourcen zur wissenschaftlichen Forschung genutzt werden? Viele wissenschaftliche Fragen lassen sich 'parallelisieren' - also im Prinzip auf viele Prozesse verteilen - aber trotzdem nicht mit Computeralgorithmen lösen. Können menschliche Spieler hier in Symbiose mit dem Computer Fortschritte erzielen? Sollte das menschliche Gehirn Computeralgorithmen nicht weit überlegen sein, wenn es um Kreativität und Intuition geht? Könnte man vielleicht Postboten, Polizisten, und Krankenschwestern an wissenschaftliche Fragestellungen heranführen und so spielerisch an der Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen beteiligen? Vielleicht ist das auch ein Weg, das Verständnis und die Akzeptanz von Forschung und Forschungsförderung in der Gesellschaft zu erhöhen.

Einleitung

Die Ermittlung von Strukturen großer biologischer Moleküle ist ein zentrales wissenschaftliches Problem der letzten Jahrzehnte. Hierbei ergänzt sich eine Vielzahl experimenteller und molekültheoretischer Methoden. Die Strukturvorhersage von natürlichen Proteinen und das Design künstlicher Proteine sind zwei der komplexesten, ungelösten Fragestellungen für Computeralgorithmen. Proteine sind Moleküle, die aus hunderten einzelnen Bausteinen, den sogenannten Aminosäuren, bestehen. Jede Aminosäure wiederum besteht aus 10 bis 25 Atomen. In der Natur übernehmen Proteine die wichtigsten zellulären Funktionen. Dazu nehmen sie die energieärmste dreidimensionale Struktur oder auch ‚Faltung‘ an. Es ist das zentrale Dogma der Strukturbiologie, dass diese Tertiärstruktur nur von der Reihenfolge der 20 verschiedenen Aminosäuretypen (Primärstruktur) abhängt. Während sich Proteine in der Zelle meist spontan in die energieärmste Struktur falten, ist es sehr schwierig, diese Faltung mit Computersimulationen vorherzusagen. Das liegt an zwei grundlegenden Problemen: Tausende von Atomen lassen sich im Raum auf viele Milliarden verschiedene Wege anordnen. Es ist unmöglich, alle diese Konformationen im Computer zu erzeugen, um die energieärmste zu bestimmen (Suchproblem). Außerdem kann die Energie von solchen komplexen Molekülen im Computer nur geschätzt, aber nicht genau berechnet werden (Bewertungsproblem).

¹ Vortrag anlässlich des 2. Querdenkerforums am 12.12. 2015 in Großbothen, Wilhelm Ostwald Park, Haus Werk.

Spieler des Computerspiels ‚Foldit‘ haben hier zu erstaunlichen Fortschritten beigetragen [1]:

Computerspiele verlangen Menschen große Fertigkeiten im Lösen von Problemen ab. Einfache Bild- und Texterkennungsaufgaben wurden bereits erfolgreich durch ‚Crowdsourcing‘ (Auslagerung traditionell interner Teilaufgaben an eine Gruppe freiwilliger User) von Computerspielern bearbeitet; aber bis vor kurzen war es nicht klar, ob komplexere wissenschaftliche Probleme durch Crowdsourcing gelöst werden können. Proteinstrukturvorhersage ist ein solches Problem: die Bestimmung der biologisch relevanten Konformation eines Proteins ist ein gewaltiges Problem durch die Größe des Suchraumes. Foldit (Abb. 1) ist ein Multiplayer-Online-Spiel, das es Laien erlaubt, sich an der Lösung dieses Problems zu versuchen. Folditspieler interagieren mit Protein-Strukturen durch Werkzeuge, die die direkte Manipulation der Struktur erlauben. Im Wettbewerb und durch Zusammenarbeit wird versucht, die berechnete Energie zu optimieren.

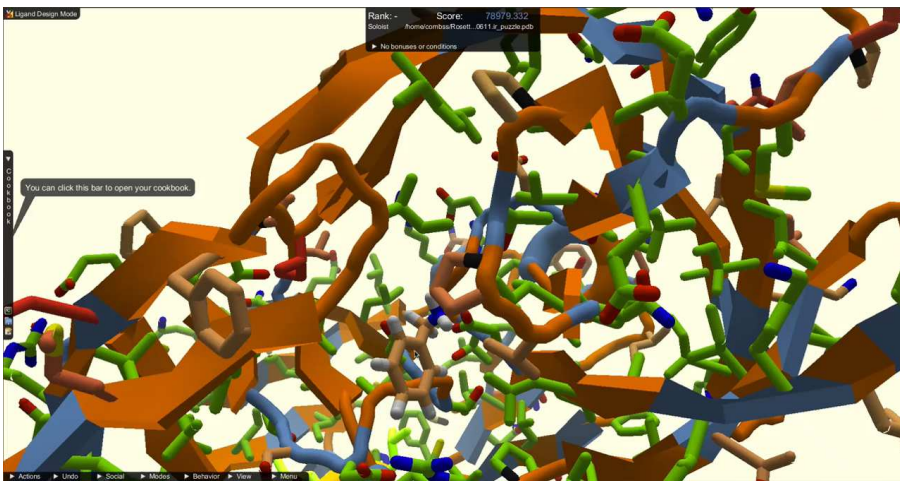


Abb. 1. Foldit Spiel Computerbildschirm. Diese Spieler optimieren die Struktur einer HIV Protease.

Das Protein-Modellierungsprogramm ‚Rosetta‘ liegt Foldit zugrunde [2]. Es stellt die Werkzeuge und die Energiefunktion zur Verfügung. Folditspieler sind in der Lage, anspruchsvolle Strukturoptimierungsprobleme zu lösen, die eine grundlegende Veränderung der Startkonformation erfordern. Dabei entwickeln die Spieler neue Strategien und Algorithmen. Die Integration der menschlichen visuellen Problemlösungsfähigkeiten mit traditionellen Rechenalgorithmen durch interaktive Multiplayer-Spiele ist ein leistungsfähiger neuer Ansatz zur Lösung wissenschaftlicher Probleme.

Die Struktur eines Protease Proteins im Mason-Pfizer Affen Virus wurde bestimmt.

Das sogenannte Simiane Immundefizienz Virus (SIV) gilt als Ursprungsvirus für das menschliche Immunschwächevirus HIV, welches AIDS hervorruft. Zum Beispiel verursacht das Mason-Pfizer Affen Virus (M-PMV) Simian Acquired Immundeficiency Syndrom (SAIDS) in Rhesusaffen. Seine Aspartat-Protease Retropepsin (PR) ist ein integraler Bestandteil des Virus. Sie ist absolut notwendig für den Lebenszyklus des Virus, insbesondere der Reifung des Virus. Biophysikalische und NMR-Studien haben gezeigt, dass sich das Protein in eine stabile Struktur faltet. Allerdings war es trotz unzähliger Versuche unmöglich, diese Struktur experimentell zu bestimmen. Letztlich wurde die Struktur von Foldit-Spielern bestimmt [3, 4]. Die Struktur zeigt in der Tat ein gefaltetes Protein und hat eine hohe Auflösung von 1.6×10^{-10} m (1.6 Å). Diese Struktur liefert wichtige zusätzliche Informationen für die Entwicklung von Inhibitoren, die als Arzneimittel für die Behandlung von retroviralen Infektionen dienen können. Das schließt die menschliche Version dieses Virus ein (HIV), die AIDS hervorruft.

Foldit-Spieler haben die Aktivität einer solchen Diels-Alderase drastisch verbessert.

Die Diels-Alder-Reaktion ist eine wichtige Reaktion in der organischen Chemie, mit der komplexe organische Moleküle mit Ringsystemen synthetisiert werden können. Künstliche Enzyme, also Proteine, die diese Reaktion katalysieren, könnten eine wichtige Rolle in der Synthese von Medikamenten oder Materialien spielen. Computergestütztes Design von neuen Enzymen hat für mehrere chemische Reaktionen Katalysatoren erzeugt, häufig allerdings mit Aktivitäten, die denen natürlicher Enzyme noch nachstehen. Spieler des Online-Spiels Foldit wurden herausgefordert, eine am Rechner entworfene Diels-Alderase zu verbessern, indem zusätzliche Wechselwirkungen mit dem Substrat hergestellt werden. Die Spieler fügten 18 Aminosäuren in das Protein ein, was die Aktivität des Enzymes 18-fach verstärkte [5]. Experimentelle Strukturbestimmung bestätigte, dass die Spieler die Struktur der 18 Aminosäuren korrekt vorhergesagt hatten. Diese Ergebnisse zeigen, dass die menschliche Kreativität jenseits der makroskopischen Herausforderungen im Alltag auch Designprobleme im molekularen Maßstab lösen können.

Foldit-Spieler entwickeln neue Lösungsansätze für das Suchproblem.

Obengenannte Beispiele zeigen, dass Foldit-Spieler für spezifische, komplizierte Probleme unsere heutigen Computeralgorithmen in einigen Fällen übertreffen können. Jedoch war nicht klar, ob die Strategien der Foldit-Spieler formalisiert und so strukturiert werden können, dass sie von Computern verwendet werden können. Um dies zu testen, erlaubte man Foldit-Spielern, ihre Suchstrategien in Ablaufprotokollen zusammenzufassen, den sogenannten ‚Rezepten‘. Diese Rezepte können anderen Spielern zu Verfügung gestellt und auch weiterentwickelt werden. Spieler entwickelten innerhalb eines Jahres über 5400 verschiedene Rezepte, einige neu,

einige durch Weiterentwicklung erfolgreicher Rezepte anderer Spieler [6]. Die zwei erfolgreichsten Rezepte verbreiteten sich besonders schnell und weit. Die Untersuchung der in diesen Rezepten codierten Algorithmen zeigte eine auffallende Ähnlichkeit mit einem nicht veröffentlichten Algorithmus von Wissenschaftlern, der im gleichen Zeitraum entwickelt wurde. Die von Foldit-Spielern und Wissenschaftlern unabhängig entwickelten Algorithmen sind nachweislich älteren Verfahren überlegen. Daher können wissenschaftliche Online-Spiele nicht nur komplizierte wissenschaftliche Probleme lösen, sondern auch wirksame neue Strategien und Algorithmen formalisieren.

Einbeziehung der Öffentlichkeit in strukturbioologische Forschung

Es ist jetzt einfacher als je zuvor, die Öffentlichkeit an der Wissenschaft zu beteiligen. Das Internet erlaubt es Forschungsgruppen, sich mit Menschen der ganzen Welt zu vernetzen. Personal Computer (PCs) sind so leistungsstark, rechenintensive wissenschaftliche Programme auszuführen. ‚Volunteer Computing‘ ermöglicht der Öffentlichkeit, CPU-Zyklen ihres PC den Forschern zur Verfügung zu stellen. Das passiert in Projekten wie *fold@home* (www.folding.stanford.edu) und *Rosetta@home* (www.boinc.bakerlab.org). Die aktive Einbeziehung der Öffentlichkeit in die wissenschaftliche Forschung (Bürgerforschung) geht einen Schritt weiter: Anstatt nur die Rechnerressourcen zu nutzen, werden (auch) die menschlichen Fähigkeiten eingesetzt. Dieser Ansatz wurde erfolgreich in der Astronomie verwendet, zum Beispiel um Himmelsobjekte zu lokalisieren mit dem *Galaxy Zoo*-Projekt (www.galaxyzoo.org). *Foldit* setzt diese Entwicklung nun fort [7]. Durch diese Ansätze werden nicht nur wichtige wissenschaftliche Projekte vorangetrieben, sie tragen auch zur Bildung der Bevölkerung bei und erhöhen das Verständnis für den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess. Strukturbiologie ist eine besonders attraktive Anwendung für Bürgerforschung, da die gestellten Probleme den Fähigkeiten des menschlichen Gehirns entgegenkommen. *Foldit* kann auch zur Lehre biochemischer Konzepte an Schulen eingesetzt werden [8].

Literatur

- [1] COOPER, S.; KHATIB, F.; TREUILLE, A.; BARBERO, J.; LEE, J.; BEENEN, M.; LEAVER-FAY, A.; BAKER, D.; POPOVIC, Z. and F. Players: Predicting protein structures with a multiplayer online game. *Nature* 466 (7307) (2010), S. 756-760.
- [2] LEAVER-FAY, A.; TYKA, M.; LEWIS, S. M.; LANGE, O. F.; THOMPSON, J.; JACAK, R.; KAUFMAN, K.; RENFREW, P. D.; SMITH, C. A.; SHEFFLER, W.; DAVIS, I. W.; COOPER, S.; TREUILLE, A.; MANDELL, D. J.; RICHTER, F.; BAN, Y. E.; FLEISHMAN, S. J.; CORN, J. E.; KIM, D. E.; LYSKOV, S.; BERRONDO, M.; MENTZER, S.; POPOVIC, Z.; HAVRANEK, J. J.; KARANICOLAS, J.; DAS, R.; MEILER, J.; KORTEEMME, T.; GRAY, J. J.; KUHLMAN, B.; BAKER, D. and BRADLEY, P.: ROSETTA3: an object-oriented software suite for the simulation and design of macromolecules. *Methods Enzymol.* 487 (2011), S. 545-574.

