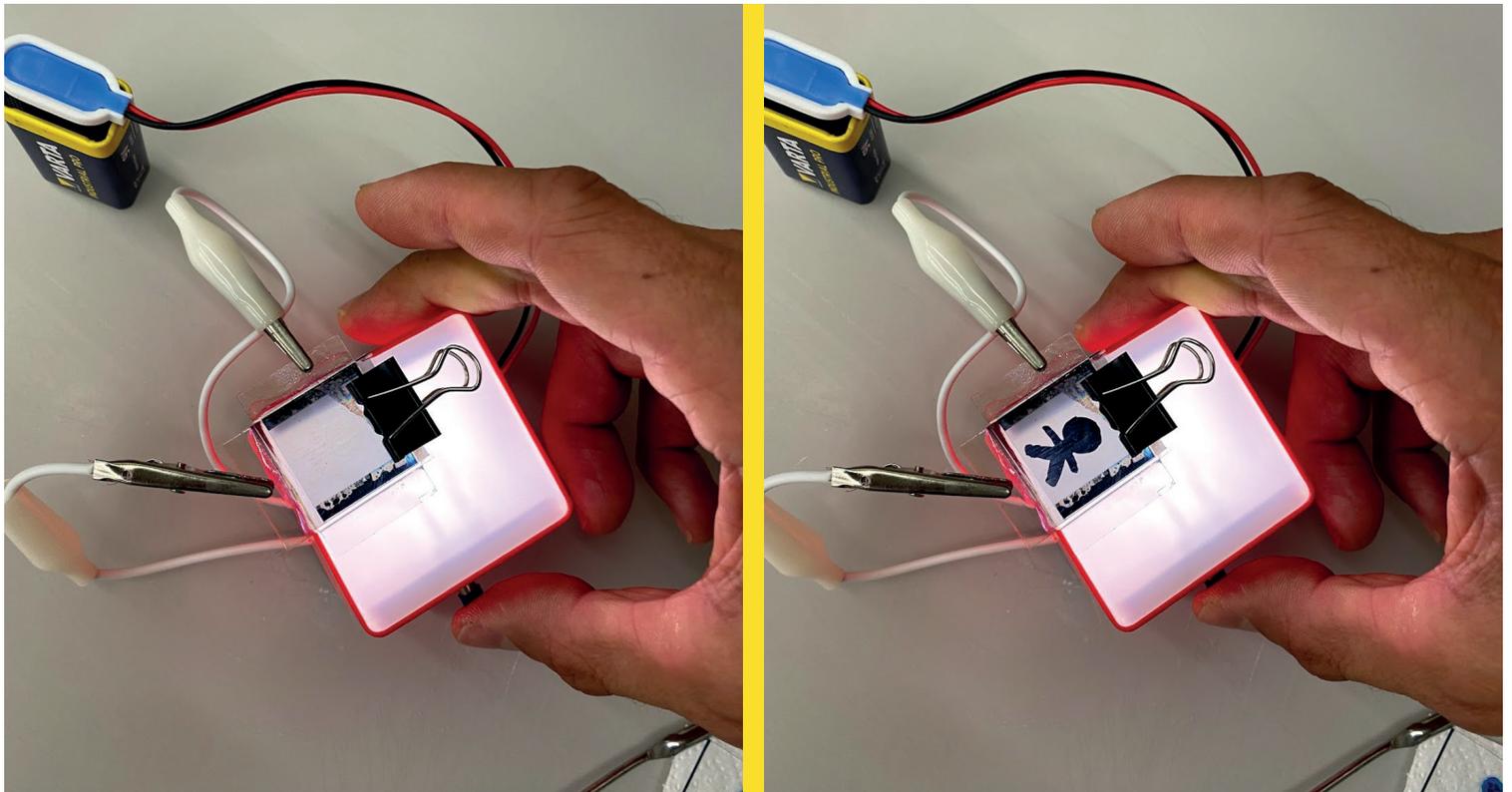


Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer (VSN)

Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles (SSPSN)

Associazione Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali (ASISN)

64./105. Jahrgang, Oktober 2020


**Einladung zur Generalversammlung
Invitation pour l'assemblée générale**

Flüssige Kristalle? Flüssigkristalle!

Anekdotisches aus den «Monatlichen Mitteilungen» 1916/17

International Chemistry Olympiads: History and outlook

Buchrezensionen: Richard R. Ernst, Licht Luft Ozon

NH₄OH: Pourquoi on vend un produit qui n'existe pas?

Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik

Die Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier

Foto Titelseite: Linus Becker, LCD-Eigenbau aus dem Kurs Flüssigkristalle, s. Artikel im Heft

	Inhalt	Contenu
EDITORIAL VEREIN SOCIÉTÉ	4 Erfahrungen aus dem Fernlernen	Expériences avec les cours à distance
	5 Mitteilungen aus dem VSN	Communications de l'association
	5 Neue Mitglieder	Nouveaux Membres
	6 Generalversammlung VSN 2020	Assemblée générale SSPSN 2020
	7 Experimente zum PSE: Bericht	Expériences chimiques à l'école pr.
	8 Weiterbildung Flüssigkristalle Bericht und Ausschreibung	Formation continue sur cristaux li- quides
	10 Naturwissenschaftsunterricht 1916: Themen, Sorgen und gegenseitige Hilfen	Enseignement des sciences en 1916: 3 Sujets, problèmes et entraide
VERANSTALTUNGEN ÉVÉNEMENTS PUBLIKATIONEN PUBLICATIONS	16 International Chemistry Olympiads	International Chemistry Olympiads
	18 Neuigkeiten aus Biologie, Chemie und anderen Naturwissenschaften	Nouveautés de la biologie, chimie et d'autres sciences
	22 Autobiografie: Richard R. Ernst	Autobiographie: Richard R. Ernst
	24 Sachbuch: Licht Luft Ozon	Livre: Licht Luft Ozon
UNTERRICHT ENSEIGNEMENT	26 Die beiden Hauptsätze der Thermo- dynamik	Les deux grands principes de la ther- modynamique
	30 NH_4OH : Weshalb verkauft man ein Produkt, das es nicht gibt?	NH_4OH : Pourquoi on vend un produit qui n'existe pas?
	31 Wer weiss es? Atommassen	Qui sait? Masses atomiques
	32 Acetylen in Druckflaschen	Acetylene en bouteilles à pression
	34 Verteilungsgleichgewicht	Equilibre de distribution
	36 Entwicklung latenter Fingerabdrü- cke auf Thermopapier	Rendre visible des empreintes digi- tales sur papier thermique
	41 Zersetzung von Kupferformiat	Décomposition du formiate de cuivre
ADRESSEN ADRESSES	43 Verein, Vorstand, Impressum	Société, comité, impressum

Liebe Kolleginnen und Kollegen

Der Frühling 2020 hat uns und den Schülerinnen und Schülern mit dem Fernlern-Unterricht aufgrund der Covid19-Pandemie einiges abgefordert. Gerne würde ich in einer der nächsten Nummern Ihre Erfahrungen aus der speziellen Situationen aufnehmen. Welche neuen didaktischen Möglichkeiten haben Sie entdeckt? Was hat sich bewährt und wo traten unerwartet Schwierigkeiten auf? Senden Sie doch kurze Erfahrungsberichte ein!

4 Mir persönlich hat es gezeigt, wie stark ich in meinem Unterricht auf die Reaktionen der Schülerinnen und Schüler angewiesen bin, um auf die Stolpersteine richtig reagieren zu können. Ebenso haben mir die «Aha»-Momente gefehlt, wenn aus einem Experiment oder einer Erläuterung ein Zusammenhang deutlich wird. Zumindest bilde ich mir ein, dass es bei einigen Schülerinnen und Schülern zu solchen Momenten kommen könnte. Kompensation habe ich keine gefunden. Vielleicht sind Sie auf Möglichkeiten gestossen, wie man etwas von der Dramaturgie einer Lektion, etwas vom erhofften Knistern während des Unterrichtes in die asynchrone Up- und Download-Welt retten konnte. Ich wäre daran sehr interessiert. Es könnte uns ja nochmals blühen.

Das chemische Experiment als Angelpunkt einer Lektion oder wenigstens als Aufhänger für eine Bearbeitung eines Themas fehlte mir ebenso. Viele Videos von Experimenten liessen sich im Web finden, aber einiges war nicht sofort auffindbar oder nicht nach meinem Geschmack. Wir haben deshalb an unserer Schule (KZN) diverse Videos von Schulexperimenten aufgenommen und auf YouTube veröffentlicht. Auch an der Kantonsschule Zürcher Unterland KZU wurden und werden Videos erstellt und auf YouTube frei zur Verfügung gestellt. Vielleicht kennen Sie weitere Schulen oder Lehrpersonen mit ähnlichen Initiativen? Schreiben Sie mir, damit wir eine Linkliste auf der Homepage des VSN veröffentlichen können. Aber selbst das beste Video ersetzt natürlich nicht die Erfahrung mit allen Sinnen, das Stinken und das Krachen.

Ich würde mich wie immer über Reaktionen auf die Artikel im vorliegenden Heft, über Anregungen für den Unterricht und über Verweise auf interessante Lektüre oder Weiterbildungsmöglichkeiten freuen, damit es eine gut gefüllte Weihnachtsnummer/Neujahrsnummer des c+b gibt.

Liebe Grüsse

Michael Bleichenbacher, Redaktor



Mitteilungen aus dem VSN

Liebe Kolleginnen und Kollegen.
hier einige aktuelle Mitteilungen aus dem Verein:

Generalversammlung 2020 des VSN

Die Generalversammlung des VSN wird am Freitag, 27. November 2020 ab 16.15 an der Kantonsschule Solothurn anschliessend an die Delegiertenversammlung des Vereins Schweizerischer Gymnasiallehrkräfte VSG stattfinden.

Zentralkurs Chemie in Liestal verschoben auf 2022

Der Zentralkurs Chemie, der für den Herbst 2021 in Liestal geplant war, wird, bedingt durch die unklare Pandemiesituation, auf Herbst 2022 verschoben. Die Deutschschweizer Chemiekommision DCK wird noch diskutieren, ob im Jahr 2021 kleinere, alternative Veranstaltungen und Kurse angeboten werden können. Genaueres folgt so bald wie möglich.

International Year of The Periodic Table IYPT 2019

Der Wettbewerb zu den Experimenten konnte abgeschlossen werden und die 4. bis 6. Klasse von Frau Monika Sommerhalder aus Unterengstringen hat mit einem Film zur Geschichte, Funktion und Herstellung von Streichhölzern den ersten Preis gewonnen. Weitere 10 eingereichte Arbeiten konnten mit Geldpreisen von Fr. 250.- oder Fr. 150.- ausgezeichnet werden. Zusätzliche Informationen und den Siegerbeitrag finden Sie auf der Webseite des Projekts <https://www.chemische-experimente.ch/deutsch/wettbewerb-1/>.

Das Projekt ist auf grosses Interesse gestossen und war auch mit grossem logistischem und finanziellem Aufwand verbunden, für den wir an dieser Stelle noch einmal den vielen Sponsoren danken möchten. Wir stellen uns gegenwärtig Überlegungen an, wie das Projekt auch ausserhalb des IYPT weitergeführt werden kann und wie wir Lehrkräfte und Schulklassen der Volksschule insbesondere beim chemischen Experimentieren am besten unterstützen können. Dazu wurde eine Umfrage unter den Teilnehmenden gestartet. (Hansruedi Dütsch und Klemens Koch)

MINT-Label für Gymnasien

Die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften hat eine zweite Runde für das MINT-Label ausgeschrieben. Sie will damit u.a. den Austausch zwischen den verschiedenen Kantonen und Sprachregionen in den MINT-Fächern fördern.

Future of Chemical Education - ChemEdu 2020

Die Tagung am Fall Meeting der Swiss Chemical Society (SCS) muss wegen der COVID-19 Pandemie anders geplant werden. Aktuelles dazu auf scg.ch/chemedu/2020

Ich wünsche allen VSN-Mitgliedern weiter ein gutes Schuljahr, mit herzlichem Gruss.

Klemens Koch, Präsident VSN

5

Neue Mitglieder | Nouveaux membres

Wir begrüssen herzlich neu im Verein:
Nous souhaitons la bienvenue à la société:

Katja Baumann	Universität Zürich
Gilles Blandenier	HEP BEJUNE
Franziska Borgogno	Kantonsschule Zürcher Oberland
Fabia Brentano Ackermann	Alte Kantonsschule Aarau
Francesco Brogna	Gymnasium Oberwil
Patrick Faller	Kantonsschule Rychenberg
Linda Iрпино	BMS Frauenfeld/MNG Rämibühl
Wolfgang Käppeli	Kantonsschule Sursee
Sophie Nallet	HEP BEJUNE
Stefanie Jörg	Universität Zürich
Daniel Ris	Kantonsschule Sursee
Andreas Ritler	Kantonsschule Alpenquai Luzern
Andrea Venzin	Kantonsschule Zürcher Oberland

Generalversammlung VSN 2020

Freitag, 27. November 2020, 16:15 Uhr
(nach der VSG-Delegiertenversammlung)

Kantonsschule Solothurn

Leitung: Klemens Koch

6 Traktanden

1. Traktanden der GV 2020, Protokoll der GV 2019
2. Jahresbericht des Präsidenten 2019/20, Tätigkeitsberichte der Kommissionen und Delegationen.
3. Zusammensetzung des Vorstandes und der Rechnungsprüfung.

Der Vorstand wurde 2017 für die Amtszeit bis 2020 gewählt. René Gfeller und Maurice Cosandey treten nach langem Wirken im Vorstand zurück. Die anderen Mitglieder stellen sich für eine Wiederwahl von 2020 bis 2023 zur Verfügung: R. Turin (Kasse), S. Reist (DBK), A. Bartlome (DCK), A.-L. Rauber (CRB), M. Fragnière (CRC), E. Marion-Veyron, R. Deuber, Ch. Guesdon-Lüthi, M. Bleichenbacher (c+b), K. Koch (Präsidium)

Als neue Revisoren stellen sich Christoph Schlicht und Martin Jufer zur Wahl.

4. Diskussion zur Neuausrichtung der Website
5. Anlässe 2020/21:
6. Vereinsrechnung und Revision der Jahre 2018/19 und 2019/20
7. Mitteilungen und Varia

Assemblée générale SSPSN 2020

Vendredi, 27 novembre 2020, 16h15,
(après l'Assemblée des Délégués de la SSPSN)

Ecole cantonale de Soleure

Présidence: Klemens Koch

Ordre du jour

1. Ordre du jour de l'assemblée générale 2020 et procès-verbal de l'assemblée générale 2019
2. Rapport annuel du président 2019/20, Rapport d'activité des commissions et délégations.
3. Composition du comité. Vérificateurs des comptes.

Le comité a été élu en 2017 pour 2017 à 2020. René Gfeller et Maurice Cosandey démissionnent après une longue période de service au sein du comité. Les autres membres sont candidats à la réélection de 2020 à 2023: R. Turin (caisse), S. Reist (DBK), A. Bartlome (DCK), A.-L. Rauber (CRB), M. Fragnière (CRC), E. Marion-Veyron, R. Deuber, Ch. Guesdon-Lüthi, M. Bleichenbacher (c+b), K. Koch (Présidence).

Christoph Schlicht und Martin Jufer font face à l'élection comme auditeur.