- [3] GILSKI, M.; KAZMIERCZYK, M.; KRZYWDA, S.; ZABRANSKA, H.; COOPER, S.; POPOVIC, Z.; KHATIB, F.; DiMAIO, F.; THOMPSON, J.; BAKER, D.; PICOVA, I. and JASKOLSKI, M.: High-resolution structure of a retroviral protease folded as a monomer. *Acta Crystallogr. D. Biol. Crystallogr.* 67 (Pt 11) (2011), S. 907-914.
- [4] KHATIB, F.; DiMAIO, F.; Group Foldit Contenders; Group Foldit Void Crushers; COOPER, S.; KAZMIERCZYK, M.; GILSKI, M.; KRZYWDA, S.; ZABRANSKA, H.; PICOVA, I.; THOMPSON, J.; POPOVIC, Z.; JASKOLSKI, M. and BAKER, D.: Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nat. Struct. Mol. Biol.* 18 (10) (2011), S. 1175-1177.
- [5] EIBEN, C. B.; SIEGEL, J. B.; BALE, J. B.; COOPER, S.; KHATIB, F.; SHEN, B. W.; Foldit Players; STODDARD, B. L.; POPOVIC, Z. and BAKER, D.: Increased Diels-Alderase activity through backbone remodeling guided by Foldit players. *Nat. Biotechnol.* 30 (2) (2012), S. 190-192.
- [6] KHATIB, F.; COOPER, S.; TYKA, M. D.; XU, K.; MAKEDON, I.; POPOVIC, Z.; BAKER, D. and Foldit Players: Algorithm discovery by protein folding game players. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 108 (47) (2011), S. 18949-18953.
- [7] COOPER, S.; KHATIB, F.; BAKER, D.: Increasing public involvement in structural biology. *Structure* 21 (9) (2013), S. 1482-1484.
- [8] FARLEY, P. C.: Using the computer game "FoldIt" to entice students to explore external representations of protein structure in a biochemistry course for non-majors. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 41 (1) (2013), S 56-57.

Was ist Krebs?¹

Physikalisch-morphologisch-klinischer Versuch einer Annäherung

Michael Höckel

Einleitung

Krebs ist eine maligne Erkrankung der Metazoa, die sich in zunehmender Gewebezerstörung durch proliferierende körpereigene Zellen manifestiert. Für die Spezies Mensch ist die Erkrankung von besonderer Bedeutung; sie verursacht derzeit etwa 20 % aller Todesfälle und wird in den nächsten Jahren die Liste der menschlichen Todesursachen anführen [1]. Abb. 1 veranschaulicht den grundlegenden Pathomechanismus der wechselseitigen Beziehung von Krebszellen und Organismus. Der Organismus fördert die Vermehrung und Versorgung der Krebszellen, gleichzeitig schädigen die Krebszellen den Organismus. Es ist ersichtlich, dass der Prozess ohne Intervention von außen schließlich zur Vernichtung des Organismus führt. Die proliferierenden Krebszellen breiten sich sowohl lokal am Ort ihres Entstehens als auch disseminiert über den Lymph- und Blutstrom im ganzen Körper aus. Bei epithelialen Malignomen, den Karzinomen, ist das Tumorwachstum in den regionalen Lymphknoten eine weitere Propagationsform. Die Krebszellen bilden mit normalen Zellen des Organismus anfangs einen, später multiple Tumoren oder Tumorulzera.

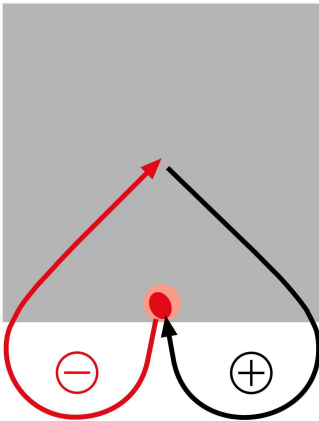


Abb. 1

Schematische Darstellung der allgemeinen Pathogenese maligner Erkrankungen. Die reziproke Interaktion der körpereigenen Krebszellen mit dem Wirtsorganismus fördert das Tumorwachstum bei zunehmender Zerstörung des Wirtes. Der Prozess führt zwangsläufig zur Vernichtung des Organismus und damit auch der Neoplasie.

¹ Vortrag anlässlich des 120. Ostwald-Gesprächs am 29.08.2015 in Großbothen, Wilhelm Ostwald Park, Haus Werk.

Sowohl die Entstehung der Krebszellen aus normalen Zellen als auch die Tumorprogression, welche sich in der irreversiblen und nicht aufzuhaltenden Ausbreitung der Krebszellen im Organismus äußert, sind seit Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung, wobei die Entschlüsselung der zugrunde liegenden molekularen Mechanismen heute im Vordergrund steht [2]. Trotz des gigantischen Forschungsaufwandes mit einer unüberschaubaren Fülle von Ergebnissen sind viele Aspekte des Krankheitsmechanismus noch unklar. In Ermangelung gesicherter Erkenntnisse dienen Dogmen als Grundlage sowohl für die klinische Krebsbehandlung als auch für weitere Forschungsprojekte. Nach der Feststellung, dass durch Substanzen, Radioaktivität und Viren verursachte somatische Mutationen Krebs auslösen können, wurde das *darwinistische Tumormodell* [3] entwickelt, dessen Popularität vor allem auf einer Erklärung für die maligne Progression beruht: Genetische Mutationen erzeugen Zellvarianten, die anfangs gegenüber den normalen Zellen später gegenüber weniger aggressiven Tumorzellen Wachstumsvorteile aufweisen. Die im Ökosystem des Organismus „fitteren“ Tumorzellen vermehren sich klonal und treiben die Malignität an. Komplette Genomanalysen von Tumorzellen haben bis zu 100.000 und mehr Mutationen nachweisen können [4]. Es wird deshalb postuliert, dass die meisten Mutationen für die Krebsentstehung irrelevant sind. Im Gegensatz zu diesen massenhaften ‚passenger mutations‘ sollen wenige ‚driver mutations‘, die die sogenannten ‚cancer hallmarks‘ [5] bewirken, die entscheidende Rolle spielen.

Klinisch bedeutsam ist ein weiteres Dogma, das aus den Erkenntnissen der Zellpathologen im 19. Jahrhundert hervorging und besagt, dass die lokale Tumorausbreitung diffusiv erfolgt, d.h. kontinuierlich zentrifugal in das angrenzende Normalgewebe führt. Aus dieser Vorstellung wurde das Konzept der weiten Tumorexzision abgeleitet, das bis heute die onkologische Chirurgie bestimmt [6].

Sowohl das darwinistische Tumormodell als auch das diffusive Ausbreitungsmodell sind jedoch mit zahlreichen experimentellen und klinischen Ergebnissen nicht vereinbar. So können beispielsweise das kollektive Wanderungsphänomen von Krebszellen [7] als auch ihre „Normalisierung“ im embryonalen Umfeld [8] nicht erklärt werden. Nach dem diffusiven Tumorausbreitungsmodell müsste die Breite des tumorfreien Absetzungsrandes ein stabiler Prognosefaktor bezüglich des Lokalrezidivs sein, was aber nicht der Fall ist [9].

Ich schlage ein Tumormodell vor, das diese Inkonsistenzen nicht aufweist: die Vorstellung von Krebs als Manifestation einer pathologischen *inversen Morphogenese* [10,11] ist die Grundlage dieses *dissipativen Tumormodells* und schafft einen Bezug vom malignen Tumor als Prozess der progredienten Selbsterstörung zu den physikalischen Konzepten der Selbstorganisation in dissipativen Systemen fern vom thermodynamischen Gleichgewicht [12-15]. Das makroskopische Modell wird aus den kollektiven Eigenschaften der Zellen in der mesoskopischen Ebene abgeleitet. Molekulare und individuelle zelluläre Mechanismen werden in diesem Ansatz nicht berücksichtigt. Aus der Physik von Nicht-Gleichgewichtssystemen mit nicht-linearer Dynamik und makroskopischen Phasenübergängen wurde das Prinzip sukzessiver Bifurkationen für temporär stabile Zustände mit zunehmender

Entfernung vom thermodynamischen Gleichgewicht entlehnt. Des Weiteren wird der Gewinn innerer Entropie eines offenen Systems durch Zunahme von Freiheitsgraden der Elemente des Systems als „Triebkraft“ der malignen Progression angenommen. Das dissipative Tumormodell der inversen Morphogenese argumentiert mit Raummustern der Ontogenese, die in der Tumorprogression invers wiederkehren.

Die Umsetzung des dissipativen Krebsmodells in ein neues Stagingssystem – das ontogenetische Tumorstaging - und neue Tumoroperationen, die Krebsfeldresektionen, hat ein großes Potenzial, die klinischen Ergebnisse bei Krebserkrankungen nachhaltig zu verbessern.

Das dissipative deskriptive Morphogenesemodell

Eine grafische Zusammenfassung des Modells ist in Abb. 2A-H dargestellt. Ausgangssituation ist eine embryonale Referenzzellpopulation, die einen topografisch festgelegten Raum im embryonalen Organismus einnimmt.

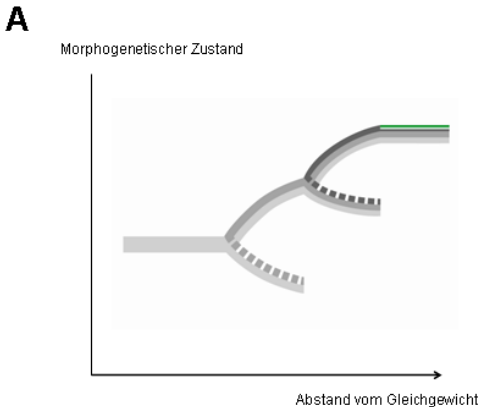


Abb. 2

Schematische Darstellung des dissipativen Tumormodells als inverse Morphogenese.

- A) Morphogenese als dissipatives System mit sukzessiven Bifurkationen von Entwicklungsstadien bei zunehmender Entfernung vom thermodynamischen Gleichgewicht. Die Progenitorzellpopulation (hellgrau), die während einer stabilen Phase ihr Entwicklungsprogramm ausführt, wird infolge der Zunahme der Zellzahl instabil und segregiert in nachfolgende Populationen (mittelgrau, dunkelgrau) mit den Folge-Entwicklungsprogrammen. Die sukzessiven Bifurkationen finden bis zum Erreichen des Determinationszustandes am Ende der Embryonalperiode (hellgrün) statt. Danach erfolgt die terminale Differenzierung (dunkelgrün). Der Entwicklungsweg ist der differenzierten Zellpopulation als Information eingepreßt.

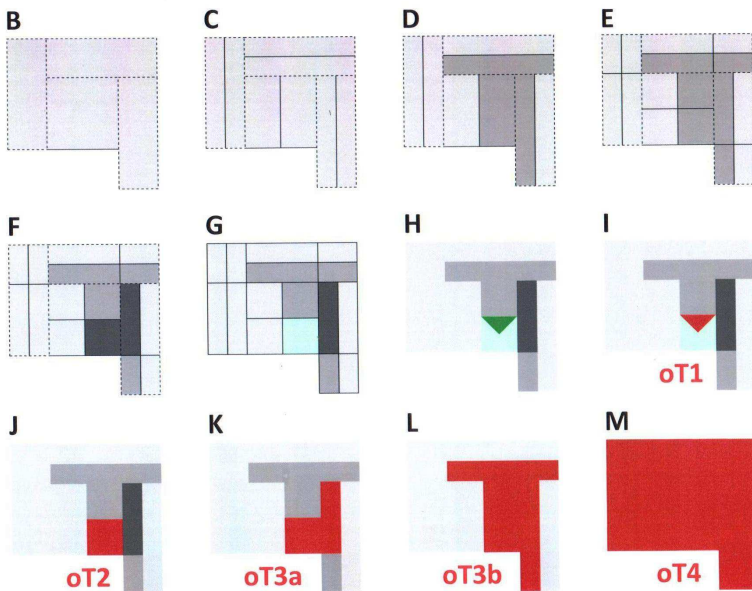


Abb. 2

Schematische Darstellung des dissipativen Tumormodells als inverse Morphogenese.

B-H) Morphogenetische Felder zu den einzelnen Entwicklungsschritten von A.

Die Referenzzellpopulation und die benachbarten Zellpopulationen, zu denen eine Induktor-Kompetenzbeziehung besteht, bilden jeweils ein morphogenetisches Feld (hellgrau – mittelgrau – dunkelgrau – hellgrün – dunkelgrün).

Innerhalb eines morphogenetischen Feldes besteht bezüglich seiner Elemente, den Zellen, Ortssymmetrie, d.h. zwei Zellen können ihre Position tauschen ohne Auswirkung auf das Feld als Ganzes. Die Bifurkationszentren repräsentieren Symmetriebrüche, bei denen dies nicht mehr möglich ist. Die Referenzpopulation von Zellen segregiert in zwei nachfolgende Populationen. Zwischen ihnen bilden sich nicht passierbare Zelliniengrenzen (durchgezogene Linien) aus. Auch die Nachbarpopulationen erfahren in gleicher Weise Symmetriebrüche. Die beiden morphogenetischen Felder des nächsten Entwicklungsschrittes sind jeweils gegenüber dem Vorläuferfeld eingeschränkt, ebenso die positionalen Freiheitsgrade der einzelnen Zellen. Am Ende der Embryonalentwicklung sind alle Zellpopulationen von nicht-passierbaren Grenzen umgeben, die Zellen in diesem Entwicklungskompartment sind determiniert. Die weitere Morphogenese vollzieht sich nur noch innerhalb der Entwicklungskompimente. Die terminale Differenzierung findet in Subkompartimenten statt (dunkelgrünes Dreieck).

I-M) Krebsfelder (rot) als reife Derivate der morphogenetischen Felder der Entwicklungsschritte in der Ontogenese der Referenzstruktur (dunkelgrünes Dreieck). Da die maligne Progression in Umkehrung der Morphogenese in Stadien abläuft, kann der Tumor entsprechend seiner topografischen Präsenz klassifiziert werden (ontogenetische

Stadien, oT). Die operative Therapie eines malignen Tumors besteht konsequenterweise in der Resektion des stadienadaptierten Krebsfeldes.