4. Discussion sur le futur du site web
5. Evénements 2020/21
6. Comptes et vérifications des comptes des années 2018/19 et 2019/20
7. Communications et divers

Experimente zum Periodensystem

Text: Monika Sommerhalder

Ein Kollege machte mich im Februar 2019 auf das Projekt «Experimente zum Periodensystem» aufmerksam. Dass ich mich anmelden würde, stand für mich sofort fest. Glück, Interesse und viele spannende Schulmomente prägen das Projekt bis heute. Vor Kurzem überlegten sich die Kinder, ob Chemie in die Primarschule passt. Ihre Antwort war einstimmig: Ja! Dies bestätigen auch die Kindertexte unten. Gerne beobachten Mädchen und Knaben gleichermaßen chemische Reaktionen, noch lieber führen sie die Experimente in Kleingruppen eigenhändig durch. Das Dokumentieren kann herausfordernd sein. Vielleicht machen gelungene Dokumentationen aus diesem Grund besonders stolz. Ich bin überzeugt, dass das von der Chemie geprägte Primarschuljahr in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler bleibende Spuren hinterlassen wird. Siegerklasse bei einem Chemiewettbewerb zu sein, gehört zu den einmaligen Erfolgen im Leben. Wir danken all denjenigen, die das Projekt Experimente zum Periodensystem möglich machten.

Lieblingsexperiment

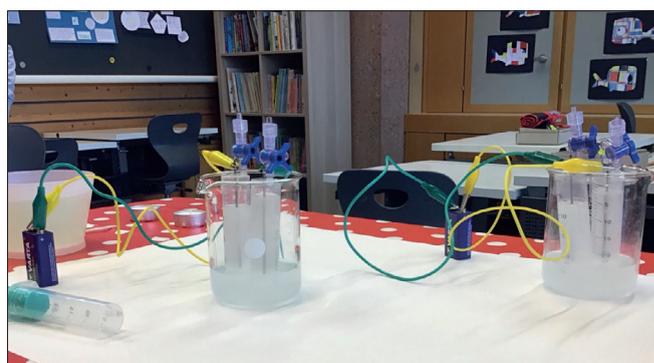
Vinzent, 4. Klasse: «Chemie passt gut in die Primarschule, weil sie spannend ist und Freude bereitet. Manchmal ist sie auch lustig. Mei Lieblingsexperiment war das Experiment 3: Wasser, Wasserstoff, Sauerstoff. Es gefiel mir besonders gut, weil es am Schluss einen unerwarteten Knall gab. Unsere Lehrerin hat aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Portion Knallgas gemischt.»

Dokumentation

Alex, 6. Klasse: «Die meisten Experimente dokumentierten wir. Eine Dokumentation, auf die ich besonders stolz bin, gehört zu Experiment 10: Farbige Flammen. Nie hätte ich gedacht, dass die Metallsalze so intensiv und verschiedenfarbig leuchten. Da wir die Bunsenbrenner vom Oberstufenschulhaus ausleihen konnten, durften wir in einem zweiten Teil in Kleingruppen einige Salze auf ihre Leuchtfähigkeit testen. Das machte viel Spass.»

Wettbewerbsfilm

Stella, 6. Klasse: «Im Rahmen des Projektes Chemische Experimente nahmen wir an einem Wettbewerb teil. Unsere Lehrerin wählte für die Wettbewerbsarbeit das Experiment 7: Feuer! Wir stellten selbst Streichhölzer her und lernten, wie käufliche Streichhölzer funktionieren. Viel Motivation und Fleiss steckten wir in unsere Arbeit. Gelatine, Kaliumchlorat, eine Messerspitze roter Phosphor und anderes waren die Materialien. Das genaue Arbeiten trug wesentlich zum Erfolg bei. Wir schöpften unsere Fähigkeiten voll aus und arbeiteten mit Freude. Als wir erfuhren, dass wir die Siegerklasse sind, waren wir überglücklich.»



Anmerkung der Redaktion: Im Rahmen des Internationalen Jahres des Periodensystems der Elemente erstellten Klemens Koch und Hansrudolf Dütsch Anleitungen zu einfachen Experimenten zum Periodensystem und stellten 300 Koffer mit dem benötigten Material interessierten Volksschulklassen zur Verfügung (s. c+b 3/19).

Die Texte stammen von der Lehrerin und von Schülerinnen und Schülern der Klasse, die den dazugehörigen Wettbewerb mit einem Film zur Herstellung von Streichhölzern gewann. Der Erlebnistag für die Klasse musste leider aufgrund der Covid19-Pandemie auf Frühling 2021 verschoben werden.

Kurzbericht zum Kurs: Flüssige Kristalle? Flüssigkristalle!

Text: Thomas Kradolfer

Weiterbildungskurs für Lehrpersonen
Kursleiter: Hansrudolf Dütsch
Samstag: 19. Sept. 2020

8

Der Kurs bestand aus vier Teilen. In einem ersten theoretischen Teil ging es um die Entdeckung der Flüssigkristalle und deren Struktur und Wechselwirkung mit Licht, insbesondere mit polarisiertem Licht. Für das Verständnis der optischen Eigenschaften von Flüssigkristallen sind diese Grundlagen zentral. Ich konnte dabei mein eigenes Wissen zu den genannten Themen einerseits auffrischen und vor allem habe ich andererseits auch viel Neues dazugelernt.

Im zweiten Teil synthetisierten wir einen Flüssigkristall (N-(4-Methoxybenzyliden)-4-butylanilin, MBBA), den wir zum Schluss in eine Ampulle eingeschmolzen haben. Mit Hilfe von zwei gekreuzten Polarisatoren konnte die doppelbrechende Eigenschaft des MBBA geprüft werden. Nach dem gemeinsamen Mittagessen befassten wir uns im dritten, wiederum theoretischen Teil mit der Entdeckung und Funktionsweise der Flüssigkristallanzeigen. Mit interessanten Ausführungen und Demonstrationen entführte Hansruedi die Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer in die faszinierende Welt der LCD's, inklusive kurzem Ausblick in die Zukunft für Anzeigen und Bildschirme, den OLED-Displays (Organic Light-Emitting Diode). Im vierten und letzten Teil stellten alle Teilnehmerinnen und -teilnehmer als Höhepunkt des Kurses im Labor ein funktionstüchtiges 1-Pixel-LCD her. Mit Hilfe

einer 9-Volt-Batterie, Polarisationsfolien und einem kleinen Leuchtkasten konnte die Funktionstüchtigkeit des selbst hergestellten LCD überprüft werden.

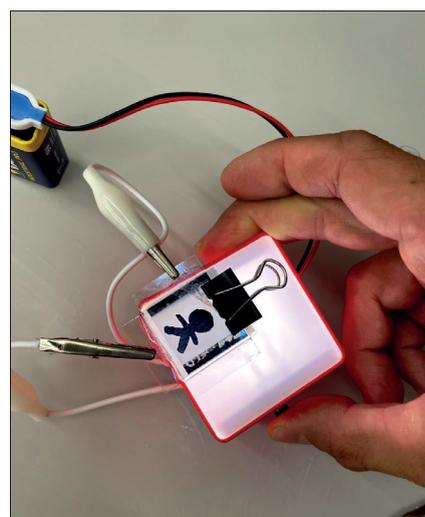
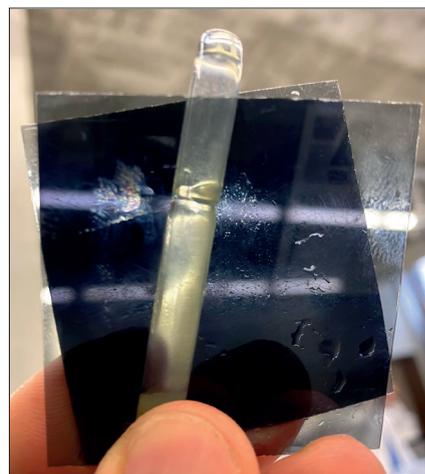
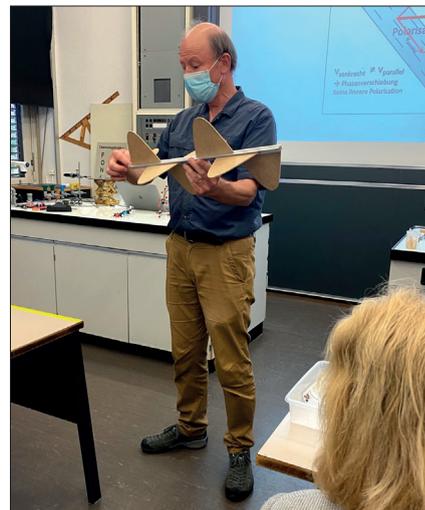
Die Anleitungen für die beiden experimentellen Teile des Kurses eignen sich direkt für den Einsatz im Unterricht, vorzugsweise für Schwerpunktfachklassen B+C. Die beiden experimentellen Teile können auch unabhängig voneinander umgesetzt werden. Spezielle Materialien, wie leitfähige Gläser, Polarisationsfolien, Flüssigkristalle, etc., die für die Experimente und Demonstrationen benötigt werden, sind im VSN-Shop erhältlich.

Der Weiterbildungskurs war aus meiner Sicht sehr interessant und abwechslungsreich gestaltet, mit engem Bezug zu praktischen Anwendungen und gut aufbereiteten Unterlagen, die sich für den Einsatz im eigenen Unterricht eignen. Ich kann den Kurs nur weiterempfehlen.

Vielen Dank, lieber Hansruedi, für den spannenden Samstag.

Wetzikon, 22. September 2020
Thomas Kradolfer, Lehrer für Chemie,
Kantonsschule Zürcher Oberland

Fotos: Linus Becker
1 Hansrudolf Dütsch mit selbst erstelltem Modell einer Welle zur Erläuterung der Doppelbrechung
2 Im Kurs synthetisierter Flüssigkristall zwischen zwei Polarisationsfiltern
3 Im Kurs zusammengestellter LCD



Weiterbildungskurs: Flüssige Kristalle? Flüssigkristalle!

Text: Hansrudolf Dütsch

Flüssigkristalle galten zur Zeit der Entdeckung 1888 durch Friedrich Reinitzer und während vieler Jahrzehnte danach als chemisches Kuriosum ohne praktische Anwendung.

Heute sind Flüssigkristalle jedoch allgegenwärtig und aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Die Entwicklung von Flachbildschirmen mit Hilfe von Flüssigkristallen hat die digitale Revolution erst möglich gemacht.

Umso überraschender ist es, dass Flüssigkristalle in Lehrbüchern oder im Unterricht kaum je thematisiert werden. Die Funktion von Liquid Crystal Displays (LCD) ist wenig bekannt, obwohl diese auf ganz erstaunlichen, einfachen Prinzipien beruht.

Im Kurs werden verschiedenste Aspekte von Flüssigkristallen und Flüssigkristallanzeigen theoretisch und experimentell thematisiert und es wird gezeigt, wie zu diesem Thema eine umfassende Unterrichtseinheit gestaltet werden kann.



Erster Prototyp einer TN - Flüssigkristallanzeige von Martin Schadt, Hoffmann - La Roche, 1971



Inhalt:

- Geschichtliche Entwicklung
- Theoretische Hintergründe
- Demonstrationsexperimente zu den Eigenschaften von Flüssigkristallen
- Synthese eines Flüssigkristalls
- Bau von funktionierenden 1-Pixel-Flüssigkristallanzeigen in verschiedenen Varianten
- Didaktische Hinweise
- Alle Experimente können 1:1 durchgeführt werden.

Wann:

- Sobald genügend Anmeldungen vorhanden sind, wird mit den TeilnehmerInnen ein Termin vereinbart (vorzugsweise an einem Samstag, von 10.00 bis ca. 15.30)

Wo:

- Kantonsschule Zürich Nord,
Birchstrasse 107, 8050 Zürich, Zimmer 31 (Chemie)

Teilnehmer:

- Chemielehrkräfte von Gymnasien und Berufsschulen und andere Interessierte
- Teilnehmerzahl begrenzt, min. 6, max. 12 TeilnehmerInnen

Kosten (inkl. Material, Unterlagen und Mittagslunch):

- Fr. 60.- für VSN-Mitglieder, Fr. 80.- für Nichtmitglieder
- Bezahlung mit Rechnung per Email nach Bestätigung der Kursanmeldung

Kursleitung und Auskünfte:

- Hansruedi Dütsch, h.duetsch@bluewin.ch,
Tel. 077 401 43 08

Anmeldung:

- Laufend möglich unter www.vsn-shop.ch/lc

Naturwissenschaftsunterricht 1916/17: Themen, Sorgen und gegenseitige Hilfen in den ersten «Monatlichen Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer»

Text: Klemens Koch

Mehr als hundert Jahre nach der Erstausgabe unseres Mitgliederblattes «Monatliche Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer» vom Januar 1916 zeigt ein Rückblick die damals interessierenden Themen und vielleicht Parallelen zu heute auf.

10



Bild 1a: Titelblatt des Sammelbandes der Mitteilungen von 1916 und 1917

Der erste Artikel in der Erstausgabe.

«Quelques expériences simples pour mettre en évidence les ferments dans les végétaux» von Robert Chodat, Botanikprofessor an der Universität Genf, widmete sich enzymbasierten Farbreaktionen, darunter zuerst der Tyrosinase, welche die Verfärbung von Pilzen, gewissen Blüten und auch z. B. Äpfeln nach dem Schneiden verursacht und auch die Schwärzung von Wacholderbeeren im zweiten Jahr. Weiter werden hydrolytische Enzyme wie die α -Amylase (Ptyalin) und die Hydrolasen besprochen, welche beim Mörsern von Kreuzblütler-Pflanzen aus den Senfölglycosiden die typisch riechenden organischen Thiocyanate wie Allyl-isothiocyanat $\text{CH}_2\text{CHCH}_3\text{-NCS}$ freisetzen und so den scharfen Geschmack von Senf, Meerrettich und Wasabi verursachen oder Methylsalicylat aus seinem Glycosid in Wintergrün (Polygala). Weiter wird die Verhinderung dieser Reaktionen durch die Inaktivierung der Enzyme mit heissem Wasser experimentell geprüft.

Der Artikel enthält viele Anregungen, was Schülerinnen und Schüler auch zuhause durchführen und studieren könnten.



Bild 1b: Titel des ersten Artikels in den Mitteilungen. Die Frakturschrift wurde in den Mitteilungen für deutschsprachige Texte verwendet und die lateinische Antiqua für französischsprachige Texte entsprechend den Gebräuchen in den beiden Sprachregionen. Vgl. z. B. dazu: <https://de.wikipedia.org/wiki/Antiqua-Fraktur-Streit> (Zugriff 29.5.20).

Destilliertes Wasser mit zeittypischen Verunreinigungen?

In den ersten Ausgaben werden immer wieder Arbeiten des Monats angegeben, so wird im Januar 1916 (S. 10) auf eine einfache Möglichkeit hingewiesen, «Destilliertes Wasser» aus Schnee herzustellen, indem möglichst sauberer Schnee in Aquarien gefüllt und dort schmelzen gelassen wird. Interessant ist, welche «Verunreinigungen» nach dem Filtrieren diskutiert werden: Das Schmelzwasser enthalte Russpartikel und Lebewesen, beide leicht auch durch Sedimentieren zu entfernen.

Welche Stoffe wären sonst noch in Schmelzwasser zu erwarten? Wie könnte man sie abtrennen? Wären es heute andere Stoffe als damals?

Zur Ausnützung von Schnee und Eis.

Wo man sparen muß, bereitet man sich jetzt „destilliertes Wasser“ aus sauberem Schnee.

Bild 2: Sparen mit Schnee und Eis? Heute könnten wir unsere Vorräte an destilliertem Wasser nur noch selten mit Schnee und Eis auffüllen.

Stauden, Blüten und Blutegel als Unterrichtsgegenstand

Für den Biologieunterricht wird empfohlen: «Wer noch ein Steckenpferdchen sucht, dem weiss ich eines: Die Staudenkultur. Dazu wird eine grosse Übersicht von winterharten Stauden für den Schulgarten vorgestellt, inklusive Ratschläge für den Einsatz im Unterricht und in Klausuren.» Oder für Schülerinnen und Schüler im Fernunterricht.

Im Juni 1916 wird auf S. 53 beschrieben, wie man den medizinischen Blutegel *Hirudo officinalis* durch Plätschern und leichtes Stampfen ans Ufer eines Gewässers und auf seine Hand locken kann. Er «beisse nicht so schnell an, dass man sich seiner nicht erwehren könne». Mit etwas Milch auf dem Unterarm oder Anstechen mit einer Nadel beginne er aber schnell zu saugen. «Sollten sich nicht gleich von Anfang an Schüler als Blutlieferanten anbieten, so geschieht dies zweifellos, sobald sich der Lehrer selbst einen Egel ansetzt. Das Einschaben der drei Kiefer ist zwar deutlich zu spüren aber nicht schmerzhaft. Nachdem der Wurm losgelassen, wird die hübsch sternförmige Wunde gezeigt (...) wenn die

Blutung sehr schwach ist, kommt sie doch wegen des ausgeschiedenen Hirudins, das die Gerinnung verhindert, lehrreicherweise lange nicht zum Stillstand.» Wertvoller sei der Versuch, wenn man den Egel vorher und nachher wiegt, ein Versuch zeigte 1.2 gr. zu Beginn, 6.35 gr. nachdem der Egel selbständig sich gelöst hat, also eine Blutaufnahme von 5.15 gr. «Eine Verseuchung der Wunde ist gerade wegen dieser Blutung nicht zu befürchten; man wird sowieso nicht einen schwächlichen Buben zum Versuchskaninchen ausersehen. Auch nicht ekelhaft ist der Versuch. Gegen das behaglich saugende übrigens recht schöne Tier hegt der Träger geradezu zärtliche Gefühle. Und es scheint mir, dass wir dem Schüler mit jedem Erlebnis, bei welchem ursprüngliche Angst- und Ekelempfindungen durch Interesse und freudiges Erstaunen abgelöst werden, das Leben um ein gut Stück reicher und angenehmer gestalten». Viel Zeitgeist, aber auch überdauernde didaktische Erlebnispädagogik?

Mäuse fangen als Unterrichtsprojekt

Im August 1916 wird von Max Oettli, Biologielehrer in Steckborn am Bodensee und Co-Schriftleiter der Mitteilungen empfohlen: «In diesem Mäusejahr... oder werden nur wir am Untersee schier aufgefressen?... darf vielleicht als lohnende Ferienarbeit empfohlen werden, sich im Fang von Feldmäusen, Erdmäusen (*Arvicola agrestis*) und Schärmäusen (*Arvicola amphibius*), zu üben. Schnapp- und Drahtfallen werden für ein paar Rappen in der Eisenwarenhandlung besorgt und ein Bauer kann in die Verwendung einführen; wir kommen aber mit einiger Jagdlust auch allein zum Ziele. Die Muskeln der wühlenden Mäuse werden dann in einer vergleichenden Sektion mit denen von grabenden Maulwürfen verglichen.»

Arbeiten des Monats

Wühlende Mäuse und Maulwurf.

In diesem Mäusejahr... oder werden nur wir am Untersee schier aufgefressen?... darf vielleicht als lohnende Ferienarbeit

Bild 3: Mäuse fangen für den Unterricht und als lohnende Ferienarbeit im August 1916 am Untersee

«Monatliche Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer» 1916/17
(Fortsetzung)

Jahresversammlungen

Im Juni wird die Jahresversammlung 1916 vom Präsidenten Dr. W. Brenner (Grenzacherstrasse 71, Basel), voraussichtlich für den 7./8. Oktober (Samstag und Sonntag!) angekündigt und Anregungen werden erbeten. Sie wurde dann im September auf den (unterrichtsfreien) Sonntag, 8. Oktober festgelegt. Neben den «geschäftlichen Angelegenheiten» wie Jahresberichte und Wahlen wurde «Die Frage des naturwissenschaftlichen Lehrmittels an den unteren Klassen der Mittelschulen» diskutiert und dann sollen die Teilnehmenden «mit physikalisch-chemischen Demonstrationen erfreut» werden. Im Anschluss daran soll sich der Schweizerische Gymnasiallehrerverein dem Thema 'Nationale Erziehung und Mittelschulreform' widmen. Über den Inhalt der Reform wird nicht berichtet. September 1916, S. 75.

Die Jahresversammlung 1917 wird in der Septemбераusgabe 1917, S. 88, für den 6./7. Oktober angekündigt: «Das Programm ist noch nicht definitiv abgeschlossen. Zwei praktische Themata werden uns jedenfalls beschäftigen: Das chemische Praktikum und der Schulgarten.»

12

Repair Café

Zur Abdichtung von kleinen Sprüngen in Glas- und Porzellangefässen sowie Aquarien wird das Vorgehen mit Kautschuklösung im Aprilheft 1916 auf S. 30 beschrieben. Reparieren und Wiederverwerten ist ein häufiges Thema: Versuche mit ausgedienten elektrischen Glühbirnen, welche vom Abschmelzen noch eine Spitze hatten, werden im August 1918 auf S. 82 beschrieben. Durch Abbrechen der Spitze in der Luft oder in Wasser kann das Vakuum gezeigt, durch Wägen vor- und nach dem Abbrechen der Glasspitze die Luftmasse in der Glühbirne und durch Auffüllen mit Wasser das Volumen und damit die Dichte der Luft bestimmt werden.

Lehrmittel für den Unterricht

waren an der Jahresversammlung 1916 und in den Mitteilungen ein Thema: Im April 1917 steht dazu auf S. 34 bzw. 38 (Parallelnummerierung!) in einem Artikel von G. v. Burg (Bezirksschule Olten): «Es besteht immer noch kein Werk, welches alle oder auch nur einen Grossteil der Lehrer der Naturkunde befriedigen vermag. (...) Nachdem ich jahrelang den besten Weg geprüft habe, übergebe ich im nächsten Frühjahr einen Leitfaden dem Drucke, der den Schülern endlich die Schreibe ersparen soll. (...) Klar, dass der Lehrer den Gegenstand im Unterricht nach der Junge-Schmeil'schen modernen Methode entwickeln muss. Die Schüler sind hiezu aber ausserstande und müssen auf einfacherer Grundlage aufbauen können. Mein Leitfaden ist demnach ein Rekapitulations- und Repetitionsbuch.» Die beiden innovativen Biologie-didaktiker Junge und Schmeil brachten anfangs des 20. Jahrhunderts den Biologieunterricht weg von rein morphologischen Betrachtungen: Friedrich Junge mit dem Blick auf ganze 'Lebensgemeinschaften' und Otto Schmeil mit dem entdeckenden Blick auf Zusammenhänge zwischen Morphologie und Funktion.

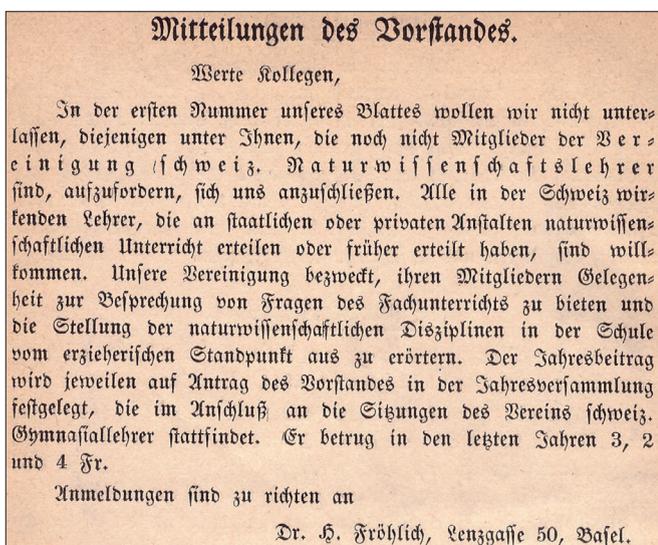


Bild 4: Aufruf für neue Mitglieder im Februar 1916. Immer noch aktuell!

Didaktische Überlegungen zur Gestaltung eines Lehrmittels

G. v. Burg (Bezirksschule Olten) im April 1917, S. 34/38: «Ueber die darin (d. h. in seinem Lehrmittel) niedergelegten methodischen Grundsätze möchte ich einleitend bemerken, dass trotz aller Einwände der Deutschlehrer ein Leitfaden, der in ganzen Sätzen zu den Schülern spricht, verfehlt ist. Dieses gilt ganz besonders für den Fall, dass das Buch auch an Mädchen- oder gemischten Schulen verwendet werden soll. Ich sehe es als grösste Gefahr für den naturkundlichen Unterricht an, dass die Schüler, statt bei der Entwicklung der Aufgabe Auge und Ohr zu sein, sich auf den Inhalt ihres Buches verlassen und nicht aufpassen. Somit wäre eigentlich das Ideal: gar kein Leitfaden! Sicherlich! Nur ist zu bedenken, dass in diesem Fall den Schülern etwas diktiert werden muss, ohne das geht es nicht. Dann muss berücksichtigt werden, dass viele Lehrer der Naturgeschichte dieses Fach nicht aus Freude und Berufung erteilen, sondern weil es ihnen zugeteilt worden ist. Diese haben ein Lehrmittel dringend nötig.» Bekannte Worte zu möglichen Funktionen von Lehrmitteln: Mit unvollständigen Texten die Teilnahme verbessern und fachlich unsichere Lehrer stützen.

Über die Illustration eines Lehrmittels zu Naturkunde.

G. v. Burg (Bezirksschule Olten) im April 1917, S. 34/38: «Die Abbildung im Buche verwerfe ich. 'Das Bild tötet die Phantasie' sagt Goethe. Und die Aufmerksamkeit, wage ich hinzuzufügen. Das Buch ist mit leeren Blättern durchschossen, (auf denen) alles, was sich im Botanikunterricht zeichnen lässt, gezeichnet wird, schematisch, nach Natur oder nach einfachem Tafelbild. Doch genügen dies vollkommen; die Schüler müssen sich also einlässlich mit dem gezeichneten Gegenstand (welcher soweit irgend möglich vorliegen soll) befassen und können. Ohne solches zu tun, können sie die Zeichnung nicht richtig nachzeichnen». Lernen durch selber zeichnen.

Deutsche Fachausdrücke im Biologieunterricht

fördern, ausser sie provozieren Fragen, die uns peinlich sind. In einem Artikel in der Augustausgabe 1916 wird S. 67 für den Gebrauch deutscher Fachausdrücke gegenüber Fremdwörtern geworben: «Kerbtiere oder Kerf statt Insekten, Lurche statt Amphibien und Kriechtiere statt Reptilien, so könne auch das Bewusstsein für die deutsche Sprache und Herkunft der Namen geschärft werden.» Mit Genugtuung wird festgestellt, dass an anderen Orten sogar schweizerdeutsche Begriffe in Fachsprachen eingegangen seien, so Nagelfluh (Fluh schweizerdeutsch für Fels) oder Flysch (Flysch, früher im Simmental verwendeter Ausdruck für Gesteinssplitter). Nur beim Begriff Säugetier, zu denen bekanntlicherweise auch der Mensch gehört, rät der Autor «Mammalia» oder «Haartiere» zu verwenden, weil: «Ferner kann man sich bei der Erklärung des Wortes «Säugetiere» leicht Fragen aussetzen, die durchaus nicht böse gemeint zu sein brauchen, ja von dem jungen Fragesteller meist selbst in ihrer Tragweite nicht erkannt werden, deren Beantwortung vor einer ganzen Klasse aber doch an den Lehrer in Bezug auf Geistesgegenwart ziemliche Anforderungen stellen kann. Gewiss bieten ja solche Vorkommnisse für einen ernsten und taktvollen Lehrer keine unübersteiglichen Schwierigkeiten; aber wozu die Geister rufen?» Weitere Ausführungen zu den Geistern folgen keine, taktvoll gegenüber dem Leser.

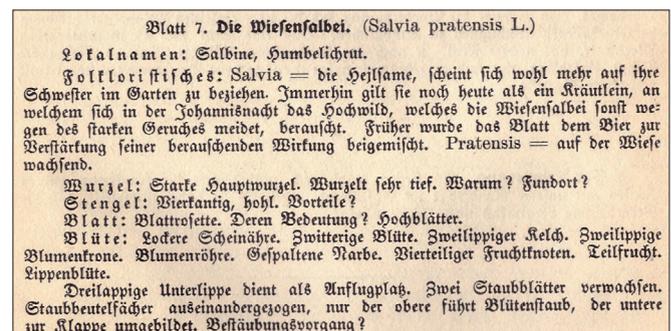


Bild 5: Auszug «Die Wiesensalbei.» aus dem oben besprochenen Botanik-Lehrmittel. Für Skizzen und Antworten auf die lenkenden Fragen enthält es leere Zwischenseiten

«Monatliche Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer» 1916/17
(Fortsetzung)

Weiterbildungskurs

Vom 8. bis 15. Oktober 1916 veranstaltete die Schweizerische Pädagogische Gesellschaft einen Ferienkurs im Hotel 'Beatushöhlen' am Thunersee mit vormittäglichen Vorträgen zur Psychoanalyse, zur Gedichterklärung, zu Psychologischem von Schulkindern, zum Geschichtsunterricht, zu Lehrern und Kirche und zur Heiligen Schrift. Den Naturwissenschaften war der «Dienstag ab 11 Uhr» eingeräumt mit der Fragestellung: Wie bringen wir die Natur in die Schulstube hinein?». An den Nachmittagen waren «Aussprachen» vorgesehen und am Abend Unterhaltung. Alles inklusive kostet der Kurs 55 Fr. (Oktober 1916).

14

Molekular- und Atomhypothese

mit Anschauungsmaterial: Zehn Jahr nach Einsteins Publikation von 1905: «Zur Erklärung der Brownschen Bewegung: Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen», welche in der Physik zu einer Akzeptanz von Atomen als physikalische Realität geführt hat, werden im Dezember 1916 fachdidaktische Vorschläge zur Molekularhypothese von Avogadro und der Atomhypothese von Dalton gemacht. Dazu wird zur Anschauung ein selbstgebautes Litervolumen aus 5 Glasplatten vorgeschlagen mit H₂-, Cl₂- und HCl-Teilchen, um den Avogadrosatz zu illustrieren. Das Material konnte als Bausatz bestellt werden. Ein erster VSN-Shop!