Diese Zellpopulation bildet mit allen benachbarten Populationen, zu denen eine Beziehung von Induktion und Kompetenz besteht, ein morphogenetisches Feld. Innerhalb eines morphogenetischen Feldes besteht eine Symmetrie in der Weise, dass zwei Zellen ohne Einfluss auf das Feld als Ganzes ihre Position tauschen können. Die einzelnen Elemente des Systems, die Zellen, haben die „Freiheit“, im gesamten Feld zu existieren. Dabei determiniert die positionale Information im morphogenetischen Feld Phänotyp und Aktivität der jeweiligen Zelle: Proliferation – Migration – Differenzierung – Apoptose usw. Die positionalen „Zwänge“ der Einzellzellen erzeugen im Kollektiv die Raummuster als makroskopische Ordnungsparameter. Die Zunahme der Zellzahl unter dem Zwang der durch die positionale Information umgesetzten genetischen Programme entfernt das dissipative System weiter vom thermodynamischen Gleichgewicht. Es kommt zu einem Symmetriebruch mit der Formierung von jeweils zwei nachfolgenden zeitweise stabilen Zellpopulationen aus einer Vorläuferpopulation. Zwischen den beiden neuen Tochterzellpopulationen bilden sich Zelliniengrenzen, die von den Zellen auf beiden Seiten der Grenze nicht mehr passiert werden können. Der positionale Freiheitsgrad der einzelnen Zelle im neuen morphogenetischen Feld ist deutlich geringer als im vorangehenden (Präbifurkations-) Feld. Die Tochterzellpopulationen bilden wiederum mit den benachbarten Populationen der Post-Bifurkationsgeneration, zu denen ein Induktions- und Kompetenzverhältnis besteht, ein morphogenetisches Feld.

Der Prozess der morphogenetischen Bifurkation schreitet fort bis jede Zellpopulation allseits von nicht passierbaren Zelliniengrenzen umgeben ist. Die vollständig begrenzten Räume bezeichne ich als *Entwicklungskompartimente*. Diese Situation markiert das Ende der Embryonalperiode. Die weitere Ontogenese vollzieht sich innerhalb der Entwicklungskompartimente in Form von Differenzierungsmechanismen entlang embryonaler Achsen (z.B. craniocaudal, proximodistal). Dabei werden wiederum Abgrenzungen erzeugt und Subkompartimente gebildet. Mit jedem Entwicklungsschritt nehmen also die Kompartimentierung und die Komplexität des Organisationszustandes der jeweiligen Zellpopulationen zu, die positionalen Freiheitsgrade der einzelnen Zellen nehmen entsprechend ab. Als Konsequenz der Selbstorganisation wird die innere Entropie des Systems verringert.

Im reifen Organismus beschränken sich die positionalen Freiheitsgrade der Zellen auf strikt festgelegte kleine Regionen. Zellproliferation und –migration dienen jetzt nur noch der Regeneration vorwiegend epithelialen Gewebes und zur Wundheilung. Es liegt nahe anzunehmen, dass das ursprüngliche genetische Repertoire der Zellen durch epigenetische Prozesse mit jedem Entwicklungsschritt eingeschränkt wird. Aus der Physik der Selbstorganisation ist auch zu entnehmen, dass die Entwicklungswege in jedes Element, das die entsprechende Entwicklung vollzieht, „eingepägt“ werden. Es liegt deshalb ebenfalls nahe anzunehmen, dass dies durch eine sequenzielle Information (entsprechend z.B. einer Postleitzahl) geschieht, die

auf der Zelloberfläche Signalwirkung hat. Die makroskopischen Korrelate der Ordnungsparameter der Morphogenese sind im Embryo/Fet und im reifen Körper als Raummuster nachweisbar, topografisch beschreibbar und auch präparierbar. Wir haben die Entwicklungsanatomie für die weiblichen Genitalorgane in farbko-dierten Quellenkarten (,source maps‘) des reifen Organismus in Korrelation zu den ,fate maps‘ im Embryo dargestellt (Abb. 3).

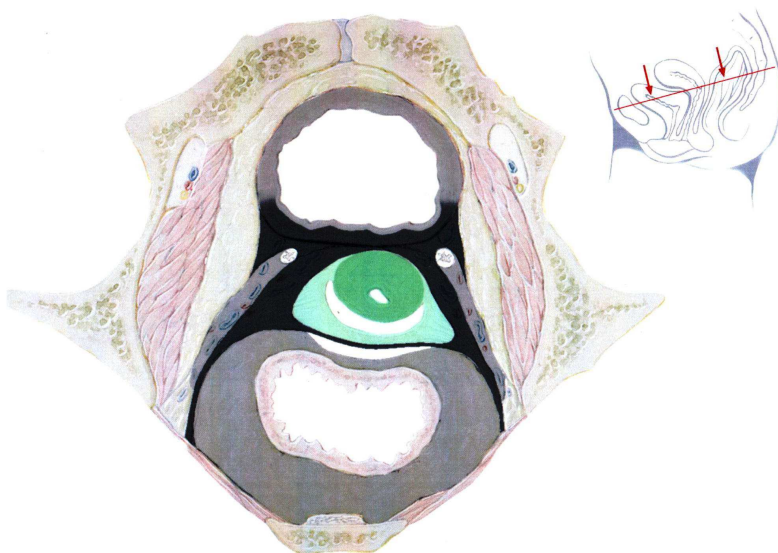


Abb. 3

Ontogenetische Quellenkarte der Entwicklungsanatomie an einem Transversalschnitt des weiblichen Beckens. Die Schnittebene ist in der sagittalen Skizze angegeben.

Hellgrau: Reife Gewebederivate des mesonephrischen Entwicklungsfeldes

Mittelgrau: Reife Gewebederivate des genitalen Entwicklungsfeldes

Dunkelgrau: Reife Gewebederivate des Genitalgänge-Entwicklungsfeldes

Hellgrün: Müllersches Kompartiment

Dunkelgrün: Zervix uteri

Das dissipative Tumormodell

Die Krestheorie der inversen Morphogenese (Abb. 2I-M) postuliert die schrittweise Reaktivierung der Entwicklungsprogramme mit Rückgewinnung der zellulären positionalen Freiheitsgrade, die im Zuge der Ontogenese geblockt wurden. (Epi-)genetische Mutationen könnten dafür ursächlich sein.

Die mutierten/transformierten Krebszellen können zunächst im reifen Derivat des zuletzt gebildeten Subkompartimentes existieren, proliferieren und migrieren. Die Interaktion mit den in dieser Domäne vorhandenen reifen normalen Zellen und ihrer Extrazellulärschubstanz zerstört jedoch die bestehende Ordnung. Eine Krebszel-

le, die ihre im Normalzustand einzige permissive Enddomäne aufgrund der gewonnenen Freiheitsgrade verlassen hat und in dem reifen Derivat des vorletzten Entwicklungsschrittes proliferieren und migrieren kann, wird sich dort auf Kosten der normalen Zellen, die nicht proliferieren und migrieren können, ausbreiten und vermehren. Der Prozess ist deshalb irreversibel und progredient. Die Proliferation der epigenetisch instabilen Krebszelle begünstigt die Zunahme epigenetischer Defekte, die die positionalen Freiheitsgrade der Zellen des vor-vorletzten Entwicklungsschrittes gewinnt. Dieses Prinzip erklärt die maligne Progression, die zu einer immer größeren Tumormasse verbunden mit der Zerstörung von immer mehr Gewebe im Organismus und schließlich zum Zusammenbruch des Organismus führt und damit auch den malignen Prozess beendet.

Die Lymphknotenmetastasierung wird im inverse-Morphogenese-Tumormodell mit der Erkennung positionalen Information durch die Krebszellen, die im Lymphknoten präsentiert wird, erklärt. Diese Information dient normalerweise der Zielfindung der im Lymphknoten aktivierten Lymphozyten im Rahmen des adaptiven Immunsystems. Es besteht eine feste Beziehung zwischen den Lymphknoten in einer bestimmten Region und ihrem immunologischen Versorgungsgebiet über komplementäre positionale Informationen. Je mehr positionale Freiheitsgrade eine Krebszelle hat, desto mehr Lymphknotenregionen können ihr die Kolonierung ermöglichen.

Die Fernmetastasierung ergibt sich im Kontext des inverse-Morphogenese-Tumormodells zwangsläufig aus der malignen Progression, die im fortgeschrittenen Zustand die positionalen Freiheitsgrade der Krebszelle auf den ganzen Körperraum erweitern kann.

Diskussion

Das inverse-Morphogenese-Tumormodell unterscheidet sich von allen bisher formulierten Modellen, die die Krebsentwicklung auf Mechanismen der Ontogenese zurückführen [16-19], durch das retrograde Ordnungsprinzip, das erstmals die maligne Progression erklärt, ohne das darwinistische Erklärungskonzept beanspruchen zu müssen. Es ist im Gegensatz zum darwinistischen Tumormodell konsistent mit der experimentellen Normalisierung von Krebszellen durch eine geeignete embryonale Mikroumgebung. Darüber hinaus erklärt es sowohl die Vielzahl identifizierter embryonaler Eigenschaften von Krebszellen als auch die Unschärfe in der Beziehung zwischen der Breite des tumorfreien chirurgischen Absetzungsrandes einer weiten Tumorexzision und dem Risiko eines lokalen Tumorrezidivs. Auch der Verlust der Hormonabhängigkeit des Mamma-, Endometrium- und Prostatakarzinoms in fortgeschrittenen Tumorstadien ist in voller Übereinstimmung mit dem inverse-Morphogenese-Tumormodell. Die frühen Entwicklungsstadien dieser Organe laufen in der Ontogenese vor der Hormonproduktion ab.

Die besondere klinische Bedeutung des dissipativen Tumormodells liegt in eben diesem Ordnungsprinzip. Es kann für ein neues Stagingssystem bösartiger Tumore genutzt werden. Wir haben bereits für das Zervixkarzinom an über 500 Fällen

nachgewiesen, dass das ontogenetische Staging alle bisherigen Stagingssysteme an Präzision bei weitem übertrifft (Abb. 4).

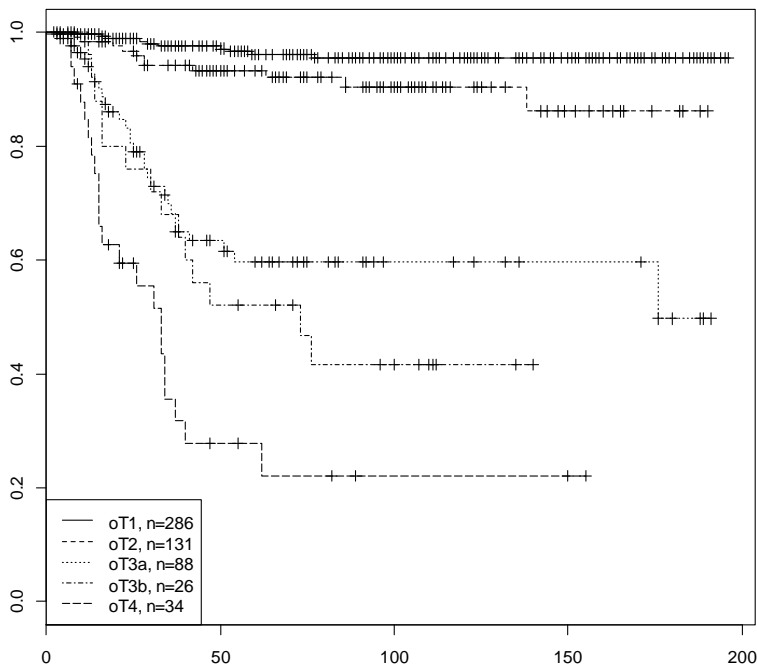


Abb. 4

Kaplan-Meier-Kurven des Überlebens von Patientinnen mit Zervixkarzinom in Abhängigkeit vom ontogenetischen Stadium. Die lokoregionale Behandlung erfolgte ausschließlich mit den Krebsfeldresektionen.

Die wichtigste klinische Konsequenz des inverse-Morphogenese-Tumormodells ist das daraus abgeleitete neue lokale Therapiekonzept: die Resektion eines malignen Tumors in seinem dem ontogenetischen Stadium entsprechenden Krebsfeld, bei Karzinomen zusammen mit den assoziierten Lymphknotenregionen. Mit dieser Krebsfeldresektion und therapeutischen Lymphonodektomie wird nicht nur die lokale Kontrolle maximiert, es können auch Gewebestrukturen außerhalb des Krebsfeldes trotz unmittelbarer Nähe zum malignen Tumor erhalten werden. Dies senkt die behandlungsbedingte Morbidität.

Wir haben für die verschiedenen Stadien des Gebärmutterhalskrebses die entsprechenden Krebsfeldresektionen entwickelt und konnten damit das 5-Jahresüberleben (das in 98 % der Fälle Heilung bedeutet) um 20 % anheben [5]. Die behandlungsbedingte Morbidität konnte halbiert werden. Die Krebsfeldresektionen ermöglichen

es erstmals auch fortgeschrittene Zervixkarzinome und Rezidive, die bisher als inoperabel galten, lokoregional zu kontrollieren und zu heilen.