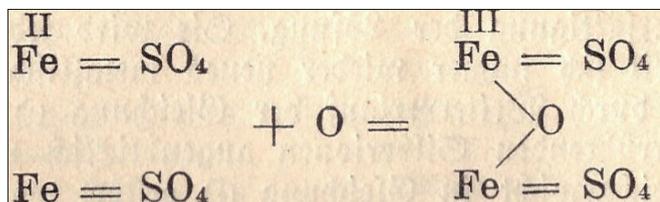


Bild 7: Die Formelschreibweise berücksichtigte noch nicht alle Entdeckungen der Ionentheorie, hier bei der Oxidation von Eisen(II)sulfat zu Eisen(III)oxidsulfat in einem Artikel über Photographie im Oktober 1917.



Bild 6a: Nur Hypothesen? Moleküle nach der Avogadro'schen Regel und Atome nach Dalton

Das seinerzeit bestellte Modell zur Erklärung der Avogadro'schen-Regel wird den Bestellern bald zukommen. Schuld an der Verzögerung ist die in der Kriegszeit ausserordentlich schwierige Materialbeschaffung. Rt.

Bild 6b: Im September 1917 (S. 217/85) wurde die Auslieferung des Modells zum Avogadrosatz angekündigt: «Das seinerzeit bestellte Modell zur Erklärung der Avogadroschen Regel wird den Bestellern bald zukommen. Schuld an der Verzögerung ist die in der Kriegszeit ausserordentlich schwierige Materialbeschaffung.»

Die Synthese des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff nach Haber wird im Großen dadurch erreicht, daß man ein Gemisch von 1 Teil Wasserstoff und 3 Teilen Stickstoff unter 200 Atm. Druck bei 500° über Katalysatoren leitet. Näheres darüber erfährt man u. a. aus einem interessanten Bericht von Doermer in den Monatsheften f. d. naturw. Unterricht, Bd. VI, S. 5 (1913, S. 271).

Bild 8: Die Ammoniaksynthese nach Haber hält Einzug in den Chemieunterricht (Juli 1918)

Zwei Urteile.
 Prof. X. Y.: „Na, weist Du, Dein Artikel über das Sammeln von Bildern (1/12) gehört schon eher in ein Blatt für Kindergärtnerinnen.“
 Dr. Y. X.: „Ich gratuliere Ihnen zu dem Artikel über das Sammeln von Bildern ... Vielleicht könnte man auch einmal einen Austausch von doppelten Bildern anregen.“

Bild 9: In der März 1917 reagieren zwei anonym gehaltenen Personen unter dem Titel «Zwei Urteile» kontrovers auf den Artikel zum Bildersammeln: Prof. X.Y.: «Na, weisst Du, Dein Artikel über das Sammeln von Bildern (1/12) gehört schon eher in ein Blatt für Kindergärtnerinnen.» und Dr. Y. X. «Ich gratuliere Ihnen zu dem Artikel über das Sammeln von Bildern ... Vielleicht könnte man auch einmal einen Austausch von doppelten Bildern anregen».

Zeitgenössische Chemie

wird im Juliheft 1918 (S.71/183) mit Erklärungen zur Synthese des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff nach Haber erläutert mit einer sehr genauen praktischen Anleitung, wie man kleine Mengen von Ammoniak aus Wasser- und Stickstoff im Labor herstellen und nachweisen kann

15

Medieneinsatz im Unterricht

Viel diskutiert wird in den ersten Heften Anschauungsmaterial direkt aus der Natur. Ein Autor schreibt im Dezember 1916 (S. 438/106) aber auch, wie man den Unterricht bildhafter gestalten kann: «Vom Sammeln und Verwerten von Bildern». Er legt Bilder von zugesandten Reklameblättchen, die ihm für den Unterricht geeignet erschienen, ab. So hatte er aber schnell dick gefüllte, ungeordnete und nicht mehr brauchbare Mappen: «Aber ich sammelte weiter ..., schon deshalb, weil meine 5 Töchter kaum mit einer anderen Beschäftigung so leicht in corpore zu beschäftigen sind, als damit, dass ich ihnen solche im Drucktexten eingeschaltete Reklamebilder zum Ausschneiden übergebe. Wenn sie «brav sind», dürfen sie sogar einzelne Bilder mit zwei Kleistertröpfchen lose auf festes, farbiges Papier aufkleben.» Mit neuen Medien beschäftigen sich Kinder gerne... Schön, auch im «c+b» heute, wenn gewagt wird, von persönlichen Erfahrungen zu berichten, die aber auch kontrovers diskutiert werden dürfen.

Weitere Musterchen in den nächsten Ausgaben

Auf den Aufruf nach früheren Jahrgängen des "c+b" und Euren Erinnerungen im letzten Heft habe ich einige Rückmeldungen erhalten, welche bis in die 1970er Jahre zurückgehen. Vielen Dank! Vielleicht wäre ein Rückblick auf die Themen dieser Jahre einmal ebenso interessant. Weitere Rückmeldungen und Hinweise auf frühere Jahrgänge sind immer noch erwünscht.

Klemens Koch, Präsident VSN,
 klemens.koch@gbsl.ch

International Chemistry Olympiads

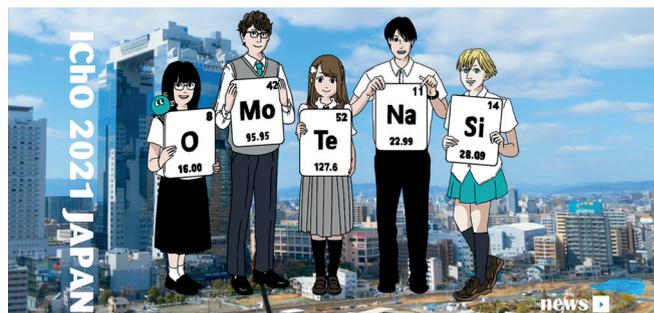
Text: Maurice Cosandey

16

International Chemistry Olympiads (IChO) are chemistry competitions made for high school students, provided they are under 20 years old, and not registered in a tertiary institution. IChOs are organized each year in a different country and last about one week. There are two sorts of exams, a theoretical examination and some tests in the lab. Both last usually 5 hours. For each part of the competition, the students get points according to a grading scheme. At the end, the points are added, and the best are receiving gold, silver or bronze medals. Each country may send four students, that they selected with their proper procedure during the year preceding the Olympiad.

The last IChO took place in Thailand 2017, Prague 2018 and Paris 2019. In 2020 it should have been held in Istanbul. But the competition was restricted to a theoretical one and it had to be carried out online because of the coronavirus pandemic. The next will be held in Japan.

The first Olympiad took place in Prag 1968, during the famous Prague spring, where Czechoslovakia tried to become independent from the USSR. It was organized by teachers from the three countries Poland, Czechoslovakia and Hungary, in an attempt to create a local activity in the Eastern block without the USSR. It was a great success and repeated in 1969 in Poland. But the Russians heard about this «unfriendly» organization, and Moscow decided to cancel this competition in 1970. But the Kremlin changed its mind in 1971 and organized an Olympiad in Leningrad in 1971. The other countries from the Eastern block were invited, namely also Romania, Bulgaria and Eastern Germany. It worked well. In the following years, these countries took turns in setting up their own International Chemical Olympiad. In 1979, it was Romania's turn. At this time, Romania was trying to take independent initiatives. So they decided to invite neutral nations like Sweden, Switzerland and Austria. Delegates from Sweden and Austria came to Bucharest, but they were not specially trained and they finished at the bottom of the list. It was a triumph for the Eastern block. Well! The Swedes and Austrians came back in the following years with trained students, and started to win medals. Then, gradually, all countries from Europe were invited and participated. Switzerland took some years to react, because



all invitations were sent to the National Ministry of Education. And of course, there is no such a minister in Switzerland. Anyway, the first Swiss Olympic team participated in the IChO in 1987. Presently about 80 countries from all over the world send delegations.

The Swiss selection process is organized in three rounds. The first round is a series of multiple choice questions available online during the autumn of the preceding year. The interested students may fill out the test documents at school or at home. The fifty best students are then invited to take part in the 2nd round : a national exam taking place in January at the Bern University. This exam is made of a series of problems to be solved by the 50 participants on paper. At the end of this exam, the sixteen best candidates are selected and invited to proceed to the 3rd round. The 3rd round takes place at the end of the Easter week. During this week the sixteen selected candidates are invited to the ETHZ to adapt their knowledge to the Olympic standards as defined by the organizing country. They participate in theory courses in the morning and lab work in the afternoon. On the last day, they have a 4 hours written exam and a 3 hours lab exercise, the result of which determines the four best candidates, who will be the Swiss team at the IChO.

Since 1987, Switzerland has taken part in all IChOs. After 33 years of participation, we can take stock of this long story: Our country has obtained 2 gold medals, 5 silver medals, and 27 bronze medals. This is on average one bronze medal per year, if the first years are not taken into account. Despite these mixed results, all members of the Swiss teams kept the best memory of their training and participation to the IChO. Even those who were not chosen to be in the final team were enthusiastic about the possibility offered to develop their skills and knowledge in chemistry. Usually the selected candidates are among the best in their classes, and they often practice chemistry at home in their own labs. They usually have studied chemistry alone by reading books at home and are sometimes bored in their classes, but flourish once being allowed to practice advanced chemistry with peers.

I remember once having heard a student proposing to use a derivative of naphthalene as pH indicator. When I told

him that I did not have this substance in the lab, he answered: «Well, why not synthesize it with naphthole and sulfuric acid. At 180°C, the substitution will be in alpha position.» He tried and unfortunately obtained a dark mixture of probably several isomers. Instead of losing time purifying it, he used it as obtained. Well, at the equivalence point, the change of color was from a sort of gray to another greyish tint. He was enthusiastic! He had succeeded!

The year 2023 will be an important step for the Swiss participation at the IChO. In 2023, our country will organize an International Chemistry Olympiad at the Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ). This requires a huge organization. We will have to host about 300 students from about 75 countries for 8 days, with their mentors, at least two per country. We will have to cover all their expenses, and find one guide per country who knows both our country and the language of the invited country. The budget will be higher than 2 Mio. We will also need voluntary people to help accompany those people to the restaurants, to the buses, to the labs and to their rooms. If you feel ready to spend a couple of days in July 2023, do not hesitate to get in touch with us, at the following address :

chemistry@olympiad.ch.

Maurice Cosandey, maurice.cosandey@bluewin.ch



Material for the participants at the IChO 2019 practical exam

Neuigkeiten aus Biologie, Chemie und anderen Wissenschaften

Texte: Klemens Koch

Hefe kann mit Schwefelwasserstoff Schwermetalle aus Abwasser entfernen

Hefe ist ein immer wieder faszinierender Organismus. Schülerinnen und Schüler können auch zuhause interessante Experimente durchführen, Hefe kultivieren oder aus Wildhefe züchten (vgl. z. B. <https://www.swissmilk.ch/de/rezeptekochideen/tipps-tricks/hefe-selber-machen-hefewasser/>).

18

Aus der Weinproduktion ist bekannt, dass Hefe auch Schwefelwasserstoff produzieren. Das ist aber wegen des Geruchs unerwünscht und die Hefestämme werden entsprechend selektiert. Forscher fanden und züchteten nun einen Stamm, der effizient Sulfat zu Schwefelwasserstoff reduziert. Damit wurden Minenabwässer in Kanada zu über 85% «gereinigt», d. h. Schwermetallionen als Sulfide ausgefällt. Es gibt bereits jetzt etablierte und effiziente Verfahren mit Schwefelwasserstoff produzierenden Bakterien, nur sind diese schwierig zu kultivieren. Hefe kann als Trockenhefe aufbewahrt und schnell vermehrt werden. So kann bei Schwermetallkontamination schnell und effizient reagiert werden.

Chemistry World, April 2020, p. 41. G L Sun, E E Reynolds an A M Belcher, Nat. Sustainability, 2020, DOI: 10.1038/s41893-020-0478-9.



Ein populäre Wissenschafts-Youtuberin: Mai Thi Nguyen-Kim

Die promovierte Chemikerin Mai Thi Nguyen-Kim schreibt auf ihrem in Deutschland sehr populären (!) Youtube-Kanal MaiLab (<https://www.youtube.com/channel/UCyHDQ5C6z1NDmJ4g6SerW8g>) nicht nur einen Liebesbrief an die Wissenschaft und wie man ihren Namen korrekt ausspricht, sondern vor allem Beiträge zu wissenschaftlichen Sachverhalten: vom Verlauf der COVID-19-Pandemie, über die Nichtwirksamkeit der Homöopathie bis zur Problematik von Kokosöl. Die Videos sind auch für Schülerinnen und Schüler gut zugänglich, eines davon beschäftigt sich immer wieder falsch-positiv anzeigenden Stoffen in der Wirkstoffforschung (vgl. rechts) Dr. Mai Thi Nguyen-Kim erklärt die Problematik anhand von Curcuma: <https://www.youtube.com/watch?v=TjqhsbGUoJw>.

Sie hat auch ein Buch «Komisch, alles chemisch» für ein (sehr) allgemeines Publikum geschrieben und moderiert im WDR-Magazin «Quarks».



Vielversprechende Wirkstoffe - viel begangene Sackgassen vermeiden!

Die Suche nach Wirkstoffen ist ein aktuelles, sehr populäres aber nicht einfaches Thema. Wenn ein Protein oder DNA beeinflusst werden soll, werden Stoffe gesucht, die daran binden und die Aktivität beeinflussen. In einem typischen Screening werden Tausende von Substanzen getestet und 'Hits' werden zu Werkzeugen, um eine Krankheit zu studieren und vielleicht der erste Schritt zu einem Heilmittel.

Aber viele 'Hits' sind Artefakte, weil ihre Aktivität nicht auf einen spezifischen wirkstoffähnlichen Effekt zwischen untersuchtem Molekül und Bio-Molekül beruht. Ein richtiger Wirkstoff hemmt oder aktiviert ein Biomolekül, indem es zu einer Bindungsstelle passt. Bei Artefakten gibt es andere Reaktivitäten, welche in verschiedenartigen Screenings wirkstoffähnliche Bindungen vortäuschen.

Das gibt immer wieder falsch positive Resultate, bindet Forschungskapazität, erzeugt Publikationen, welche sich später als gegenstandslos erweisen und oder als Legende in «Urbanen Mythen» über potenzielle Wirkstoffe weiterleben oder noch schlimmer, sie konkurrenzieren wirksame Therapien.