Weitere neue Operationstechniken auf der Grundlage der Krebsfeldresektion für den Gebärmutterkörperkrebs und den Schamlippenkrebs werden von uns noch in kontrollierten prospektiven Studien getestet, zeigen aber schon eine deutliche Verbesserung gegenüber dem bisherigen Therapiestandard. Die klinischen Ergebnisse der operativen Therapie beim Rektumkarzinom konnten durch einen ähnlichen Behandlungsansatz signifikant verbessert werden [20]. Das klinische Potenzial der Krebsfeldresektion und der therapeutischen Lymphonodektomie bleibt jedoch für viele Tumorentitäten noch auszuschöpfen. Auch die Tumordiagnostik und die Strahlentherapie bösartiger Tumore könnten von der Theorie erheblich profitieren. Schließlich bietet das dissipative Tumormodell eine neue Möglichkeit, sich dem komplexen Geschehen, das der malignen Erkrankung zugrunde liegt, konzeptionell zu nähern.

Auf dem molekularen Gebiet könnte die Theorie im Hinblick auf die postulierten komplementären positionalen Informationen der Krebszellen in den verschiedenen ontogenetischen Stadien und den assoziierten Krebsfeldern als reife Derivate der morphogenetischen Felder der Ontogenese geprüft werden. Es ist anzunehmen, dass die Krebszellen und ihre Mikroumgebung entsprechende informative Oberflächen aufweisen.

Literatur

- [1] JEMAL, A.; BRAY, F.; CENTER, M. M. et al: Global cancer statistics. *CA Cancer J. Clin.* 61 (2011), S. 69-90.
- [2] STRATTON, M. R.; CAMPBELL, P. J.; FUTREAL, P. A.: The cancer genome. *Nature* 458 (2009), S. 719-724.
- [3] GREAVES, M.; MALEY, C. C.: Clonal evolution in cancer. *Nature* 481 (2012), S. 306-313.
- [4] GERLINGER, M.; HORSWELL, S.; LARKIN, J. et al: Genomic architecture and evolution of clear cell renal cell carcinomas defined by multiregion sequencing. *Nature Genetics* 46 (2014), S. 225-233.
- [5] HANAHAH, D.; WEINBERG, R. A.: Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell* 144 (2011), S. 646-674.
- [6] TRIOLO, V. A.: Nineteenth century foundations of cancer research: advances in tumor pathology, nomenclature, and theories of oncogenesis. *Cancer Res.* 25 (1965), S. 75-106.
- [7] FRIEDL, P.; GILMOUR, D.: Collective cell migration in morphogenesis, regeneration and cancer. *Nature Rev. Mol. Cell Biol.* 10 (2009), S. 445-457.
- [8] KENNY, P. A.; BISSELL, M. J.: Tumor reversion: correction of malignant behavior by microenvironmental cues. *Int. J. Cancer* 107 (2003), S. 688-695.
- [9] HÖCKEL, M.; HORN, L.-C.: The puzzle of close surgical margins is not puzzling. *Gynecol. Oncol.* 130 (2013), S. 224-225.

- [10] HÖCKEL, M.; HENTSCHEL, B.; HORN, L.-C.: Association between developmental steps in the organogenesis of the uterine cervix and locoregional progression of cervical cancer: a prospective clinicopathological analysis. *Lancet Oncol.* 15 (2014), S. 445-456.
- [11] HÖCKEL, M.: Morphogenetic fields of embryonic development in locoregional cancer spread. *Lancet Oncol.* 16 (2015), S. e148-151.
- [12] TURING, A. M.: The chemical basis of morphogenesis. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 237 (1952), S. 37-64.
- [13] NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I.: Spatially distributed systems. Symmetry-breaking bifurcations and morphogenesis. In: *Exploring complexity*. New York: Freeman & Comp., 1989, S. 132-138.
- [14] KAUFFMAN, S. A.: Morphology, maps, and the spatial ordering of integrated tissues. In: *The origins of order. Self-organisation and selection in evolution*. New York: Oxford University Press, 1993, S. 537-642.
- [15] HAKEN, H.: Information and self-organization. A macroscopic approach to complex systems. 3., erw. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, 2006.
- [16] HODGES, G. M.; ROWLATT, C.: Concepts of neoplasia. In: *Developmental biology and cancer*. Boca Raton: CRC Press, 1994, S. 30-39.
- [17] POTTER, J. D.: Morphogens, morphostats, microarchitecture and malignancy. *Nature Rev. Cancer* 7 (2007), S. 464-474.
- [18] HUANG, S.; ERNBERG, I.; KAUFFMAN, S.: Cancer attractors: a systems view of tumors from a gene network dynamics and developmental perspective. *Sem. Cell Dev. Biol.* 20 (2009), S. 869-876.
- [19] LEVIN, M.: Morphogenetic fields in embryogenesis, regeneration, and cancer: Non-local control of complex patterning. *BioSystems* 109 (2012), S. 243-261.
- [20] HEALD, R. J.; RYALL, R. D.: Recurrence and survival after total mesorectal excision for rectal cancer. *Lancet* 1 (1986), S. 1479-1482.

Physikalisch-chemische Grundlagenversuche am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig

Ulf Messow; Knut Asmis

Zur Erleichterung der „Ausführung physiko-chemischer Untersuchungen“ erschien 1893 das von OSTWALD mit zahlreichen praktischen Hinweisen versehene Hand- und Hilfsbuch in 16 Kapiteln auf 302 Seiten [1, 1. Aufl.]. Die zweite Auflage wurde um fünf Kapitel erweitert. Wesentlichen Anteil bei der Überarbeitung hatte der 1901 zum Subdirektor des Instituts berufene Robert LUTHER (1868-1945). In dem Anhang aus dem Jahre 1902 sind die im Institut abzuhaltenden Übungen verzeichnet:

1. Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung,
2. Molekulargewichtsbestimmung durch Siedepunktserhöhung,
3. Kalorimetrie,
4. Optische Messungen,
5. Überföhrungszahl,
6. Elektromotorische Kraft,
7. Leitfähigkeit von Elektrolyten,
8. Reaktionsgeschwindigkeit.

Nach Auflistung der für die Versuchsdurchführung erforderlichen Gerätschaften erfolgt eine kurze Beschreibung verschiedener Versuchsvarianten [1, 2. Aufl., S. 468-478]. Einen direkten Bezug zum molekularen Verhalten hatten die Molekulargewichtsbestimmungen nach Ernst BECKMANN (1853-1932). Als Assistent im Zweiten Chemischen Laboratorium in der Leipziger Brüderstrasse war er von 1887 bis 1891 für die Ausbildung von Pharmaziestudenten verantwortlich. Angeregt durch den gleichaltrigen OSTWALD schuf er für die Molekulargewichtsbestimmungen die experimentellen Voraussetzungen und konnte die isomeren Umwandlungen von Oximen beweisen. Modifiziert haben sich BECKMANNs experimentelle Vorgehensweisen bis heute erhalten. Erinnert sei dabei auch an das lange im Laboratorium gebräuchliche „Beckmann-Thermometer“. Mit der Berufung LUTHERS 1908 auf die an der Technischen Hochschule Dresden neu geschaffene Professur für wissenschaftliche Photographie übernahm Carl DRUCKER (1876-1959) die weitere Herausgabe und Aktualisierung des auch als Ostwald-Luther bekannten Praktikumsbuches. DRUCKER wurde bei OSTWALD 1900 zum Thema „Über zwei Fälle von Katalyse im inhomogenen Systeme“ promoviert. 1905 habilitierte er sich. Wie kein anderer war DRUCKER langjährig sowohl bei OSTWALD als auch bei Max LE BLANC (1865-1943) (Institutsdirektor von 1906 bis 1933) in Forschung und Lehre tätig. Überarbeitet erscheint 1910 die 3. Auflage mit 573 Seiten. Die 1925 von DRUCKER u. a. herausgegebene 4. Auflage enthält in den Kapiteln „Röntgenstrahltaufnahmen an festen Körpern“ und „Messungen auf dem Gebiete der Radioaktivität“ direkte Bezüge zum atomaren Verhalten. Ebenfalls neu fließen in das Kapitel „Leitfähigkeit der Elektrolyte“ die Abschnitte über Elektronenröhren

und über die Dielektrizitätskonstante ein. Auf fast 100 Seiten erweiterte Fritz WEIGERT (1876-1947) den Abschnitt „Optische Messungen“ und lässt neueste Erkenntnisse über die Erzeugung und Auswertung von Spektren einfließen. Unter LE BLANC war WEIGERT seit 1914 in Nachfolge von Karl SCHAUM (1870-1947) für die Photochemische Abteilung verantwortlich. Immer noch erscheinen 1925 im Anhang die maßgeblich durch LUTHER ausgearbeiteten Übungen. Neuartige Versuche wie die von Wolfgang OSTWALD (1883-1943) auf dem Gebiet der Kolloidchemie angebotenen können in Spezialkursen absolviert werden. 1920 war erstmalig sein Praktikumsbuch der Kolloidchemie erschienen. Auf Grund der notwendigen Überarbeitung und Erweiterung der bis 1925 im Anhang geführten Versuche streicht DRUCKER diesen mit dem Erscheinen der 5. Auflage 1931. DRUCKER verweist auf die neuere Entwicklung der Unterrichtsversuche auch anderer Laboratorien und aus der Literatur zugängliche Praktikumsanleitungen [1, 5. Aufl., S. IX]. Neben dem Übungsbuch nach Arnold EUCKEN (1884-1950) und Rudolf SUHRMANN (1895-1971) nennt er z. B. das ebenfalls 1929 von Kasimir FAJANS und Joseph WÜST erschienene [2]. Letzteres hatte wiederum einen direkten Bezug zur „Ostwaldschen Schule“, da diesem Abschriften der Versuchsanleitungen von Georg BREDIG (1868-1944) zu Grunde lagen. Von 1895 bis 1901 war BREDIG Assistent bei OSTWALD. FAJANS und WÜST hatten in ihrem Buch 1929 u. a. die Umwandlung von Radioelementen neu aufgenommen. FAJANS hatte in Leipzig von 1904 bis 1907 Chemie studiert und war später in Heidelberg BREDIGS Doktorand. Die von DRUCKER 1931 herausgegebene fünfte Auflage stieg auf 979 Seiten. Auf Grund ihrer jüdischen Abstammung wurde den Hochschullehrern DRUCKER und WEIGERT die weitere Arbeit an der Universität verwehrt, 1933 bzw. 1935 verließen sie Deutschland.

Während des Zweiten Weltkriegs wurde das Physikalisch-chemische Institut der Universität Leipzig durch Brandbomben fast völlig zerstört. 1951/52 konnte der Lehr- und Forschungsbetrieb im wiederhergestellten Nordflügel wieder aufgenommen werden. Zahlreiche Versuche wurden in den 1950er Jahren durch Mitarbeiter des Instituts der Universität Leipzig erprobt und 1956 durch Günter LANGHAMMER (1919-1984) publiziert. Dem Beweis der stöchiometrischen Gesetze und Gasgesetze widmete LANGHAMMER im ersten Kapitel seines Lehrbuches „Versuche zur Physikalischen Chemie“ noch 34 Versuchsbeschreibungen [3]. So wurde in einem Eudiometerrohr die Synthese von Wasserstoff und Sauerstoff vorgenommen und überprüft, dass Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis der Volumina von 2 : 1 reagieren. Zum Nachweis des Gesetzes der multiplen Proportionen diente die Bestätigung des Verhältnisses von Sauerstoff in Kupfer(I)oxid und Kupfer(II)oxid von 1 : 2. Weiter sollte bewiesen werden, dass sich die Gewichtsanteile des Sauerstoffs in den Bleioxiden $PbO : Pb_3O_4 : PbO_2$ verhalten wie 3 : 4 : 6. Die anschließenden Kapitel enthalten immer wieder klassische Versuche zur Molekulargewichtsbestimmung nach verschiedenen Methoden (ebullioskopische, kryoskopische, nach Victor MEYER, von Gasen nach den Gesetzen von BUNSEN und GRAHAM, von Hochpolymeren aus dem osmotischen Druck, von Kohlendioxyd durch Zersetzung von Carbonaten). Für die direkte Durchführung der Versuche wurden

den Studenten in den 1950er und 1960er Jahren speziell ausgearbeitete Versuchsanleitungen zur Verfügung gestellt.

Versuche zur Atomistik und Spektroskopie

Neben den Teilgebieten Thermodynamik, Kinetik, Elektrochemie und Kolloidchemie gab es bis 1968, dem Jahr der Auflösung des Instituts für physikalische Chemie, auch ein spezielles Praktikum „Atomistik und Spektroskopie“. In diesem Praktikumsabschnitt wurden - wie aus der An- bzw. Abtestatvorlage hervorgeht - 14 Versuche angeboten. In der Regel wurden jedoch in jeder Teildisziplin nur 5 Versuche durchgeführt.

Atomistik und Spektroskopie	
1. Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums	.....
2. Radioaktiver Zerfall	.....
3. Röntgenographische Bestimmung von Gitterkonstanten	.....
4. Röntgenographische Gemischanalyse	.....
5. Laue-Diagramm	.....
6. Röntgenspektroanalyse	.....
7. Spektrographie	.....
8. Infrarotspektroskopie	.....
9. Visuelle Photometrie	.....
10. Kolorimetrie	.....
11. Interferometer	.....
12. Schwärzungskurve	.....
13. Versuche am Hochvakuum	.....
14. Magnetische Suszeptibilität	.....
15. ....	.....
16. ....	.....
Abtestat:	.....

Abb. 1
Praktikumsversuche für Atomistik und Spektroskopie im Jahre 1964.

Die Auswahl der Versuche in Abb. 1 verdeutlichen gleichzeitig den Wissensstand der 1960er Jahre auf dem Gebiet der Atomistik und Spektroskopie. Am Institut hatten sich unter Johanna FRUWERT (1931-1984) und Armin MEISEL Arbeitsgrup-

pen zur Molekülspektroskopie und zur Röntgenspektroskopie formiert – die offizielle Bezeichnung als Arbeitsgruppe erfolgte 1972.

Gemeinsam mit den Institutswerkstätten wurde in diesen Jahren das entsprechende Instrumentarium innerhalb der Arbeitsgruppen geschaffen und ständig weiter entwickelt; es fand auch Eingang in die obigen Praktikumsversuche. Die sich immer mehr spezialisierenden spektroskopischen Arbeitsrichtungen haben sich im Laufe der Jahre zu selbstständigen Teildisziplinen der Physikalischen Chemie entwickelt. Nach der Hochschulreform 1968 wurde die Physikalische Chemie nicht mehr als einheitliches Lehrgebiet vermittelt. Ihre Inhalte gingen in vier Grundlagenlehrgebiete, bzw. in fachrichtungsspezifische Abschnitte ein. Die Praktika wurden neu formiert. Nach 1990 und der Rückkehr zu ehemaligen Strukturen, so auch der Gründung des Instituts für Physikalische und Theoretische Chemie am 2. Dezember 1993, wurden jeweils über 20 Versuche im Physikalisch-chemischen Grundpraktikum PC1 und Hauptstudium PC2 angeboten [4]. Nach wie vor wurden im Grundpraktikum klassische Versuche der Molmassebestimmung oder der Molrefraktion angeboten. Im letzteren Versuch wurde die aus Atomrefraktionen berechenbare Molrefraktion mit der aus dem Brechungsindex erhaltenen als Beispiel für die Strukturaufklärung von Molekülen verglichen. Das in dem Versuch der Molrefraktion bestimmbare Polarisationsvolumen diente gleichzeitig als Maß dafür, wie fest die Kerne die Elektronen an sich binden und wie gut sie eine Verzerrung der Elektronendichte durch ein äußeres Feld verhindern können. Arbeitsweisen der Infrarot- Fluoreszenz oder UV-Spektroskopie oder der Photoelektronenspektroskopie und Röntgenfluoreszenzanalyse sind vor allem in das sogenannte PC2 Praktikum für Fortgeschrittene eingegangen [5, S. 154ff]. 1998 erhielt das Institut zum 100. Jahrestag seiner Einweihung 1898 den verpflichtenden Namen „Wilhelm-Ostwald-Institut für Physikalische und Theoretische Chemie“ (WOI).

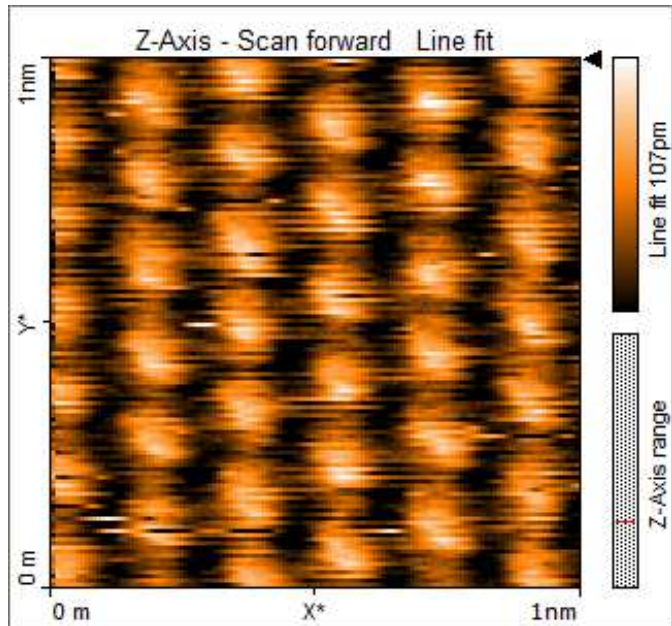
2014 wurde am WOI das interdisziplinäre Nanotechnologielabor, kurz nanoScience Lab (nanoSL), mit eingeworbenen Mitteln des Fonds der Chemischen Industrie in sechsstelliger Größenordnung eingerichtet. Das nanoSL wird im Studiengang Chemie und im Rahmen von Bachelorarbeiten und Vertiefungspraktika eingesetzt, um den Studierenden möglichst gezielt, zentrale physikochemische Aspekte auf dem interdisziplinären Gebiet der Nanowissenschaften praxisnah zu vermitteln. Dabei setzen die Studierenden individuell maßgeschneiderte Rastersondenmikroskope zur Charakterisierung immobilisierter Moleküle, Molekülaggregate, Polymere und Nanopartikel auf Oberflächen ein. Mit Hilfe dieser bildgebenden Verfahren können so, auf sehr anschauliche Art und Weise, Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und Oberflächentopographie einerseits, und den chemischen, elektrochemischen, elektronischen und magnetischen Eigenschaften der deponierten Proben andererseits, vermittelt werden. Der Schwerpunkt des nanoSL liegt, neben einer grundlegenden Einführung in die Arbeitsweise, auf den Einsatzgebieten, den Möglichkeiten und Grenzen dieser modernen Analysemethoden. Sie sind in den Nanowissenschaften nicht mehr wegzudenken und tragen zur Vermittlung eines molekularen Verständnisses makroskopischer Eigenschaften von organischer und anorganischer Materie bei.

Die im 4. Semester angebotenen Praktikumsversuche für Fortgeschrittene:

Photoelektronenspektroskopie (X-ray Photoelectron Spectroscopy, XPS),
Röntgenfluoreszenz, Einfluss des Lösungsmittels auf das Molekülspektrum und
Rastertunnelmikroskopie (Scanning Tunneling Microscopy, STM) bzw. Raster
kraftmikroskopie (Atomic Force Microscopy, AFM)

weisen auf die ständige methodische Entwicklung hin, atomare bzw. molekulare
Strukturen nach neuesten Methoden zu charakterisieren. In dem Versuch zur Ras-
tertunnelmikroskopie werden an Hand der Oberflächentopographie die mittleren
Atomabstände eines hochorientierten pyrolitischen Graphits (HOPG) bestimmt.

Abb. 2
STM-Aufnahme von
HOPG in atomarer
Auflösung.



Literatur

- [1] OSTWALD, W.: Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen. Leipzig: Engelmann, 1893. - 2. Aufl. u.d.T.: Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen / OSTWALD, W., LUTHER, R. - 1902; 3. Aufl. /hrsg. von R. LUTHER; C. DRUCKER. - o.J. [1909/1910]; 4., neubearb. Aufl. u.d.T.: Hand- und Hilfsbuch... /hrsg. v. C. DRUCKER u.a. Leipzig: Akad. Verlagsges., 1925; 5., neubearb. Aufl. / hrsg. von C. DRUCKER. - 1931.

- [2] FAJANS, K.; WÜST, J.: Physikalisch-chemisches Praktikum. Leipzig: Akad. Verlagsges., 1935.
- [3] LANGHAMMER, G.: Versuche zur Physikalischen Chemie. Berlin: Volk u. Wissen, 1956.
- [4] MESSOW, U.; KRAUSE, K.: Physikalische Chemie in Leipzig. Festschrift zum 100. Jahrestag der Einweihung des Physikalisch-chemischen Instituts an der Universität Leipzig. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag, 1998.
- [5] MESSOW, U.: Zur Entwicklung erster Messgeräte der Physikalischen Chemie an der Universität Leipzig. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag, 2013.

Frau Dr. Manuela REICHEL, Leiterin der physikalisch-chemischen Praktika am Wilhelm-Ostwald-Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, danken wir für Hinweise und die Überlassung der Abb. 2.

Nikolai Aleksandrovich Schilow

Ulf Messow

Boris STECHKIN, der Urenkel mütterlicherseits von SCHILOW (SILOV) (1872-1930), wandte sich unlängst an Knut ASMIS, den derzeitigen Direktor des Wilhelm-Ostwald-Instituts für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Leipzig, mit der Bitte, um nähere Auskunft über das Wirken seines Urgroßvaters am Ostwald'schen Laboratorium. Mit seiner Anfrage schickte er per E-Mail historische Fotos aus dem Laboratorium und eine von Wolfgang OSTWALD (1883-1943) an SCHILOW gerichtete Postkarte aus den 20er Jahren. Wer war SCHILOW?

SCHILOW gehörte zu den ca. 37 Russen, die um die Jahrhundertwende im Laboratorium Wilhelm OSTWALDS (1853-1932) in Leipzig tätig waren [1, S.89]. Ein interessanter Brief SCHILOW'S vom 15. Februar 1901 an Ivan A. KABLUKOW (1857-1942) schildert eindrucksvoll die Situation am Physikalisch-chemischen Institut in Leipzig. Er ist in dem Buch von RODNYJ und SOLOWJEW veröffentlicht [2, S. 51/52]:

„Jetzt sind es bald zwei Monate, daß wir in Leipzig sind, und wir konnten uns in dieser Zeit mit den häuslichen Dingen einrichten, auch hatte ich Zeit, mich schon ein wenig im Institut umzusehen. Dort herrscht die Katalyse. Beginnen wir bei Ostwald selbst; seine Rolle ist gegenwärtig im vollsten Sinne des Wortes eine katalytische – er arbeitet selbst fast nicht, nimmt wenig an Institutsdingen Anteil, hält eine wenig interessante Vorlesung über Naturphilosophie – so etwas wie „Philosophie in der Westentasche“. Er läßt täglich einen Korb mit Butterbroten und einen Strauß Rosen in sein Labor schicken, und bei oberflächlicher Betrachtung ist das seine ganze Teilnahme am Institutsleben; er ist aber zweifellos ein guter Katalysator – die meisten Ideen seiner Assistenten und Doktoranden werden durch seine Ratschläge oder die kurzen kritischen Resümees, mit denen er die Berichte über die Laborarbeit auf den regelmäßig jede Woche stattfindenden Besprechungen begleitet, angeregt; dabei hat er sich ungeachtet seiner „Generalstellung“ einen guten Kontakt mit allen bewahrt und kann unverändert schnell fremde Gedanken erfassen und seine eigenen in zwei Worten prägnant ausdrücken. Es laufen Gerüchte um, daß Ostwald die Professorenstelle ganz aufgeben will, viele prophezeien Leblanc an seiner Stelle, aber das sind nur kaum ernstzunehmende Gerüchte ...

Bredig hat eine industrielle Methode zur SO₂-Oxydation an Platinschwamm entwickelt ... Meyer ist – neben seiner Photochemie – auf den interessanten Gedanken verfallen, man könne das chemische Potential verschiedener Oxydationsstufen angeben. Dieser Gedanke kann sicherlich weiterentwickelt werden und ziemliche theoretische Bedeutung gewinnen.

Was meine persönliche Arbeit angeht, so habe ich mich auf Meyers Rat hin an eine Erscheinung gemacht, die schon sehr lange bekannt ist, aber in letzter Zeit nicht mehr bearbeitet worden ist, nämlich die chemische Induktion im buchstäblichen Sinne oder die sogenannten „komplexen Reaktionen, A + B = O' bei denen gleich-

zeitig eine Reaktion $C + B$, die die erste anregt, abläuft. Ich befasse mich mit der Oxydation von Weinsäure durch Chromsäure, die bei bestimmten Konzentrationen nur dann vor sich geht, wenn gleichzeitig eine Oxydation von $FeSO_4$, $SnCl_2$, As_2O_3 u. dgl. erfolgt. Außerdem ist mir ein eigenes Thema aus dem Gebiet der organischen Fermente in den Sinn gekommen. Meyer war in diesem Fall skeptisch, aber Ostwald hat mich unterstützt, so daß ich bald bestimmte Vorversuche in Angriff nehmen werde.

Mit der Atmosphäre im Institut bin ich sehr zufrieden, ich wurde sehr liebenswürdig aufgenommen, besonders von Meyer; man gab mir ein eigenes kleines Labor, dann ließ man mir die Freiheit zu tun, was und wie ich es will, dabei habe ich die Möglichkeit, jederzeit, wenn es erforderlich wird, um Rat nachzusuchen."

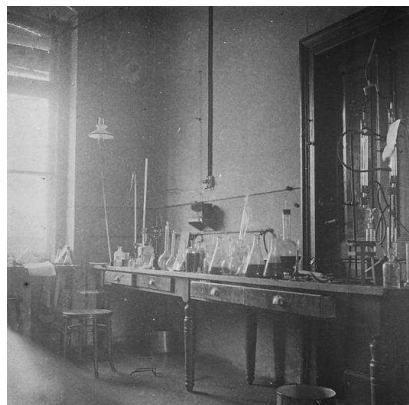
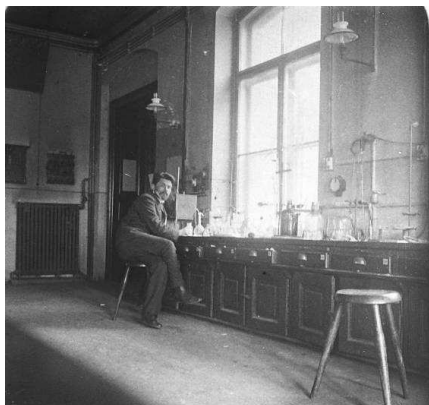


Abb. 1. Historische Fotos aus dem Laboratorium OSTWALDS.