Diese Moleküle (Pan-Assay Interference Compounds PAINS) umfassen bestimmte Strukturklassen und wurden nun in einem Nature-Artikel untersucht auf die Frage hin, mit welchem Mechanismus sie bei verschiedenen Screenings immer Hoffnung wecken. Sie sind im Cartoon «Worst offenders» mit ihrer falsch-positiven Wirkung zusammengestellt:

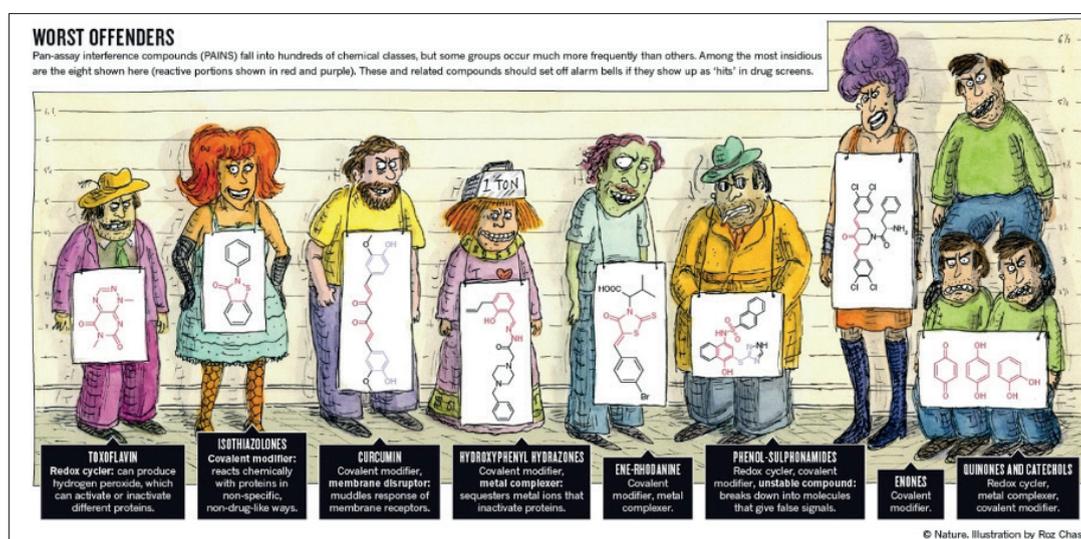


Abbildung von Roz Chast «Worst offenders»:

Nature 513, 481–483 (25 September 2014) doi:10.1038/513481a

<https://www.nature.com/news/chemistry-chemical-con-artists-foil-drug-discovery-1.15991>



20

Metall-Komplexe: Neue Hoffnung für Antibiotika

906 metallhaltige Verbindungen zeigten in einer Untersuchung eine erstaunlich hohe Trefferquote antibiotischer Wirksamkeit verglichen mit organischen Molekülen. Klassische Screening-Verfahren variieren die Substanzen entsprechend bestimmter Regeln, was bei Antibiotika zu stark einschränkt. Die Frage ist hier: Was kann den Bakterien schaden? Umgekehrt ist es wichtig, das Verhalten der Metallkomplexe in unserem Körper genau zu kennen. Ligandenaustausch, katalytische Aktivität und die Produktion reaktiver Sekundärspezies sind neue Reaktivitäten, gegen die Bakterien vielleicht schwieriger Resistenzen entwickeln können, wir aber auch vertragen müssen. In einer ersten Untersuchung wurden Substanzen als nicht-toxisch ausgewählt, die auch in den höchsten eingesetzten Konzentrationen weder zytotoxisch noch hämolytisch aktiv waren.

Chemistry World, April 2020. A Frei et al., Chem. Sci., 2020, 11, 2627, DOI : 10.1039/c9sc06460e

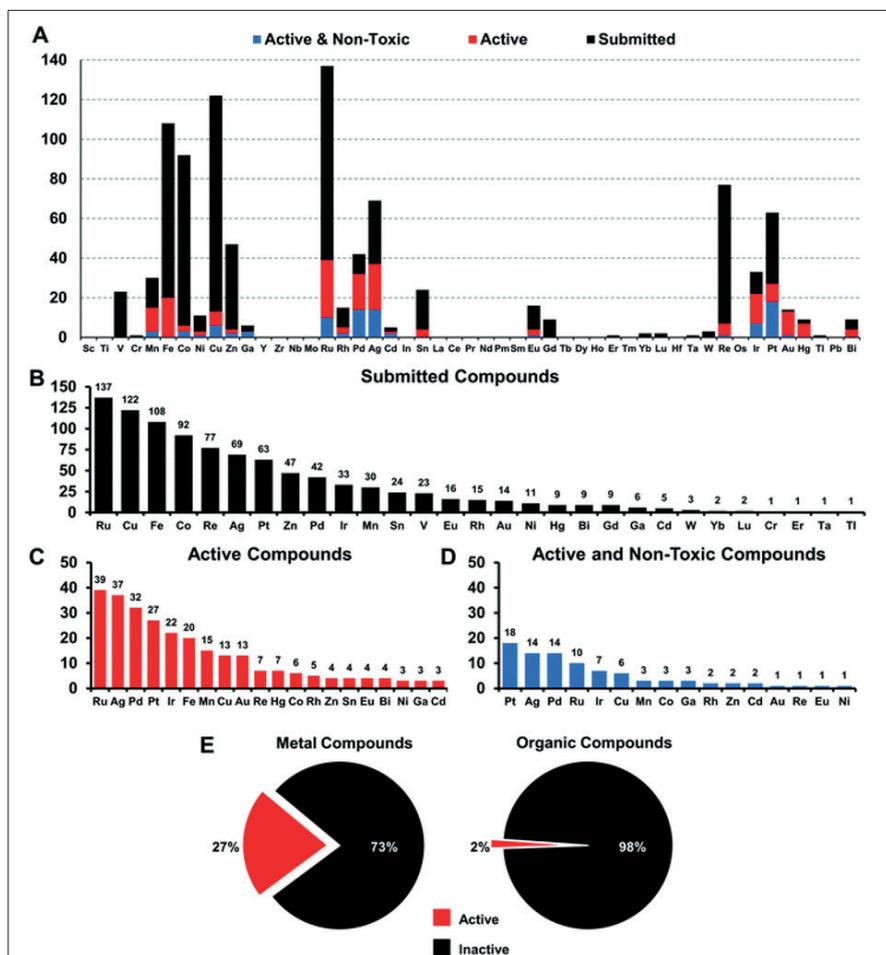


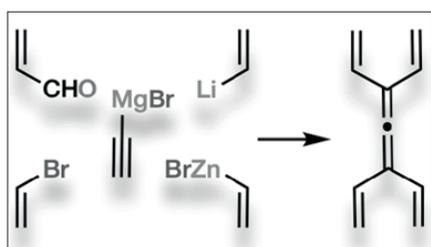
Abbildung:

- (A) Metalle in den 906 untersuchten Verbindungen. 88 der 246 wurde als nicht-toxisch ausgewählt.
- (B) Metalle in den 906 Verbindungen nach Häufigkeit des Vorkommens geordnet.
- (C) Häufigkeit bei den 246 aktiven Metallkomplexen.
- (D). Häufigkeit bei den 88 aktiven und nicht-toxischen Metallkomplexen.
- (E) Vergleich der antimikrobiellen Aktivität zwischen Metallkomplexen und rein organischen Verbindungen.

Quelle : <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/sc/c9sc06460e> (20.5.20)

Published by The Royal Society of Chemistry (RSC)





Tetravinylallen

Eine australische Gruppe hat das doppelbindungsreichste und deswegen auch sehr reaktive Molekül Tetravinylallen in sechs Schritten synthetisiert. Die Verknüpfungsreaktionen basieren alle auf der passenden Polarisierung von C-Atomen. Mit diesem reaktiven Kohlenwasserstoff können Moleküle mit komplexen Ringsystemen nun einfacher aufgebaut werden

Chemistry World, October 2019. C Elgindy et al, Angew. Chem., Int. Ed., 2019, DOI: 10.1002/anie.201908496



Munchs «Der Schrei» - Ausbleichen nicht wegen UV-Strahlen, sondern wegen Feuchtigkeit

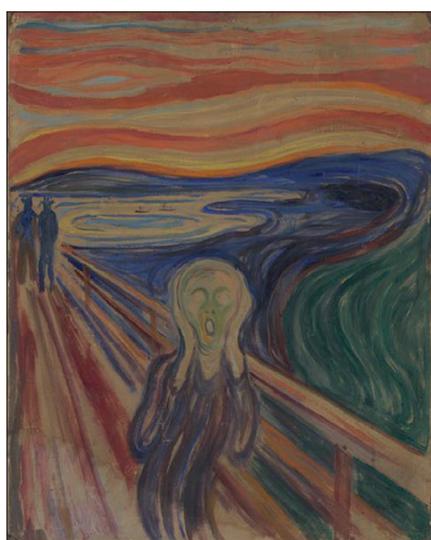


Foto: *The Scream* (1910?), Munch Museum, Oslo; catalogue n. Woll.M.896 . Irina Crina Anca Sandu and Eva Storevik Tveit/Munch Museum

Viele Bilder mit organischen Pigmenten werden vor intensivem Licht geschützt, UV-Strahlung kann Farbstoffmoleküle zerstören. Die hellgelben Farben in Edvard Munch's Gemälde «Der Schrei» bleichen gemäss chemische Analysen aber durch Feuchtigkeit aus. Munch malte verschiedene Versionen des Schreis: Das auf 1910 datierte Bild wird kaum mehr in der Öffentlichkeit gezeigt, nachdem es 2004 im Munch-Museum in Oslo gestohlen und zwei Jahre später mit geringen Wasserschäden wiedergefunden wurde. Es wird seither in kontrollierter Atmosphäre bei 18°C und 50% relativer Luftfeuchtigkeit im Dunkeln aufbewahrt. Trotzdem gibt es Stellen, wo die Farbe abblättert und ausbleicht.

Die gelben Stellen sind mit anorganischen Cadmiumsulfid-Pigmenten (= Cadmiumgelb) gemalt und davon ist die Oxidation zu farblosem Cadmiumsulfat bekannt. Diese Oxidation wird z. B. bei Vincent van Gogh's Bildern durch Licht gefördert. Beim «Schrei» zeigten jetzt aber röntgenmikrospektroskopische Untersuchungen, dass die Feuchtigkeit die Oxidation fördert. In der Nähe des zersetzten Cadmiumsulfids wurden oxidierte Schwefelverbindungen wie Sulfat und verschiedene Sulfite gefunden, deren Bildung auf die Feuchtigkeit zurückgeführt werden könne. Für die Aufbewahrung des Bildes wird nun eine relative Luftfeuchtigkeit unter 45% empfohlen.

Chemistry World, May 2020, L Monico et al, Sci. Adv., 2020, 6, eaay3514 (DOI: 10.1126/sciadv.aay3514)



Richard R. Ernst - Nobelpreisträger aus Winterthur

Autobiografie, in Zusammenarbeit mit Matthias Meili, Hier und Jetzt Verlag, 2020

Text: Juraj Lipscher

22

Einem Autor mit Ambitionen stehen zur Einführung eines Textes zwei Wege offen. «Schon die alten Griechen ...» stellt das eine bewährte Entrée dar. Der zweite, nicht minder bewährte Eröffnungsgambit, besteht darin, einen persönlichen Bezug zu der erörterten Materie herzustellen, also etwa: «Als ich im Jahre ...».

Als ich im Jahre 1994 eine Exkursion an die ETH Zürich mit den Schülerinnen und Schülern des Wahlfachkurses «Moderne und modernste Methoden der Chemie» leitete, erzählte uns Richard Ernst, damals bereits Nobelpreisträger, von einem alten Klavier, bei dem eine Taste nicht mehr funktioniert. «Möchte man die stumme Taste identifizieren», sagte er, «so kann man eine Taste nach der anderen anschlagen, bis man die stumme Taste findet». «Schneller kann man jedoch verfahren, wenn man alle Tasten gleichzeitig anschlägt und in der resultierenden Kakophonie (mit gutem Musikgehör) den fehlenden Ton identifiziert». So erklärte er uns den Unterschied zwischen der klassischen und der Fourier-Transformation-Spektroskopie und führte uns vor, dass auch ein Professor für Physikalische Chemie und Nobelpreisträger ein guter Lehrer sein kann. Und nebenbei notiert, diese Analogie fand ich auch im vorliegenden Buch.

Eines steht fest: Für uns Chemielehrkräfte ist die Lektüre dieses Buches besonders wertvoll. Der Insider-Blick auf den Lehrbetrieb, die Forschung und auch die Intrigen an

der ETH Zürich in den fünfziger Jahren als Richard Ernst seine Doktorarbeit bei Hans Primas in Angriff nahm, und dann in den späten sechziger und siebziger Jahren als er von H.H. Günthard als Assistent angestellt worden war und später Professor für Physikalische Chemie wurde, ist für uns lehrreich und spannend.

Die erste bedeutende Station in der wissenschaftlichen Laufbahn von Richard Ernst sind die fruchtbaren und glücklichen Jahre bei der Firma Varian in Palo Alto, wo er unter anderem Felix Bloch, den Entdecker der NMR-Spektroskopie, trifft und die ersten wichtigen Entdeckungen zu der Fourier-Transformation der NMR-Signale macht.

Die Rückkehr an die ETH ist von Frustrationen und Enttäuschungen geprägt, Richard Ernst kämpft mit dem schlechten Verhältnis zu H.H. Günthard, dem Vorsteher des Physikalisch-Chemischen Instituts, seine Ideen werden entweder nicht akzeptiert oder nicht beachtet. Seine wissenschaftliche Laufbahn macht nur wenige Fortschritte und er versinkt in der Arbeit, welche ihm die Verantwortung für den Gerätepark des Instituts beschert. Doch sein Wille und sein Durchhaltevermögen tragen allmählich Früchte, er erhält den begehrten Ruzicka-Preis und wird Assistenzprofessor, was ihm erlaubt, Doktoranden anzustellen und eigene Forschung zu betreiben.

Der zweite Durchbruch gelingt Richard Ernst anfangs der siebziger

Jahre, als einer seinen Doktoranden aus der Sommerschule für Jungforscher zurückkehrt und über den Vortrag des belgischen Physikers Jean Jeener berichtet. Richard Ernst nimmt die Ideen Jeeners auf und so beginnt die Entwicklung der zweidimensionalen NMR-Spektroskopie. Die Anregung der Atomkerne mit zwei aufeinander folgenden Pulsen führt zu komplexen Reaktionen der Kerne, in denen der Musikliebhaber Ernst Ähnlichkeiten zu den Harmonien und Disharmonien in der Musik erkennt. Dies hilft ihm, das Potential dieser Methode zur Untersuchung grosser Moleküle zu erkennen, bei denen die konventionellen NMR-Spektren so komplex sind, dass man sie nur schwierig interpretieren kann.

Etwas zur gleichen Zeit kehrt auch Kurt Wüthrich aus den USA an die ETH zurück, wird zum Assistenzprofessor und fängt mit der Erforschung der Biomoleküle an. Die folgenden Buchseiten machen uns zu Zeugen der Hochs und Tiefs, welche die Zusammenarbeit, den Konkurrenzkampf und die zwischenmenschlichen Beziehungen der beiden zukünftigen Nobelpreisträger geprägt haben.

An dem von Wüthrich organisierten internationalen Kongress über Magnetresonanz in biologischen Systemen in Kandersteg stellt Richard Ernst seine ersten Ergebnisse im Bereich der zweidimensionalen NMR-Spektroskopie vor. Das von ihm entwickelte Verfahren ebnet den Weg zur Untersuchung der räumlichen Struktur von Proteinen und später zu allen heute



gängigen bildgebenden medizinischen Anwendungen. «Das war das Ende meines persönlichen dunklen Mittelalters» schreibt Richard Ernst in seiner Autobiografie.