Auf Grund der Bekanntschaft zu KABLUKOV in Moskau und seinen Erzählungen über das Leipziger Laboratorium und der Fürsprache von ZELINSKI hielt sich SCHILOW erstmalig 1896/97 in Leipzig auf, ein zweites Mal 1901 bis 1904. Nach Vladimir Aleksandrovich KISTJAKOWSKIJ (1865-1952) im Jahre 1888 gehörten KABLUKOV 1889 und Nikolai Dmitrievich ZELINSKI (1861-1953) sowie Alexander Wassiljewitsch SPERANSKI (1865-1919) 1890 zu den ersten Russen, die noch im Zweiten Chemischen Laboratorium in der Brüderstr. 34 unter dem Direktor OSTWALD erste Experimente auf dem Gebiet der physikalischen Chemie kennen lernten.

In ihrem Heimatland trugen sie, wie später auch SCHILOW, als Professoren zur Verbreitung des neuen Arbeitsgebietes der Physikalischen Chemie bei.

Auf Anregung von OSTWALD entstand 1898 eine erste Publikation SCHILOWS zur katalytischen Untersuchung der Reaktion von $HBrO_3 + 6 HJ \leftrightarrow HBr + 3 H_2O + 3 J_2$ angefertigt in Leipzig und dem Chemischen Laboratorium in Moskau [3]. Zurückgekehrt nach Moskau wurde SCHILOW 1898 zunächst Assistent bei ZELINSKI am Organischen Laboratorium der Universität Moskau.



Abb. 2. 1897 wurde das Physikalisch-chemische Institut in der Leipziger Linnéstrasse fertiggestellt.

Anlässlich des 70. Geburtstages OSTWALDS widmeten 67 ehemalige Schüler, darunter auch SCHILOW, ihrem Lehrer ein persönliches Foto.



Abb. 3
Nikolai Aleksandrovich SCHILOW.

1890 bis 1895 Studium der Chemie an der Lomonossow-Universität mit dem Abschluss des Diploms, 1896 Universität Heidelberg, 1896/97 im Zweiten Laboratorium für Chemie in der Brüderstr. 34 tätig.

1897 Heirat von Wera N. ABRIKOSOVA (1875-1942).

Die Tochter Irina (1898-1958) heiratete Boris Sergejewitsch STECHKIN (1891-1969).

SCHILOW wandte sich 1901, nach dem Ablegen der Examina in Moskau zur anorganischen und organischen Chemie, Physik und Kristallographie, erneut an OSTWALD zwecks weiterer Studien der Physikalischen Chemie [4, S. 16]. Mit Robert LUTHER (1868-1945) entstanden in Leipzig 1903 die bemerkenswerten Arbeiten über die Kopplung chemischer Vorgänge und die Systematik und Theorie gekoppelter Oxydations-Reduktionsvorgänge [5,6]. Den Terminus „gekoppelte Reaktionen“ verwendete OSTWALD erstmalig 1900. Die Übertragung verschiedener Oxy-

dationspotentiale auf die Bestimmung der „EMK“ brachte LUTHER auf die Formulierung der in Lehrbüchern noch heute gebräuchlichen „Lutherschen Regel“. Zu LUTHER, der ebenfalls in Moskau geboren war, verband SCHILOW eine lebenslange Freundschaft. 1929 traf er LUTHER in Deutschland ein letztes Mal [4, S. 54].

1904 kehrte SCHILOW an die Moskauer Universität zurück und erhielt den Titel als Privatdozent [4, S. 17]. Am 31. Januar 1906 verteidigte er erfolgreich seine Magisterdissertation „Über gekoppelte Oxydationsreaktionen“ [4, S. 17].

1910 wurde SCHILOW Professor an der Technischen Hochschule in Moskau, Abteilung für anorganische Chemie, gleichzeitig lehrte er am Gewerbeinstitut in Moskau.

1912 lernte SCHILOW das Laboratorium von Marie CURIE (1867-1934) kennen und nahm im selben Jahr am VIII. Internationalen Kongress über angewandte Chemie in den USA teil.

1913 fuhr SCHILOW erneut nach Deutschland und besuchte wieder Leipzig und Dresden. Sicherlich angeregt durch LUTHER befasste er sich in diesen Jahren auch mit Fragen der Fotografie und der Verwendung geeigneter Entwickler. 1914 hielt er sich in Manchester zu einem Arbeitsaufenthalt auf. Während des 1. Weltkrieges befasste sich SCHILOW mit dem Schutz vor Giftgasen durch die Entwicklung geeigneter Gasmasken. Kriegserlebnisse dokumentierte er durch zahlreiche stereoskopische Aufnahmen [7]. In dem durch SCHILOW, Wladimir S. GULLEWITSCH (1867-1933) und KABLUKOW gegründeten Institut für chemische Forschung in Moskau (1919 bis 1921) stand SCHILOW der physikalisch-chemischen Abteilung vor [4, S.51]. Sein Labor stattete er mit Geräten aus Manchester und Paris zur Untersuchung radioaktiver Erscheinungen auf Grund seiner Kontakte zu Ernest RUTHERFORD (1871-1937) und Marie CURIE aus [8]. 1919 bis 1930 führte er weitere Untersuchungen zur Adsorption und zu Erscheinungen kolloidaler Systeme durch. Zahlreiche Publikationen erschienen gemeinsam mit seinen Mitarbeitern aus dem Laboratorium für anorganische Chemie der Technischen Hochschule zu Moskau [9-21]. Ein letztes Arbeitsgebiet SCHILOWs betraf Aspekte der Arteriosklerose [4, S. 53].

Der im Wilhelm Ostwald Museum in Großbothen vorhandene Briefwechsel zwischen SCHILOW und OSTWALD bzw. OSTWALD und SCHILOW berührt zum einen die Bitte und Genehmigung einige Semester bei OSTWALD 1901 studieren zu können und die Erlaubnis für die Übersetzung des Lehrbuches „Einführung in die Chemie“ 1910. OSTWALD erklärte am 18.03.1910 sein Einverständnis bezüglich der Übersetzung:

Lieber Schilow:

Entschuldigen Sie, dass ich die Erledigung Ihres Briefes so lange aufgeschoben hatte; es waren zuerst Missverständnisse mit meinem Verleger aufzuklären, und dann musste ich verreisen und bin erst eben wieder heimgekommen.

Ich erteile Ihnen hiermit die Autorisation und stelle Ihnen frei, die folgenden Worte in die Uebersetzung aufzunehmen:

Indem ich die Autorisation für die russische Ausgabe meiner „Einführung in die Chemie“ erteile, spreche ich den Wunsch aus, dass sie sich dem Lande als nutzbringend erweisen möchte, in welchem ich selbst meine Ausbildung in der Chemie erhalten habe.

Beste Grüsse

Ihr W. Ostwald

Im Vorwort seiner Übersetzung äußert sich SCHILOW zur gerade vollzogenen Anerkennung OSTWALDS zur Existenz von Atomen wie folgt [2, S. 189]:

„Auch Ostwalds veränderte Einstellung zur Atomistik ist nur zu begrüßen. Ein kurze Darstellung der Grundkenntnisse der Chemie außerhalb der atomistischen Vorstellungen ließe sich kaum mit wie auch immer gearteten Argumenten begründen, denn eine solche Darstellung würde den Anfänger nur verwirren und in Schwierigkeiten bringen.“

1925 übersetzte SCHILOW das umfangreiche Lehrbuch „Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie in elementarer Darstellung“.

In ihrem Buch zum Leben und Schaffen SCHILOWS geht Nina Nikolaevna USAKOVA nach dem biographischen Abriss, der pädagogischen Tätigkeit, der wissenschaftlich-populären Arbeit im vierten Kapitel auf SCHILOWS „Physiko-chemische Untersuchungen“ ein. Für die Gebiete der „gekoppelten Reaktionen“, der „Erforschung fotografischer Prozesse“ und „Adsorptionsuntersuchungen“ zitiert sie 30 Arbeiten mit SCHILOW als Autor bzw. Coautor. In Deutsch abgefasste Beiträge können dem Literaturanhang entnommen werden [9-21].

Die Studien über Adsorptionserscheinungen in Lösungen und die Adhäsionskräfte in Lösungen übertragen auf kolloide Vorgänge gehörten auch zum Interessengebiet von Wolfgang OSTWALD, und so ist ein Kontakt beider Gelehrter, wie aus der nachstehenden Postkarte hervorgeht, verständlich [22].

Lieber Herr Kollege: Ich und die Leipziger Kollegen werden uns sehr freuen, Sie zu sehen. Freilich sind wir Dienstag wegen der Feier eines Kollegen alle beschäftigt und auch Montag sind Weigert und ich nicht da. Dagegen würde es uns allen am Mittwoch passen. Meine Frau bittet Sie abends etwa $\frac{1}{2}$ 8 zu uns zu kommen zum zwanglosen Abendbrot. Weigert, Drucker und ihre Frauen werden dann auch bei mir sein. Vielleicht geben Sie mir noch kurz Nachricht, ob Ihnen das passt.

Mit herzlichem Gruss
Ihr sehr ergebener
W. Ostwald.

Leipzig C 1
Thomasiusstr. 2 III

Abb. 4
Postkarte von Wolfgang OSTWALD an SCHILOW in den 20er Jahren.

Gemäß den Ausführungen von USAKOVA weilte SCHILOW u. a. 1928 einige Tage in Berlin [4, S. 53]. Dass Wo. OSTWALD durch Kontakte mit russischen Gelehrten bestens über die Entwicklung chemischer Laboratorien in Moskau Bescheid wusste, belegt seine 1934 abgefasste Schrift „Über die Not-

lage der Kolloidwissenschaft an deutschen Hochschulen“. In dieser betont er beispielhaft die Förderung der Kolloidwissenschaft in Russland und listet allein für Moskau folgende kolloidchemische Laboratorien auf:



Kolloid-Institute in Moskau:

1. Laboratorium der mechanischen Eigenschaften disperser Systeme
2. Laboratorium für physikalische Chemie der Grenzflächen-Erscheinungen und dispersen Systeme
3. Forschungsinstitut für Kunstseide
4. Laboratorium für physikalische Chemie der Flotationsprozesse und Grenzflächen-Erscheinungen
5. Forschungsinstitut der Gummi-Industrie
6. Kolloid-Physikalisches Laboratorium der Aufbereitung der Nichteisenmetalle
7. Laboratorium für Flotationsreagenzien
8. Karpow-Institut für physikalische Chemie; Abteilung für Oberflächen-Erscheinungen
9. Kolloidchemisches Laboratorium des Mendelejew'schen chemischen technologischen Instituts
10. Kolloidchemisches Laboratorium des zentralen Lederforschungsinstituts
11. Laboratorium für Aerosole; Karpow-Institut
12. Laboratorium für Kolloidchemie der Technischen Hochschule
13. Laboratorium für Kolloidphysik des Liebknecht-Institutes
14. Laboratorium des „Hydrotorfes“
15. Abteilung für Biophysik am Institut für experimentelle Medizin.

Ferner Laboratorien für Färberei, für Bodenkunde, Straßenbau usw., in denen ebenfalls Kolloidchemie getrieben wird.

Literatur

- [1] SPILCKE-LISS, C. G.: Der Wirkungskreis von Wilhelm Ostwalds Leipziger Schule der physikalischen Chemie. Freiberg: Drei Birken Verl. 2009.
- [2] RODNYJ, N. I.; SOLOWJEW, Ju. I.: Wilhelm Ostwald. Leipzig: Teubner, 1977, S. 51 ff.
- [3] SCHILOW, N. A.: Über katalytische Erscheinungen bei der Oxydation von Jodwasserstoff und Bromsäure. Z. phys. Chem. 27 (1898), S. 513-518.

- [4] USAKOVA, N. N.: Nikolaj Aleksandrovic Silov. Abriß seines Lebens und Schaffens. Moskau: Izd. Nauka, 1966.
- [5] SCHILOW, N. A.: Studien über Kopplung chemischer Vorgänge. Z. phys. Chem. 42 (1903), S. 641-689.
- [6] LUTHER, R.; SCHILOW, N. A.: Zur Systematik und Theorie gekoppelter Oxydations-Reduktionsvorgänge. Z. phys. Chem. 46 (1903), S. 777-817.
- [7] <http://statehistory.ru/5511/Stereoskopischeskie-fotografii-Professora-N-A--SHilova-1897-1917-gg/>.
- [8] https://de.wikipedia.org/wiki/Nikolai_Alexandrowitsch_Schilow.
- [9] SCHILOW, N. A.; PUDOFKIN, A.: Über den Einfluss des Mediums auf die Reaktionsgeschwindigkeit. Z. f. Elektrochem. 16 (1910), S. 125-129.
- [10] SCHILOW, N. A.; FEDOTOFF, S.: Physiko-chemische Studien an photographischen Entwicklern I. Hydrochinon-Sulfit-Entwickler. Z. f. Elektrochem. 18 (1912), S. 929-939.
- [11] SCHILOW, N. A., BERKENGEM, B.: Physiko-chemische Studien an photographischen Entwicklern II. Oxydations des Ferroins in Gegenwart von Oxalation. Z. f. Elektrochem. 18 (1912), S. 939-943.
- [12] SCHILOW, N. A.; Q, E.: Physiko-chemische Studien an photographischen Entwicklern III. Hydrochinon als Induktor. Z. f. Elektrochem. 19 (1913), S. 816-819.
- [13] SCHILOW, N. A.: Adhäsionskräfte in Lösungen II. Studien über Adhäsionsreihen. Z. phys. Chem. 100 (1922), S. 425-462.
- [14] SCHILOW, N. A.; LEPIN, L. K.: Adhäsionskräfte in Lösungen III. Studien über die Verteilung von Stoffen zwischen zwei Lösungsmitteln. Z. phys. Chem. 101 (1922), S. 353-402.
- [15] SCHILOW, N. A.; TSCHMUTOW, K. W.: Adsorptionserscheinungen in Lösungen XI. Studien über die ersten Adsorptionsstadien und die „hydrolytische“ Adsorption. Z. phys. Chem. 133 (1928), S. 188-202.
- [16] SCHILOW, N.; TSCHMUTOW, K.: Adsorptionserscheinungen in Lösungen XVIII. Über die gasfreie Kohle als Adsorbent. Z. phys. Chem. 143 (1929) S. 41-50.
- [17] SCHILOW, N.; SPERANSKY, I.; SPERANSKY, N.: Über die physiologische Wirkung der hypertonischen Lösungen von anorganischen Salzen. Z. f. gesamte exper. Medizin 66 (1929), S. 395.
- [18] SCHILOW, N.; TSCHMUTOW, K.: Adsorptionserscheinungen in Lösungen XIX. Ergänzende Versuche über „gasfreie“ Kohle als Adsorbent. Z. phys. Chem. 148 (1930), S. 233-236.
- [19] SCHILOW, N. A.; SCHATUNOWSKAJA, H.; TSCHMUTOW, K.: Adsorptionsercheinungen in Lösungen XX. Über den chemischen Zustand der Oberfläche von aktiver Kohle. Z. phys. Chem. A 149 (1930), S. 211-222.
- [20] SCHILOW, N.: Einige Betrachtungen über aktivierte Kohle. Kolloid-Z. 52 (1930), S. 107-110.

- [21] SCHILOW, N.; SCHATUNOWSKAJA, H.; TSCHMUTOW, K.: Adsorptionserscheinungen in Lösungen XXI. Studien über Kohleoberflächenoxyde. Z. phys. Chem. 150 (1930), S. 31-36.
- [22] MESSOW, U.: Wolfgang Ostwald – und der „kolloid-disperse“ Zustand. Mitt. Wilhelm-Ostwald-Ges. 12 (2007), 2, S. 9-26.

Herrn Prof. Boris S. STECHKIN danke ich herzlich für die historischen Fotos und die Postkarte von Wolfgang OSTWALD an SCHILOW. Gleichzeitig gilt mein Dank Frau Ulrike KÖCKRITZ für wertvolle Hinweise.

„Faszination Farbe – Eine Ausstellung des Carl Bosch Museums in Heidelberg“ zu Gast im Haus „Werk“ im Wilhelm Ostwald Park Großbothen

Albrecht Pohlmann

Farbe gehört zu den alltäglichsten – und zugleich komplexesten Phänomenen der Wahrnehmung. Es ist demnach ein anspruchsvolles Unterfangen, das Thema Farbe in einer populärwissenschaftlichen Ausstellung darzustellen und dabei das richtige Maß dafür zu finden, wissenschaftliche Aussagen so zu vereinfachen, dass sie allgemeinverständlich, aber nicht grob verfälscht werden. Dieser verdienstvollen Aufgabe hat sich das Carl Bosch Museum in Heidelberg gestellt, dessen Wanderausstellung „Faszination Farbe“ jetzt im Haus Werk des Wilhelm Ostwald Parks in Großbothen zu sehen ist. (Bis 5. März 2017.)

Wilhelm OSTWALD hat seine Farbenlehre am Ende seines Lebens höher bewertet, als seine Leistungen als Physiko-Chemiker – sein Landsitz „Energie“ in Großbothen ist der Ort, wo er seit 1914 seine neue Farbentheorie ausarbeitete und – zusammen mit vielen Helfern – unzählige Farbmuster für seine Farbatlanten und andere Hilfsmittel ausfärbte. Ausstellungen zum Thema „Farbe“ waren und sind hier also stets am rechten Ort.

Für die Farbe hat sich eine Art Alltagsgebrauch des Begriffs neben einem wissenschaftlichen etabliert. Im wissenschaftlichen Sinn ist der Alltagsgebrauch „falsch“. Nichtsdestotrotz hat sich dieses Alltagsverständnis von Farbe für die meisten Lebenssituationen bewährt – wäre dem nicht so, wäre es längst durch ein anderes ersetzt worden. Ein Beispiel: Im Alltag ordnen wir Farben meistens Dingen zu, ja, betrachten sie als deren wesentliche Eigenschaft. „Der Apfel ist rot“ ist eine allgemeinverständliche Aussage. Unter den Augen der Wissenschaft verflüchtigt sich jedoch das vermeintliche Wesensmerkmal: Die Apfelschale absorbiert Anteile des auftreffenden Lichts und wirft nur solche zurück, die bei uns Menschen die Empfindung „Rot“ verursachen. In diesem Verständnis gibt es kein „objektives Rot“ außerhalb unseres Wahrnehmungsapparates. Dies berührt unseren lebenspraktischen Umgang mit Farben allenfalls indirekt, und die Freude an ihnen trübt es auch nicht.

Und so bildet Farbenfreude auch den Auftakt zur Ausstellung: Zwei gewölbte Stellwände umhüllen den Besucher mit prächtigen Abbildern unserer Wirklichkeit. Blüten, Tiere, Früchte, Landschaften und gefärbte Artefakte versetzen uns in den farbigen Reichtum der Welt – mit Grundfarbigkeiten von Gelb über Rot und Blau zu Grün. Daneben fordert ein interaktiver Bildschirm auf: „Wähle deine Farbe.“ Durch Anrühren lassen sich Farbnamen in konkrete Töne des RGB-Farbraumes

umsetzen, die durch Verschieben im Farbkreis beziehungsweise in der Kreisfläche verändert, aufgehellt und abgedunkelt werden können.

Der Parcours wendet sich dann nach links, wo zunächst Wahrnehmung, Theorie und Ordnung der Farben Ausstellungsgegenstand sind. Die Anstrichfarbe „Rot“ aus der Farbbüchse ist demnach eine Substanz, welche einen Teil des auftretenden weißen Lichts verschluckt und den Rest zurückwirft, der vermittelt durch unser Auge im Gehirn die Empfindung von der jeweiligen Farbe hervorruft. Ein Touchscreen verdeutlicht die Einteilung des elektromagnetischen Spektrums, von dem das sichtbare Licht nur einen kleinen Ausschnitt bildet, und zeigt Wirkungen und Anwendungen anderer Bereiche, etwa der Röntgenstrahlen und der Radiowellen.

Breiter Raum wird der Entstehung von Farbreizen durch Absorption, Brechung, Streuung und Interferenz eingeräumt. Die Auffächerung des weißen Lichts in seine farbigen Bestandteile durch das Prisma lässt sich per Knopfdruck an einem realen Prisma erleben, die Streuung an einer beleuchteten Wassersäule, die Schwebeteilchen enthält. Auf einem interaktiven Bildschirm wird die Farbentstehung durch Interferenz an Seifenblasen erklärt.

An gleicher Stelle finden wir schillernde Beispiele aus der Natur: einen Prachtkäfer der Gattung *Chrysochroa fulminans*, weiterhin Rosenkäfer (*Protaetia aeruginosa*), Morphofalter (*Morpho spec. männl.*), Gottesanbeterin (*Metallyticus splendidus* weibl.) und Paua, eine Meeresschnecke aus der Gattung der Seeohren (*Haliotis iris*). Eine der vielen Stellen, wo die verständliche Verknappung der Ausstellungstexte denen, die durch die Ausstellung führen, Raum für Weiterführendes gibt: So sind die lateinischen Namen der Tiere hinsichtlich der Farbe oft „sprechender“, als die deutschen.

Ein weiterer interaktiver Bildschirm „Farben im Kontext“ zeigt das Phänomen des Simultankontrasts anhand eines kleinen grauen Quadrats, das in unterschiedlichen farbigen Umgebungen unterschiedlich gefärbt erscheint.

Im Kapitel „Wie sehen wir Farben“ werden, wieder interaktiv, die „Schicksale“ einer Lichtwelle von der Reizquelle über die Reizaufnahme bis zur Verarbeitung im Hirn erklärt. Wer es genauer wissen möchte, kann über den Touchscreen zu den Bestandteilen des menschlichen Auges und weiterhin der Netzhaut navigieren: Farbzeptoren („Zapfen“) für lang-, mittel- und kurzwellige Lichtstrahlung (dominierende Farbempfindungen sind Rot, Grün und Blau) sorgen für die trichromatische Farb Wahrnehmung des Menschen – eine ungleich größere Anzahl von Rezeptoren ist jedoch für die Unterscheidung von Hell und Dunkel zuständig („Stäbchen“). Schließlich wird die neuronale Verarbeitung der Farbreize im Gehirn erklärt.

Die Farbenfehlsichtigkeit – umgangssprachlich als „Farbenblindheit“ bezeichnet – wird anhand entsprechender Testtafeln und Bilder verdeutlicht, auf einem interaktiven Bildschirm lassen sich ungeordnete Farbmuster nach ihrer Helligkeit ordnen. Eine beeindruckende Farbtemperaturskala (Einheit: Kelvin) zeigt, dass „Weiß“ keinesfalls gleich „Weiß“ ist, augenfällig gemacht durch drei Muster gebräuchlicher Leuchtmittel, die warm-, neutral- und kaltweißes Licht abstrahlen.

Eine Vitrine daneben widmet sich der Metamerie: Anscheinend mit gleicher Anstrichfarbe gefärbte Bauklötzer erscheinen nach Beleuchtungswechsel, den der Besucher vornehmen kann, verschieden. Farbmittel, die unterschiedliche Spektrumsanteile zurückwerfen, können bei Licht bestimmter Zusammensetzung gleich aussehen, bei anderem nicht. Daran schließt sich eine Erläuterung der Farbkonstanz – das heißt, unserer Fähigkeit, Farbigkeiten auch unter schlechten Beleuchtungsbedingungen noch identifizieren zu können.

In diese Abteilung der Wahrnehmungsphänomene gehört auch die Evolution des Farbensinns: bei den Wirbeltieren von ursprünglichen Tetrachromaten (also Tieren mit Rezeptoren für vier Farben) über Dichromaten (wozu heute noch die meisten zählen) bis zu den trichromen Primaten wie der Mensch, die Rezeptoren für kurz-, mittel- und langwelliges Licht besitzen (also für Blau, Grün, Rot). Vögel und Insekten nehmen andere Spektrumsbereiche wahr als wir. Beispielsweise können Bienen und Schmetterlinge auch UV-Anteile wahrnehmen – und damit Strukturen und Farbunterschiede an Blüten, die der menschlichen Wahrnehmung verborgen bleiben. Dies veranschaulicht ein wunderbarer kurzer Film, der die Blüten des Topinambur, des Rauhen Sonnenhuts, der Präriezapfenblume, der Schmalblättrigen Zinnie und der Goldmarie jeweils in menschlicher und tierischer Wahrnehmung zeigt.

Unter der Überschrift „Wie sich Farben mischen“ werden wesentliche Fragen der Farbenordnung und der Mischungslehre behandelt. An ausgewählten Beispielen aus der Geschichte der Farbsystematik wird die Entwicklung von linearen über zyklische Ordnungen (Farbskalen und -kreise) zu flächigen und räumlichen (Farbkörper) gezeigt: Von AGUILONIUS (1613) zu NEWTON (1704) – und weiter über GOETHE (1810), RUNGE (1810), HELMHOLTZ (1860), HERING (1878), MUNSSELL (Color tree von 1916), OSTWALD (1917 – wobei OSTWALD Kegelschnitte seines Farbkörpers erst 1919 veröffentlichte), das CIE-System (1931) und HESSELGREN (1953) bis zu den aktuellen Systemen NCS (1969) und CIELAB (1976). Das RGB-System läßt sich bis auf MAXWELL (1860) zurückführen, bekam seine heutige Bedeutung aber erst mit dem Aufkommen des Farbfernsehens und anderer elektronischer Bildmedien. Auf einem Touchscreen angeordnet, lassen sich zu jedem Farbsystem Abbildungen und erklärende Kurztexte aufrufen.

Die additive Mischung der farbigen Lichter lässt sich wiederum interaktiv mittels Schieberegler erkunden, eine Lupe über einem Bildschirmbild offenbart, dass dieses aus Pixeln in den drei additiven Grundfarben Rot, Grün und Blau zusammengesetzt ist (RGB-System). Entsprechend wird die subtraktive Mischung der Körperfarben an einem Farbdruckbild demonstriert, bei dem die Lupe die Rasterpunkte des Vierfarben-Offsetdrucks erkennen läßt (Cyan, Magenta, Yellow, „Key“ für Schwarz: CMYK-System). Die meisten von uns wenden beide Systeme tagtäglich bei der Arbeit mit Displays und beim farbigen Drucken an – gelegentlich wundern wir uns über die grundlegenden Abweichungen zwischen Bildschirm- und Druckfarben, meist ohne über die Ursachen nachzudenken, die in der gleich-

zeitigen Anwendung zweier grundlegend verschiedener Farbmischsysteme begründet sind.

Die Mischung von Körperfarben führt uns folgerichtig in das Gebiet der Farbmittel, also färbender Substanzen, die sich in lösliche (Farbstoffe) und unlösliche (Pigmente) einteilen lassen. Eine Eckkonsole und ein Aufsatzschrank enthalten eine Fülle von realen Beispielen: kleine Körbe mit Rohstoffen für Naturfarbstoffe (Zwiebelschalen, Färberknöterich, Indigobrocken) und in Gläsern Krappwurzeln, Kurkumabrocken, Birkenblätter, Walnussschalen, Bröckchen von Cochenille und Annatto (Orleans, *Bixa orellana*), Staubgefäße der Färberdistel (Saflor), Pulver aus verkohlten Kirschkernen, Reseda-Blütenblätter, Faulbaumrinde und schließlich die für Tintenherstellung, Färberei und frühe Fotografie so wichtigen Galläpfel. Zugeordnet sind Wollknäuel und Tuche, die mit diesen und anderen Farbstoffen gefärbt wurden.