Es folgen Preise, Anerkennungen und die auf das dunkle Mittelalter folgende Renaissance im Leben vom Richard Ernst erfährt mit dem Nobelpreis im Jahre 1991 ihren Höhepunkt. Er lässt uns an den Feierlichkeiten in Stockholm teilhaben, sinniert über die besondere Stellung des Nobelpreises unter allen Wissenschaftspreisen und beantwortet auch die Frage, wohin das Preisgeld von 1,4 Millionen Franken geflossen ist. Wie zu erwarten war, flossen die Gelder in die Forschung, allerdings nicht im Bereich der NMR-

Spektroskopie, sondern in die Pflege und wissenschaftliche Untersuchung seiner Sammlung historischer tibetischen Rollenbilder (Thangkas).

Kunstwerke aus dem Himalaya, vornehmlich aus dem Tibet und der Mongolei, sind die zweite Leidenschaft von Richard Ernst und seiner Frau Magdalena und die Beschreibung der Geschichte ihrer Sammlung, ihrer Asienreisen und der Kunstwerke ist spannend und lesenswert. Ein Abschnitt ist mit «Ein Chemiker bleibt ein Chemiker» betitelt und gibt Einblick in die Konservierungsarbeit und naturwissenschaftliche Untersuchung der wertvollen Objekte. Richard Ernst arbeitet sich in die Maltechnik mit speziellen Pigmenten ein, besorgt sich ein

Stereomikroskop und ein Ramanspektrometer und publiziert die Ergebnisse seiner kunsthistorischen Forschung in der Angewandten Chemie.

Jede Rezension eines Buches schliesst üblicherweise mit einer Leseempfehlung und in diesem Fall fällt es mir besonders leicht, die Autobiografie des Nobelpreisträgers aus Winterthur uneingeschränkt zu empfehlen. Sie zeigt nicht nur die wissenschaftliche Karriere, sondern auch sehr viel Menschliches von Richard Ernst, ist reichhaltig mit Details und Intima der Spitzenforschung gespickt, und zu guter Letzt, ihr Schreibstil und ihre Sprache machen das Lesen zum Vergnügen.

Juraj Lipscher, September 2020

Licht Luft Ozon

Martin Läubli, nach Recherchen von Johannes Staehelin und Pierre Viatte, Haupt-Verlag, Bern 2019
Text: Hansrudolf Dütsch

24

Der 21. August 1921 ist ein entscheidendes Datum für die atmosphärische Ozonforschung: Die Hauptversammlung des Kur- und Verkehrsvereins Arosa stellt fest, dass die Einnahmen aus den Kurtaxen gesunken sind und ein Defizit von 4210 Franken und 68 Rappen resultiert. Die Versammlung beschliesst ohne Gegenstimme und ohne Diskussion, den 30-jährigen deutschen Physiker Paul Götz anzustellen. Götz, der selber an der damals in Europa grassierenden Tuberkulose erkrankt war, sollte wissenschaftlich belegen, was die Aroser intuitiv bereits wussten: Wer im Höhenklima von Arosa Ferien macht oder zur Kur weilt, tut etwas Gutes für seine Gesundheit.

Götz untersuchte zuerst die Zusammensetzung der Sonnenstrahlung, widmete sich aber bald dem Ozon. So entstand auf dem Dach des Sanatoriums Arosa das Lichtklimatische Observatorium und der Anfang der längsten Ozonmessreihe der Welt, die den Zeitraum von 1926 bis heute ohne Unterbrechung abdeckt.

Johannes Staehelin und Pierre Viatte, waren während vieler Jahre für die Ozonmessungen in Arosa verantwortlich und als Ozonforscher an der ETHZ tätig. In den letzten Jahren sammelten und interpretierten sie unzählige Dokumente über die spannende Geschichte der weltweit längsten Ozonmessreihe [1]. Dem Wissenschaftsjournalisten Martin Läubli ist es gelungen, diese Recherchen in eine fesselnde Geschichte zu verpacken. Es ist ein originell gestaltetes, reich bebildertes



Buch entstanden, das ein Stück Forschungs- und Umweltgeschichte mit vielen historisch und wissenschaftlich interessanten, auch sehr persönlichen Details erzählt.

Besonders eindrücklich beschrieben ist zum Beispiel eine mehrmonatige Expedition von Götz 1929 nach Spitzbergen. Er vermutete, dass der Ozongehalt vom Äquator Richtung Norden kontinuierlich zunimmt, ab dem 60. Breitengrad aber wieder abnimmt. Zurück in Arosa konnte er seine Messungen auswerten und entdeckte dabei den sogenannten Umkehrereffekt, mit dem die vertikale Verteilung des Ozons ermittelt werden kann. Erst zwei Jahre später teilt er diese Entdeckung seinem britischen Freund Gordon Dobson mit, der seine Theorie allerdings bezweifelt. Dobson reiste in der Folge für 6 Wochen nach Arosa, weil im trüben Oxford nicht genügend Messungen gemacht werden konnten. Die Theorie von Götz bestätigte sich und aus den gemeinsamen Messungen konnten sie ein Maximum der Ozonschicht bei 22 Kilometern ermitteln.

Weder das troposphärische noch das stratosphärische Ozon stehen gegenwärtig im Brennpunkt des öffentlichen Interesses. Das stratosphärische Ozonproblem scheint dank des Montrealer Protokolls von 1989 gelöst. Neueste Untersuchungen des ETH Forschers William Ball zeigten jedoch überraschend, dass sich das Ozon in der oberen Stratosphäre zwar erholt, in der unteren Stratosphäre aber seit Jahrzehnten kontinuierlich sinkt. Die Ursachen für diese Entwicklung sind noch ungeklärt. Ebenfalls sind die Wechselwirkungen von Klimaerwärmung und Ozonschicht aktuelle Forschungsthemen.

Das Buch von Läubli, Staehelin und Viatte bietet auch zu diesen Fragen eine Fülle von interessanten Informationen. Es zeigt aber eines ganz eindrücklich: Das Rezept für wissenschaftlichen Erfolg sind Intuition, Hartnäckigkeit und Ausdauer. Wie kommen Forscher wie Dobson, Götz und andere im frühen 20. Jahrhundert auf die Idee, täglich und während Jahrzehnten Messungen eines Gases zu machen, das sich in minimalster Menge 10 bis 50 km über unseren Köpfen befindet?

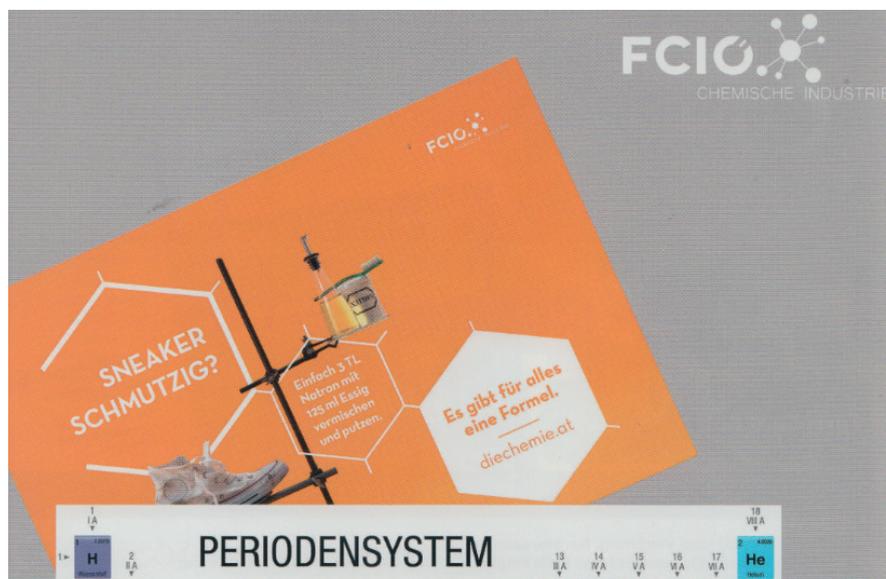
Das Buch ist spannend, beeindruckend und allen zur Lektüre sehr empfohlen.

[1] Stratospheric ozone measurements at Arosa (Switzerland): history and scientific relevance,
<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000265129>



Natron und Essig: Alleskönner

Text: Hansrudolf Dütsch



25

Werbeinserat des FCIO (Fachverband der chemischen Industrie Österreich) in der Zeitschrift Chemie und Schule, 1/2020.

Eine Anfrage beim FCIO, wie denn die Formel des Reinigungsmittels aus Natron und Essig genau laute, blieb leider unbeantwortet

Ratgeber-Tipps aus dem Internet: z.B. Natron und Essig

Text: Michael Bleichenbacher

«Aggressive chemische Reiniger und Schränke voller Putzmittel braucht kein Mensch: Mit einfachen Hausmitteln wie Essig, Zitronensäure, Soda und Natron kannst du fast alle Reinigungsmittel ersetzen.» (utopia.de) Texte mit solchen oder ähnlichen Versprechungen finden sich Dutzende unter den Treffern jeder Internet-Suche nach Natron. Das «Wundermittel Natron» wird dabei häufig für die Reinigung durch Essig «aktiviert»: «Noch effektiver (...) ist ein selbst gemachtes Scheuerpulver mit Natron, Zitronensäure und Speise-

stärke, das direkt auf die Verschmutzung gestreut werden kann. Wenn du es zusätzlich mit einem selbst gemachten Reiniger aus Zitruschalen und Essig besprühst, schäumt das Gemisch auf, so dass die Reinigungswirkung noch intensiver wird.» (www.smarticular.net) Solche Webseiten lasse ich gerne von meinen Schülerinnen und Schülern beurteilen. Es zeigt ihnen, dass sie mit dem Wissen aus dem Chemieunterricht kritische Medienkonsumenten sein können. Und wenn es sie erheitert, umso besser.

Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik

«Das unsägliche Prinzip vom Energieminimum» (Hansruedi Dütsch; c+b, 2/18) eine Entgegnung,

Text: Günter Baars

«Fürchtet euch nicht vor dem richtigen Streit», so schreibt Jochen Bittner auf der Frontseite der ZEIT vom 18. Dezember 2018 und fügt folgende Vorschläge «nicht nur fürs Familienessen» hinzu:

- 26**
1. Unterstellen Sie dem anderen keine Motive, sondern erforschen Sie sie.
 2. Begreifen Sie eine andere Meinung nicht als Angriff, sondern als Gelegenheit, die Perspektive zu erweitern.
 3. Begründen Sie Ihre Position so weit, bis Ihr Gegenüber einem Teil Ihrer Argumentation zustimmen kann.
 4. Lassen Sie übrig gebliebene unterschiedliche Bewertungen stehen und freuen Sie sich, mit dem anderen jetzt viel besser uneinig zu sein als vorher.»

In diesem Sinn setze ich mich hier mit dem Aufsatz von Hansruedi Dütsch auseinander, der sich vor allem auf das Lehrbuch von R. Deuber und mir «Chemie für das Grundlagenfach am Gymnasium» [1] bezieht. Damit möchte ich zeigen, dass der rote Faden in unserem Werk nicht alleine das Prinzip vom Energieminimum ist, sondern dass unsere Inhalte zielgerichtet auf die Gibbs-Helmholtz Gleichung und damit schlussendlich auf den 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik ausgerichtet sind.

Der Text von H. Dütsch, in dem er sich für den intensiven Gebrauch des 1. und 2. Hauptsatzes im Chemieunterricht ausspricht, war mir Anlass, wie schon beim Schreiben des Lehrbuchs, mich nochmals vertieft mit diesem Thema zu beschäftigen. In den letzten Monaten diskutierte ich deshalb mit Unidozenten sowie Kolleginnen und Kollegen aus verschiedenen Gymnasien und vertiefte mich in die Fachliteratur ([2], [3], [4]) über folgende Fragen: Wieso ist die Einheit der Entropie J/K? Worin besteht der Unterschied zwischen der spezifischen Wärmekapazität und der Entropie? Weshalb berechnet man den Wert der Entropie für eine bestimmte Temperatur mithilfe der Wärmekapazitäten? etc. Die beiden Hauptsätze sind wichtig und erlauben ein tiefes Verständnis chemischer Vorgänge. Darüber besteht kein Zweifel und ich bin mit meinem Kollegen Dütsch einer Meinung.

Was meint der Titel «Das unsägliche Prinzip vom Energieminimum» eigentlich? Was ist «unsäglich»? Ist es das Wort «Prinzip» oder das Wort «Energieminimum»? Diskussionen mit Kolleginnen und Kollegen des Fachs Deutsch ergaben, dass ein «Prinzip» natürlich (universell) gilt, aber universell gelten und trotzdem von anderen Prinzipien konkurrenziert werden kann. R. Deuber und ich haben uns dennoch entschlossen, auf den Begriff «Prinzip» in der zweiten Auflage unseres Buchs zu verzichten, nicht aber auf das Wort «Energieminimum». Das Wort «Prinzip» erscheint übrigens im vergleichbaren Kontext im Band 9 «Thermodynamik und Statistische Mechanik» der weit verbreiteten «Theoretischen Physik» von W. Greiner [4]. Hier steht, anschliessend an die Überschrift zum Kapitel 4: «Prinzip der maximalen Entropie – Prinzip der minimalen Energie».

Was Hansruedi Dütsch in seinem Aufsatz als wichtig erachtet und in unserem Lehrbuch vermisst, ist Inhalt der «Chemie für das Grundlagenfach am Gymnasium»:

- Nachdem er aus unserem Buch Folgendes zitiert: «In der Natur herrscht das Prinzip vom Energieminimum: Erreichen einer minimalen potenziellen Energie» schreibt er: «Andererseits gilt aber unbestrittenermassen der Energieerhaltungssatz bzw. der 1. Hauptsatz der Thermodynamik.» In unserem Buch steht auf Seite 26, dass die bei einer exothermen Reaktion entweichende Wärme an die Umwelt abgegeben wird und damit natürlich nicht verloren geht. Auf Seite 35 ist dann zum ersten und nicht zum letzten Mal von der Energieerhaltung die Rede.
- Dann lesen wir bei Dütsch weiter: «Es gibt viele Experimente und Beobachtungen, die ganz offensichtlich zeigen, dass die potenzielle Energie kein Minimum anstrebt.» R. Deuber und ich kommen in unserem Kapitel 12 zu genau diesem Ergebnis: «Chemische Reaktionen laufen freiwillig oder unfreiwillig ab – Enthalpie und Entropie». Wir zeigen dies an den Beispielen Verdunsten von Wasser, Lösen von Ammoniumchlorid in Wasser, die Reaktion von Cobalt(II)-chlorid mit Thionylchlorid. Wir erweitern dann die Betrachtung von chemischen Reaktionen mit der Einführung der Entropie, von der jedoch

schon im Abschnitt 1.5 unter dem Titel «Wahrscheinliche Zustände» indirekt die Rede war.