Ergänzt wird die Sammlung durch traditionelle Pigmente wie Mennige, Zinnober, Umbra, Smalte, Lichter Ocker (Eisenoxidhydroxid), gelber und roter marokkanischer Ocker, Azurit, Türkis, Elfenbeinschwarz, Drachenblut, Lapislazuli (als Gesteinsbrocken und als fertiges Farbpulver), Grünspan, Malachit (ebenfalls als Gestein und als Pigment) und schließlich eine Alabasterstufe. Abgesehen von ohnehin künstlichen Pigmenten wie dem zermahlenden Kobaltglas (Smalte) oder Grünspan wurden auch die „natürlichen“ keineswegs unverarbeitet der Natur entnommen: Die Ocker, Umbren und anderen Erdfarben müssen in langwierigen Schlämmprozessen gereinigt und danach gemahlen werden, ehe sie anwendbar sind. Die aus Gesteinen gewonnenen Pigmente wiederum müssen vom tauben Gestein getrennt und ebenfalls gemahlen werden – und schließlich werden die Schwarzpigmente, die elementaren Kohlenstoff enthalten, durch wohl kontrollierte Verkohlungen organischen Materials gewonnen. Eine Besonderheit stellt das Drachenblut dar, das rotbraune Harz der Drachenbäume, das als Farb- und Bindemittel angesehen werden kann (beispielsweise für Geigenlacke).

In den Schubladen des erwähnten Schanks lassen sich Beispiele traditioneller Farbmittelverwendung finden wie der Höhlenmalerei und der Tätowierungskunst (vom rituellen Körperschmuck bis zum heutigen Modetrend). Eine weitere Schublade präsentiert ein Faksimile des Codex Palatinus Germanicus 620 (um 1450), der neben medizinischen auch zahlreiche Färbereizepte enthält.

Einen besonderen Status genoss seit der Antike die Purpurfärberei, bei welcher der Farbstoff aus den Drüsen bestimmter Meeresschnecken gewonnen wird. Gezeigte Beispiele sind die Herkuleskeule (*Bolinus brandaris*), die Rotmund-Maulbeere (*Stratomita haemastoma*), die Nordische Purpurschnecke (*Nucella lapillus*) und die Stumpfe Stachelschnecke (*Hexaplex trunculus*). Ergänzt wird dies durch die Reproduktionen der frühen Darstellung einer Purpurschnecke aus der *Cosmographia* des Sebastian MÜNSTER (1598) und einer Ölskizze von Peter Paul RUBENS, welche die sagenhafte „Entdeckung“ des Purpurs durch HERKULES – oder, genauer, durch seinen Hund zeigt, der in eine solche Schnecke beißt (1636).

Daran schließt sich in einer weiteren Vitrine das Gebiet der künstlichen organischen Farbstoffe (sog. „Anilinfarben“), die von Friedlieb Ferdinand RUNGE entdeckt worden waren und nach Entwicklung des ersten marktfähigen Produkts durch PERKIN (Mauvein, 1856) schnell die Weltmärkte eroberten und viele traditionelle Farbmittel verdrängten. Eine Vitrine zeigt Beispiele in den hohen Gläsern, wie sie von den Herstellern Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts geliefert wurden: Anthracensäureviolett (Cassella), Anthracensäuregrün (BASF), Bordeaux S (AGFA), Säureviolett 4R N OO (IG Farben: BASF), Immedialschwarz (Cassella), Siriuslichtorange (IG Farben: Farbenfabriken vormals Friedrich Bayer & Co., Leverkusen a. Rh.). Dazu gibt es ein schönes Farbmusterbuch „Neuaufgabe der Karte I.G. [Farben] 947: Cellitonätzfarbstoffe“ (vermutlich um 1939 herausgegeben) und äußerst farbenfrohe Bildetiketten, auf denen „typische Szenen“ der jeweiligen Regionen abgebildet sind, in welche die Farbstoffe exportiert werden sollten – ein Spaß für sich, indem man hier alle Klischees des (kolonialistischen) Orientalismus versammelt findet: Haremsdamen, Großmogule und was sonst noch ins Schema passte.

An einer schön und zweckmäßig gestalteten Wand werden „Moderne Farbmittel“ vorgestellt – zwischen den Skalen aus flächigen Farbmustern ragen allenthalben Holzklötzchen hervor, die mit deckenden und lasierenden Farben, mit gefärbtem Leder, farbiger Kunststoffolie und gefärbter Wolle überzogen sind – die Besucher dürfen sie anfassen, ertasten, spüren. Der Zusammenhang von Farbe und Oberflächenstruktur wird so sinnfällig gemacht. In einzelnen Vitrinen werden daneben Beispiele moderner funktionaler Farbmittel präsentiert: Indikatoren wie Thermopigmente, fluoreszierende Farben und Flip-Flop-Lacke, die je nach Blickwinkel den Farbton verändern.

An diesen Teil der Ausstellung schließen sich „Farbmonografien“ – zunächst von Farbmitteln: Anhand des Ausdrucks „Blau machen“ illustrieren Schoten des Färberwaid, Indigobrocken (der ergiebigeren exotischen Entsprechung), ein im Reservagedruck-Verfahren gemusterter blauer Baumwollstoff und eine Jeans die historische Tiefe eines populären Farbtons, dessen Farbmittel von Waid zum pflanzlichen Indigo und schließlich zum entsprechenden synthetischen Farbstoff führen. Karminrot wurde ursprünglich aus bestimmten Läusen (wie der Cochenille-Schildlaus) gewonnen (Zusatzstoff E 120) und wird heute meist durch den Azofarbstoff Cochenillerot A (E 124) ersetzt. Staunenswert ist, was damit alles eingefärbt wird: vom Campari ist es allgemein bekannt, aber gerötet werden damit auch Lollis, Limonaden, Wurst, Lippenstift – und Kardinalshüte. Kohlenstoffschwarz (in der Ausstellung: „Carbon Black“) wiederum ist eines der ältesten und am weitesten verbreiteten Farbmittel überhaupt – exemplarisch stehen dafür Autoreifen, Schreib- und Druckertinte. Ein Sockel schließlich enthält Beispiele für die Verwendung des heute geradezu allgegenwärtigen Titanweißes (Titandioxid): Anstrichfarben, Tabellen, weiße Plastikwerkstoffe, Zahnpasta, Hautcreme, Kaugummis, weiße Sportschuhe ... es dürfte mittlerweile eine Seltenheit sein, ein Zimmer zu betreten, in dem nicht irgendwo Titanweiß eingesetzt worden ist.

Den kulturhistorisch bedeutsamen Farbmitteln folgen ebensolche Töne (die mit verschiedenen Mitteln erzeugt werden können): zum einen Gold, ein Statussymbol, dessen Färbung Gegenständen einen tatsächlichen oder vermeintlichen Wert verleiht: Münzen, Uhren, Ringe, Sportpokale und Medaillen; zum anderen rosa „Farbnuancen, die die Gemüter bewegen wie kaum eine andere Farbe“ (hier hätten ein paar Sätze nicht geschadet, die erklärten, warum diese Farbtöne so kontrovers empfunden und diskutiert werden) – beispielhaft gemacht an Herrenhemd, Smartphonehülle, Handtasche und Legohaus in rosa und pink, flankiert von Babybodys in rosa (für Mädchen) und hellblau (für Jungs). Gerade an letzteren macht der Text deutlich, dass die Zuordnung ursprünglich gerade umgekehrt gewesen ist. Bildtafeln thematisieren daneben „Farbe in Sprache und Kultur“ – darunter die Farbe des Meeres und den Einfluss von Farbe und Licht auf unser Schlafverhalten. Eine Vitrine zeigt schließlich Relikte des „Holi-Fests“ – einem hinduistischen Kult, der mittlerweile in den westlichen Ländern zum modischen „Event“ geworden ist.

An einer solchen didaktisch gut aufbereiteten Ausstellung, welche ein Thema überblicksartig in großen Zügen präsentiert, muss Kritik im Einzelnen kleinlich geraten. Der Rezensent gesteht, berufsbedingt jedes Mal ins Schwärmen zu geraten, wenn es um Farbmittel geht – um dann mehr wissen zu wollen. Die meisten Besucher werden hier weiterführende Angaben auch nicht vermissen – aber es ist offensichtlich, dass sich ohne wesentliche Vergrößerung des Textumfangs durch die Herkunftsangaben zu all diesen schönen Naturfarbstoffen, Pigmenten und synthetischen Farbstoffen die Informationstiefe hätte vergrößern lassen.

Als vorbildlich sind an dieser Ausstellung ganz besonders zwei Dinge hervorzuheben:

- die Sinnlichkeit der Anschauung, bewirkt durch die vielen farbigen Dinge, die sich teilweise betasten, aktivieren oder anders beleuchten lassen;
- die für eine verhältnismäßig kleine Ausstellung große Zahl von Möglichkeiten, als Besucher aktiv zu werden.

Wer Kinder im Museum erlebt hat, weiß, dass sie sich meist schnell langweilen, wenn es „bloß etwas zu sehen“ gibt, aber begeistert sind von allem, bei dem sie mitmachen dürfen.

Somit richtet sich die Ausstellung an bildungshungrige Erwachsene einerseits, vor allem aber wohl an Kinder und Jugendliche. Es ist zu hoffen, dass bis Anfang März 2017 noch möglichst viele junge Leute in die Ausstellung finden, sei es nun im Klassenverband, zusammen mit ihrer Familie oder individuell.

Für künftige Ausstellungen bietet diese hier viele Ansatzpunkte, schafft sie doch die Grundlagen zum elementaren Farbverständnis. Das instruktive Begleitheft („Faszination Farbe - Eine Sonderausstellung des Carl Bosch Museums in Heidelberg“, Preis: 6 Euro) wird gewiss auch nach Ausstellungsende weiter erhältlich sein. Was die Ansatzpunkte für künftige Ausstellungen betrifft, so ist in erster Linie an OSTWALDS Arbeiten zur Farbe zu denken, mit denen er in vielerlei Hinsicht vom Mainstream der Farbforschung abwich. Es wäre lohnend, darzustellen,

warum er dies tat und welcher Erkenntnisgewinn mit dieser Außenseiterposition verbunden war.

Im Übrigen bedient sich die gegenwärtige Ausstellung Ostwald'scher Erkenntnisse, ohne dies gesondert zu vermerken, da sie Allgemeingut geworden sind: die Begriffe der „unbunten“ und „bunten“ Farben sowie der „Metamerie“ stammen von OSTWALD. Und das hier vorgestellte, verbreitete „Natural Colour System (NCS)“ wäre ohne OSTWALDS Vorarbeiten nicht denkbar.

Autorenverzeichnis

Prof. Dr. Jens Meiler
Vanderbilt University,
Institute for Chemical Biology
Nashville, TN 37235, USA
jens@meilerlab.org

Dr. Wolfgang Meiler
Preußenstr. 25
04289 Leipzig
wolfgang.meiler@t-online.de

Prof. Dr. Dr. Michael Höckel
Universitätsfrauenklinik Leipzig
Liebigstr. 20a
04103 Leipzig
ufkle@medzin.uni-leipzig.de

Prof. Dr. Ulf Messow
Waldstr. 41
04668 Grimma, OT Waldbardau
ulf.messow@freenet.de

Prof. Dr. Knut Asmis
Univ. Leipzig, Physikalische Chemie
Linnéstr. 2
04103 Leipzig
knut.asmis@uni-leipzig.de

Dr. Albrecht Pohlmann
Kleiststr. 3
06114 Halle/Sa.
al.pohlmann@web.de

Gesellschaftsnachrichten

Wir gratulieren

- **zum 85. Geburtstag**
 Herrn Prof. Dr. Horst Förster, 18.02.2017
 Herrn Prof. Dr. Wolfgang Fratscher, 11.06.2017
 Frau Dr. Hella Huth, 21.07.2017
- **zum 80. Geburtstag**
 Herrn Prof. Dr. Horst Hennig, 06.06.2017
- **zum 75. Geburtstag**
 Herrn Prof. Dr. Gerd Hradetzky, 14.03.2017
 Herrn Prof. Dr. Werner Ostritz, 29.04.2017
 Herrn Dr. Achim Barth, 24.06.2017
- **zum 70. Geburtstag**
 Herrn Prof. Dr. Herbert Klenk, 05.02.2017
 Herrn Dr. Wolfgang Hönle, 26.02.2017
 Herrn Dr. Rainer Stumpe, 05.04.2017
- **zum 65. Geburtstag**
 Frau Dr. Ewa Czerwinska, 13.06.2017

Spenden

Wir bedanken uns recht herzlich für die großzügigen Spenden von Herrn Prof. Dr. Bärnighausen, Frau Prof. Dr. Dunken, Herrn Prof. Dr. Winnewisser sowie der Raiffeisenbank Grimma e.G.

Vorschau

Am 18.03.2017 findet die Mitgliederversammlung in Großbothen statt.

Daran anschließend folgt 14 Uhr der Vortrag mit Prof. Dr. Detlev Belder (Universität Leipzig): „Das total geschrumpfte Chemielabor“ (128. Ostwald-Gespräch).

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 €
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: Quartalshefte ab Heft 1/1996-1/2008 je ab Heft 2/2008 je	5,00 € 6,00 €
Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft (Sonderhefte 1-23), 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 €