- «Da die Entropieänderung ΔS mit der Temperatur multipliziert wird, nimmt der Einfluss der Entropie mit steigender Temperatur zu.» Dieses Zitat aus unserem Buch bezeichnet H. Dütsch als irreführend, da nach seinem Verständnis «die Enthalpieänderung ΔH die entscheidende Grösse ist, welche durch Vorzeichen und Grösse die Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtslage der Reaktion bestimmt.» Auch wenn es zweifellos richtig ist, dass die frei werdende Wärme bei exothermen Reaktionen mit zunehmender Temperatur weniger gut verteilt werden kann, nimmt dadurch bei typischen Gleichgewichtsreaktionen - die nicht in jedem Fall endergonisch oder exergonisch verlaufen – der Einfluss der Systementropie ΔS zu, die ja konstant bleibt. Analog gilt dies natürlich auch für endotherme Reaktionen. Zweifellos korrekt ist dann auch unser anschliessender Satz mit der Schlussfolgerung: «Mit der Wahl der Temperatur lässt sich somit die Freiwilligkeit von Reaktionen beeinflussen.» [5] Dies zeigen wir quantitativ am Beispiel der Synthese und der Zersetzung von Wasser (Exkurs 12.5)

Für Hansruedi Dütsch ist der 2. Hauptsatz zentral. Nach meiner Erfahrung erarbeiten viele Kolleginnen und Kollegen mit ihren Klassen die Gibbs-Helmholtz Gleichung um Aussagen über die Freiwilligkeit einer Reaktion zu machen, ohne dann noch auf die freie Entropie einzugehen. R. Deuber und ich haben uns deswegen entschlossen, den Zusammenhang der Systementhalpie mit der Änderung der Umgebungsentropie als Exkurs im Abschnitt 12.6 anzubieten: «Die Enthalpie kann auch als Entropie interpretiert werden – der zweite Hauptsatz der Thermodynamik». Da die Exkurse integraler Bestandteil des Lehrbuchs sind, können alle interessierten Schülerinnen und Schüler wie auch alle Kolleginnen und Kollegen auf diesen Text problemlos im Internet beim unserem Verlag zurückgreifen.

Im Aufsatz von H. Dütsch steht kein Wort hinsichtlich der Coulomb-Kräfte. Das Universum, und damit auch unsere Welt, besteht aus elektrisch geladenen Teilchen, die miteinander wechselwirken: «Protonen und Neutronen (Bausteine: Up- und down-Quarks) sind zusammen mit den Elektronen die dominierenden Teilchen der Materie» [6]. Bei chemischen Reaktionen kommt es zur Verschiebung von Elektronen, damit zu neuen Coulomb-Kräften und folglich zu neuen Energiezuständen; quantenchemisch ausgedrückt: Bei chemischen Reaktionen erfolgt eine Änderung der Elektronendichte.

Bilden ein Proton und ein Elektron ein H-Atom, dann wird ein energetischer Zustand erreicht, der energieärmer als derjenige der beiden getrennten Teilchen ist (vgl. meine Berechnung Lit. [7]). Das Virial-Theorem, das auch für die Bildung von Elektronenpaarbindungen gilt (vgl. auch [8]), sagt aus, dass die Abnahme der potenziellen Energie doppelt so gross ist wie die Zunahme der kinetischen Energie. Daraus folgt zweifelsfrei ein Energieminimum für das H-Atom. Unser Buch enthält zahlreiche Beispiele von exothermen und endothermen Reaktionen mit der jeweiligen Begründung für den Energieumsatz mithilfe der Coulomb-Kräfte.

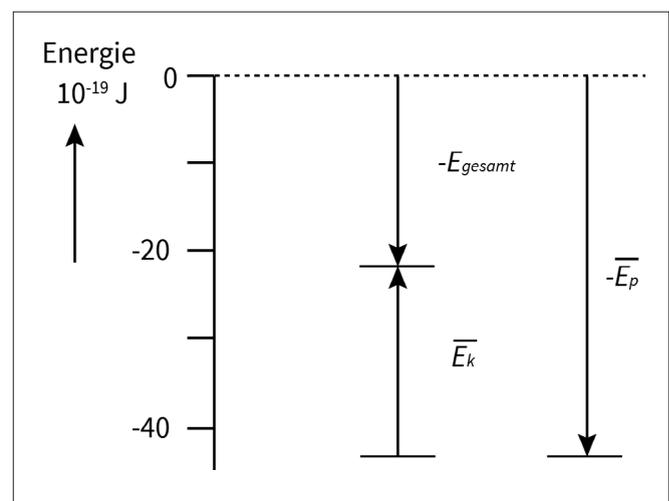


Abb. 1: Virial-Theorem am Beispiel $H^+ + e^-$

Hauptsätze der Thermodynamik
(Fortsetzung)

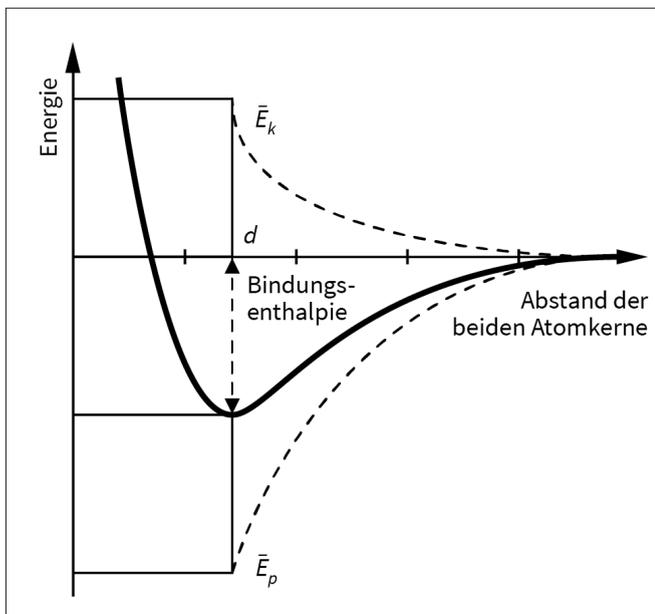


Abb. 2: Virial-Theorem am Beispiel H₂

Warum laufen chemische Reaktionen ab? Von verschiedenen Seiten höre und lese ich: „Natürlich ist die Zunahme der Entropie im Universum die treibende Kraft.“ Nehmen wir eine exotherme Reaktion. Bevor Wärme an die Umgebung abgegeben werden kann, muss es doch einen Grund geben, warum überhaupt Wärme frei wird. Die S+S müssen diesen Grund benennen und verstehen können. Natürlich kann eine exotherme Reaktion nicht ablaufen, ohne dass die Wärme an die Umgebung abgegeben wird und damit, im Fall einer exothermen Reaktion, deren Entropie erhöht. Aber ohne die Bildung von Wärme durch Erniedrigung der potenziellen Energie ist auch keine Wärmeabgabe möglich, und damit auch keine Zunahme der Umgebungsentropie.

Dass also die **Wärmeabgabe** wie auch die **Wärmeaufnahme** bei einer chemischen Reaktion stattfinden muss, damit die Entropie insgesamt zunehmen kann, schreiben auch H. Dütsch und M. Bleichenbacher in einem Folgeaufsatz im c+b «Plädoyer für die thermodynamischen Hauptsätze» [9]: «Besonders interessant wird die Anwendung der Hauptsätze auf chemische Reaktionen. Hier lässt sich die Änderung der Gesamtentropie aus der Entropieänderung durch den **Wärmeaustausch der Reaktion** mit der Umgebung und der Entropieänderung der stofflichen Umwandlung berechnen». Das Verstehen dieses Energieumsatzes (der Reaktionsenthalpie) mithilfe des Coulomb-Gesetzes ist, wie bereits erwähnt, in unserem Buch ein wichtiger Inhalt, der damit erst den Weg zum 2. Hauptsatz frei macht.

Vom Energieminimum zu reden sei wissenschaftlich falsch, schreibt H. Dütsch in seinem Aufsatz, «als didaktische Krücke unnötig und stiftet mehr Verwirrung als Nutzen». Meine 50 Jahre Unterrichtspraxis und die Erfahrungen vieler meiner Kolleginnen und Kollegen sprechen eine ganz andere Sprache. Ein allmähliches Heranführen der S+S über freiwillig und nicht freiwillig ablaufenden Reaktionen zur Gibbs-Helmholtz-Gleichung und dann zum 2. Hauptsatz ist meines Erachtens im Rahmen der Erkenntnisgewinnung didaktisch sinnvoll. Dabei geht man von exothermen und endothermen Reaktionen aus, diskutiert den Energieumsatz mithilfe des Coulomb-Gesetzes, und kommt dann, nach Einführung der Entropie, zur Gibbs-Helmholtz-Gleichung. Damit lässt sich bestimmen, welche Reaktionen freiwillig oder eben nicht freiwillig ablaufen. Der Weg zum 2. Hauptsatz wird dann später, ausgehend von der Gibbs-Helmholtz-Gleichung, in unserem Buch (Exkurs 12.6) quantifiziert:

$$\begin{aligned} \Delta G/T &= \Delta H/T - \Delta S \\ \text{bzw. } -\Delta G/T &= -\Delta H/T + \Delta S \\ \Delta S_{\text{gesamt}} &= \Delta S_{\text{Umgebung}} + \Delta S_{\text{System}} \end{aligned}$$

Atkins ist übrigens gegen die ausschliessliche Verwendung des 2. Hauptsatzes als Triebkraft für chemische Reaktionen. So schreibt er: «Closely spaced energy levels correlate with a high entropy so in this case we see that entropy effects dominate adverse energy effects. This competition can be seen most clearly by using $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$.» [10]

Um auf J. Bittner zurückzukommen: «Ich fürchte mich nicht vor einem richtigen Streit.» Hier geht es nicht um einen Streit, sondern eher um eine Richtigstellung. Die von H. Dütsch erhobene Forderung, dass die beiden Hauptsätze wichtige Inhalte eines Chemieunterrichts sein müssen, ist in unserem Buch (einschliesslich der Exkurse) umgesetzt. Der Weg der Erkenntnisgewinnung hin zu diesem Ziel kann dabei auf unterschiedliche Art angegangen werden. Bin ich mit meinem Kollegen H. Dütsch jetzt «besser uneinig»? Nein, aus meiner Sicht waren wir es gar nicht wirklich.

Literatur

- [1] G. Baars, R. Deuber, 2017: Chemie für das Grundlagenfach am Gymnasium. hep-Verlag Bern. 1. Auflage
- [2] H. B. Callen, 1985: Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapor. Second Edition
- [3] T. L. Brown et al., 2014: Basiswissen Chemie. Pearson Deutschland
- [4] W. Greiner, L. Neise, H. Stöcker, 1987: Theoretische Physik. Verlag Harri Deutsch. Thun, Frankfurt am Main
- [5] R. Deuber, 2019: Thermodynamische Einführung in das Gleichgewicht. c+b, 1/19. S.40-55
- [6] B. Cox, J. Forshow, 2018: Warum ist $E=mc^2$. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart: S. 180
- [7] G. Baars, 2011: Quantenchemie und Chemie farbiger Stoffe. Modul Quantenchemie und chemische Bindung. Abschnitt 4.2. www.phbern.ch/dienstleistungen/unterrichtsmedien/ideenset-quantenchemie-und-chemie-farbiger-stoffe
- [8] R. Deuber, 2018: Vom Energieminimum zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. c+b, 3/18. S.20-23
- [9] H. Dütsch, M. Bleichenbacher, 2019: Plädoyer für die thermodynamischen Hauptsätze. c+b, 1/19. S. 37-39
- [10] P. Atkins, De P. Julio, 2010: Physical Chemistry. 9th ed. Freeman. S. 220

NH₄OH: Pourquoi on vend un produit qui n'existe pas?

Text: Maurice Cosandey

30

Si vous dissolvez NH₄Cl dans de l'eau, votre solution contient des ions NH₄⁺ et Cl⁻. Si vous dissolvez NaOH dans de l'eau, votre solution contient des ions Na⁺ et OH⁻. Si vous mélangez ces deux solutions, la quasi-totalité des ions NH₄⁺ et OH⁻ réagiront pour produire NH₃ et H₂O, selon l'équation :

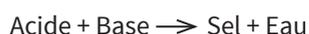


Ceci montre que NH₄OH ne peut pas exister. Il est décomposé en NH₃ et H₂O, et il ne reste que quelques pourcents de ions NH₄⁺ et OH⁻ en solution.

Vous allez certainement protester en disant que NH₄OH est une substance commerciale très courante, qu'on peut facilement acheter sur le marché, et que tout le monde utilise couramment en classe. Et vous avez raison : les marchands de produits chimiques vendent une substance qui n'existe pas. Mais il y a une raison à cela, et elle remonte au 19^{ème} siècle.

Au 19^{ème} siècle, les ions étaient inconnus. Toutes les substances avaient une formule chimique, qui était la même à l'état pur et en solution. NaOH était fait de molécules NaOH à l'état solide ou en solution. Un point, c'est tout. Les ions chargés comme H₃O⁺ ou OH⁻ n'existaient pas.

A cette époque, bien des chimistes étudiaient la réaction de neutralisation :

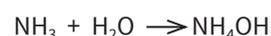


Cette réaction marche parfaitement bien avec les acides minéraux et organiques, et avec les hydroxydes métalliques (Hydroxyde était synonyme de base). Quand on découvrait un nouvel acide, organique ou non, on s'efforçait de fabriquer des sels avec tous les hydroxydes disponibles. On y arrivait presque toujours. Et comme chaque nouveau sel méritait une publication, tout allait pour le mieux dans le meilleur des mondes.

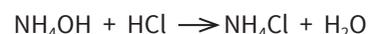
Malheureusement, il y avait un problème avec l'ammoniaque NH₃. En effet NH₃ réagit avec tous les acides en formant un sel, mais sans produire d'eau. NH₃ réagit avec HCl et forme NH₄Cl et c'est tout: pas d'eau!



Cette exception était difficile à admettre. Aussi les chimistes de l'époque décidèrent que, quand NH₃ se dissout dans l'eau, il se transforme en hydroxyde d'ammonium NH₄OH. Cette décision n'est pas stupide, car NH₃ est très soluble dans l'eau, comme si cette dissolution était une réaction chimique.



Quand on neutralisait une solution d'ammoniaque avec un acide, l'équation de la réaction était :



La substance NH₃ n'existait alors qu'à l'état gazeux. Elle était considérée comme une sorte de «hydroxyde d'ammonium déshydraté». Cela ressemblait au comportement d'autres hydroxydes, qui perdent facilement de l'eau. Ainsi l'hydroxyde de cuivre Cu(OH)₂ devient CuO à chaud, et Al(OH)₃ se transforme en Al₂O₃ à haute température.

Les marchands se sont donc mis à vendre leurs solutions d'ammoniaque sous l'étiquette NH₄OH. Et on a bientôt découvert que ce liquide malodorant débouche les conduites d'eaux usées bloquées. Et ce produit se vendait donc bien dans les conciergeries. Tout allait pour le mieux !

Malheureusement, à la fin du 19^{ème} siècle, Arrhénius découvrit les ions, et montra que les ions NH₄⁺ et OH⁻ ne pouvaient pas coexister en solution. Désastre! Ce qu'on vendait sous le nom d'hydroxyde d'ammonium n'était qu'une solution de NH₃ dans l'eau, qui ne contenait qu'un petit pourcentage d'ions NH₄⁺ et OH⁻. Les marchands changèrent donc les étiquettes collées sur les flacons, et commencèrent à vendre leur «hydroxyde d'ammonium» sous le nom d' «ammoniaque concentrée». Et les chimistes approuvèrent ce changement.

Mais ce changement ne fut pas du goût des concierges, nettoyeurs et usagers de tout bord. Ils protestèrent contre cette nouvelle solution d'ammoniaque qui ne valait rien, et

qui ne débouchait pas les tuyauteries bouchées. Ils disaient qu'ils avaient comparé l'ancienne et la nouvelle solution, et que le bon vieux hydroxyde d'ammonium était bien meilleur que cette stupide solution d'ammoniaque.

Que voulez-vous ? Les marchands ne sont pas stupides. Ils veulent vendre et faire des affaires. Ils décidèrent de renoncer à moderniser leurs étiquettes, et ils ont continué à vendre des solutions de NH_4OH . Les chimistes de l'époque en ont bien ri, mais ils n'ont pas protesté. C'est pourquoi NH_4OH est toujours en vente de nos jours.

Je suis un vieux bonhomme de 83 ans. Cette histoire m'a été racontée par mon père, qui était droguiste à l'époque, et qui l'avait apprise pendant son apprentissage dans les années 1910.

On a montré plus tard que dans les solutions d'ammoniaque, l'atome N est entouré de 4 atomes H, mais que si la distance entre N et les trois premiers atomes H est la même que dans NH_3 gazeux, alors que celle le séparant du 4^{ème} H est nettement plus grande, comme dans les liaisons hydrogène.



Wer weiss es?

Unter diesem Titel soll in jedem c+b eine Frage mit interessantem chemisch-didaktischen Hintergrund aufgeworfen und beantwortet werden. Beiträge für zukünftige Hefte sind willkommen.

Text: Hansrudolf Dütsch

Innerhalb der gleichen Tabellen oder des gleichen Periodensystems werden die Atommassen häufig mit ganz unterschiedlich vielen Nachkommastellen angegeben. Warum eigentlich?

Auflösung und Hintergründe zum Thema folgen im nächsten c+b.

58.6934	Nickel	Ni	28
58.9332	Kobalt	Co	27
63.546	Kupfer	Cu	29
65.39	Zink	Zn	30
69.723	Gallium	Ga	31
72.64	Germanium	Ge	32
74.9216	Arsen	As	33
78.96	Selen	Se	34
79.904	Brom	Br	35
83.8	Krypton	Kr	36
85.4678	Rubidium	Rb	37
87.62	Strontium	Sr	38
88.9059	Yttrium	Y	39
91.224	Zirkonium	Zr	40
92.9064	Nobium	Nb	41
95.94	Molybdän	Mo	42
98	Technetium	Tc	43

Acetylen in Druckflaschen

Lösung zum «Wer weiss es?» aus dem c+b 1/2020

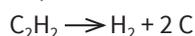
Text, Grafik, Foto: Hansrudolf Dütsch

Ethin ist ein wichtiger Grundstoff für grosstechnische Synthesen, zum Beispiel für die Herstellung von Vinylchlorid, Acetaldehyd, etc.

32

Als Gas zum Autogenschweissen hat Acetylen, wie Ethin auch bezeichnet wird, nach wie vor grösste Bedeutung. Es ist das Brenngas, mit dem die höchsten Flammentemperaturen (mit reinem Sauerstoff bis 3200 °C) erreicht werden können. Mit Methan schafft man 'lediglich' etwa 2750 °C.

Ein Grund dafür liegt in der stark positiven Bildungsenthalpie von Acetylen von $\Delta H_f^0 = +227$ kJ/mol. Acetylen ist, salopp ausgedrückt, ein endothermer Stoff. Dies bedeutet, dass der Zerfall in die Elemente Wasserstoff und Kohlenstoff exotherm ist. Er läuft zudem spontan ab.



$$\Delta H = -227 \text{ kJ/mol}, \Delta G = -210 \text{ kJ/mol}$$

In einer Produktdokumentation des deutschen Gasherstellers Linde wird dies so beschrieben [1]:

Der günstige Molekülaufbau des Acetylens bringt eine enorme Verbrennungsenergie mit hoher Flammenleistung und Zündgeschwindigkeit in der Acetylenflamme. Bereits beim Auftrennen des Moleküls zur Verbrennung entfaltet sich Energie – im Gegensatz zu anderen Brenngasen.

Bei der Verbrennung von Acetylen mit Sauerstoff findet in der primären Flamme folgende schnelle und sehr stark exotherme Reaktion statt



$$\Delta H = -449 \text{ kJ/mol}$$

Der schnelle Ablauf der Reaktion führt zu einer grossen Konzentration der Verbrennungswärme in kleinem Volumen, also zu einer hohen Flammentemperatur.

Die besonders gute Eignung von Acetylen als Brenngas zum Autogenschweissen hängt damit zusammen: die primäre Flamme ist nicht nur sehr heiss, sondern durch den Wasserstoff- und CO-Gehalt wirkt sie reduzierend und verhindert die Oxidation des Werkstücks.

Die Verbrennung des Wasserstoffs und die Oxidation von CO zu CO₂ mit zusätzlichem Luftsauerstoff erfolgen erst im äusseren Bereich der Flamme, der Streuflamme. Für den Schweißprozess ist dies nicht mehr relevant.

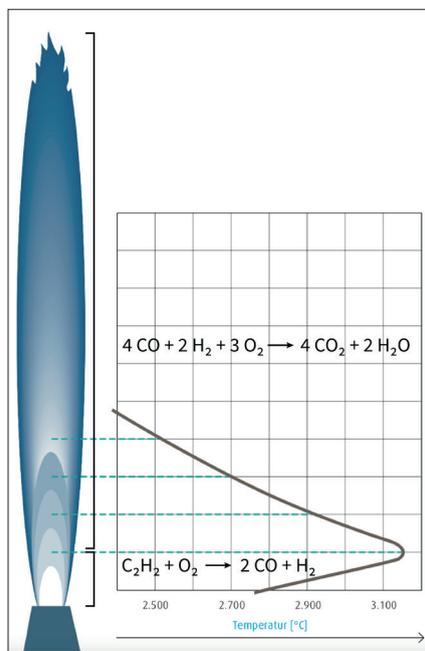


Abb. 1 Temperaturen und Reaktionen in der Acetylenflamme

Die stark positive Standardbildungsenthalpie bedeutet aber auch, dass Acetylen thermodynamisch instabil ist und leicht in die Elemente zerfallen kann.

Dies kann mit einem einfachen Experiment demonstriert werden: Füllt man ein kleines Reagenzglas mit Ethin (hergestellt z.B. in einem Gasentwickler aus Calciumcarbid und Wasser), verschliesst es mit einem Wattestopfen und erhitzt es in der heissen Bunsenbrennerflamme, zersetzt sich das Ethin unter Bildung von Russ.



Abb. 2 Acetylen zersetzt sich beim Erhitzen

Die Zersetzung findet unter erhöhtem Druck bereits bei Normaltemperatur statt. Das bedeutet, dass man Acetylen nicht wie andere Gase unter hohem Druck in Stahlflaschen abfüllen und aufbewahren kann, weil dieses als Folge der exothermen Zersetzung und der damit verbundenen Temperatur- und Druckerhöhung explodieren könnte.

Acetylen ist jedoch sehr gut z.B. in Aceton oder Dimethylformamid löslich. Stellt man ein mit Acetylen gas gefülltes Reagenzglas umgekehrt in ein Gefäß mit Aceton, füllt sich dieses in kurzer Zeit fast vollständig mit dem Lösemittel.



Abb. 3 Acetylen löst sich in Aceton

Unter Standardbedingungen lösen sich 27.9 g Acetylen (= 25.75 L) in einem Kilogramm Aceton. Bei 20 °C und 19 bar sind es bereits 0.64 kg Acetylen/kg Aceton!

In einer gebräuchlichen 40 L-Flasche wie sie zum Schweißen verwendet wird, sind normalerweise 8 kg Acetylen in 12.5 kg Aceton z.B. zusammen mit Kieselgur bei einem Druck von lediglich 19 bar gelöst. In dieser Form wird Acetylen umgangssprachlich als Dissousgas (franz. dissous = gelöst) bezeichnet.

Wäre diese Menge Acetylen als freies Gas in der Flasche komprimiert, würde das einen Druck von 188 bar ergeben und unweigerlich zu einer sofortigen Zersetzung und Explosion der Flasche führen. Acetylen lässt sich bei Raumtemperatur erst bei einem Druck von ca. 50 bar verflüssigen. Dieser Druck wäre für die gefährliche Zersetzungsreaktion bereits ausreichend!

Gefährlich werden Acetylenflaschen bei einem Brand. Durch die Hitze setzt die Zersetzung des Acetylen ein, es entsteht ein Überdruck und die Flaschen können bersten. Aber keine Sorge! Sollte eine Acetylenflasche bei einem Brand überhitzt werden, hat der Gaslieferant Linde eine passende Lösung bereit, die allerdings eine gewisse Kaltblütigkeit voraussetzt [2]:

Das Bersten einer heißen Acetylenflasche kann für gewöhnlich verhindert werden, in dem mindestens zwei Löcher mit Gewehrkugeln in die Flasche geschossen werden. Dieses Verfahren ist anerkannt und wird in einigen Ländern gelegentlich durch spezielle Notfallteams angewendet.

Gefährlich ist auch ein Zurückschlagen der Flamme, zum Beispiel beim Schweißen. In diesem Fall kann es lokal zu einer Zersetzung von Acetylen kommen, die sich als Folge der Exothermie der Reaktion ausbreitet, die Flasche zunehmend erhitzt und zum Bersten bringen kann, ohne dass eine Explosion im Sinn einer chemischen Reaktion mit Sauerstoff stattfindet.

Eine weitere Gefahr besteht, wenn Acetylen zum Beispiel in Leitungen mit Silber oder Kupfer in Kontakt kommt, weil sich dann hochexplosive Acetylide bilden können.

Bei all diesen Gefahren, die im Umgang mit Acetylen lauern, ist es wenigstens beruhigend, dass seit den 50er Jahren hochexplosive Acetylen-Sauerstoff-Gemische nicht mehr als Narkosemittel (Narcylen) verwendet werden.

[1] https://www.linde-gas.at/de/images/1040_acetylen_tcm550-169421.pdf (5.2020)

Mit vielen Informationen zu Acetylen, Autogenschweißen und Brennschneiden.



[2] https://www.linde-gas.de/de/safety_and_quality/gas_risks/acetylen/index.html (5.2020)



Verteilungsgleichgewicht

Text und Fotos: Tilmann Geldbach

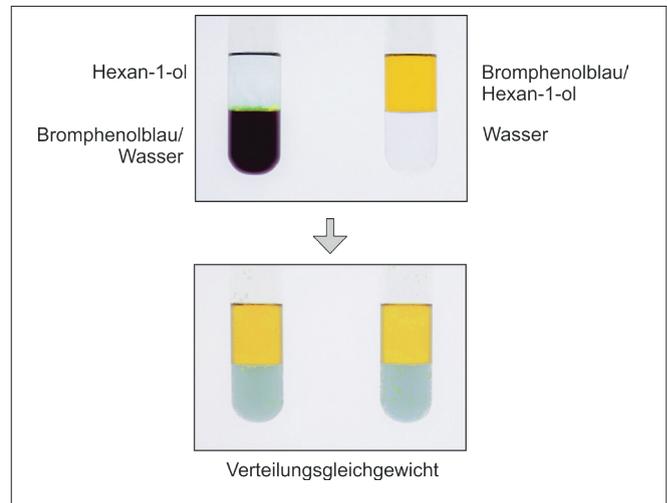
34

Ein Aspekt, welcher bei der Behandlung des chemischen Gleichgewichts möglicherweise weniger oft im Unterricht thematisiert wird ist, dass sich dieses auch auf die Verteilung von Stoffen in nicht miteinander mischbaren Phasen anwenden lässt. Anstatt dass man unterschiedliche Stoffe betrachtet und in welchem Verhältnis diese zueinander im Gleichgewicht vorliegen geht es hier um die Verteilung einer Substanz in zwei unterschiedlichen Phasen.

In diesem Experiment betrachtet man die Verteilung des Indikators Bromphenolblau in den Lösungsmitteln Wasser, beziehungsweise Hexan-1-ol. Es handelt sich hierbei nicht um eine reine Verteilung einer Substanz, da der hier gewählte Farbstoff auch einer Protolysereaktion unterliegt. Das System eignet sich dennoch sehr gut, um einige wesentliche Aspekte hinsichtlich chemischem Gleichgewicht und Verteilung zu demonstrieren. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die gewählten Lösungsmittel unbedenklich sind, wobei es allerdings zu Bromphenolblau (ebenso wie zu Bromthymolblau) keine Risikobewertung gibt.

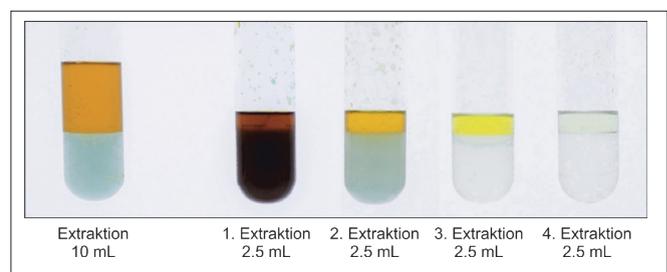
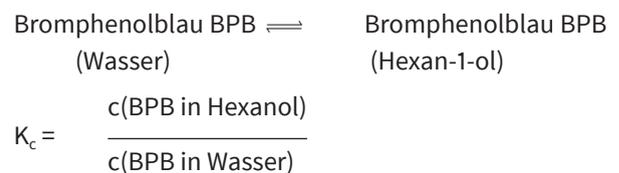
Da die Trennung der Flüssigkeiten Wasser und Hexan-1-ol unter normalen Bedingungen sehr lange dauert, wurde die wässrige Phase mit einer geringen Menge an Ammoniumsulfat versetzt (0.35 Massen-%), was eine rasche Entmischung bewirkt.

Schüttelt man einerseits eine Lösung von Bromphenolblau in Wasser mit Hexan-1-ol, beziehungsweise eine Lösung von Bromphenolblau in Hexan-1-ol mit Wasser, so bekommt man für beide Gemische eine identische Einfärbung der beiden Phasen, also einen identischen Zustand im Gleichgewicht. Es lässt sich also zeigen, dass es für den Gleichgewichtszustand für den Gleichgewichtszustand keine Rolle spielt, von welcher Seite man sich nähert – das Ergebnis ist durch den Wert der Gleichgewichtskonstante vorgegeben.



Des Weiteren lässt sich anhand dieses Systems auch die Effizienz einer Extraktion demonstrieren. In einem Fall wurden 10 mL einer wässrigen Lösung von Bromphenolblau mit 10 mL Hexan-1-ol extrahiert, im anderen Fall vier Mal mit je 2.5 mL Hexan-1-ol.

Wenn man beispielhaft annimmt, dass sich Bromphenolblau 10 mal besser in Hexan-1-ol als in Wasser löst, so ergibt sich für die Vermischung von Bromphenolblau $K_c = 10$ gemäß



Verteilungsgleichgewicht light

Text: Michael Bleichenbacher

Unter Anwendung des Nernstschen Verteilungssatzes gilt für die in der Lösung verbleibende Konzentration:

$$c_n(\text{Probe}) = \frac{c_0(\text{Probe})}{\left(1 + K_c \cdot \frac{V(\text{Extrakt})}{V(\text{Probe})}\right)^n}$$

Damit ergeben sich die folgenden verbleibenden Konzentrationen in der Probe:

		c(Probe) bei $K_c = 10$
Einmalig	1 x 10 mL	0.091
Mehrfach		
1. Extraktion	2.5 mL	0.286
2. Extraktion	2.5 mL	0.082
3. Extraktion	2.5 mL	0.023
4. Extraktion	2.5 mL	0.0067

Folgende Substanzen werden benötigt:

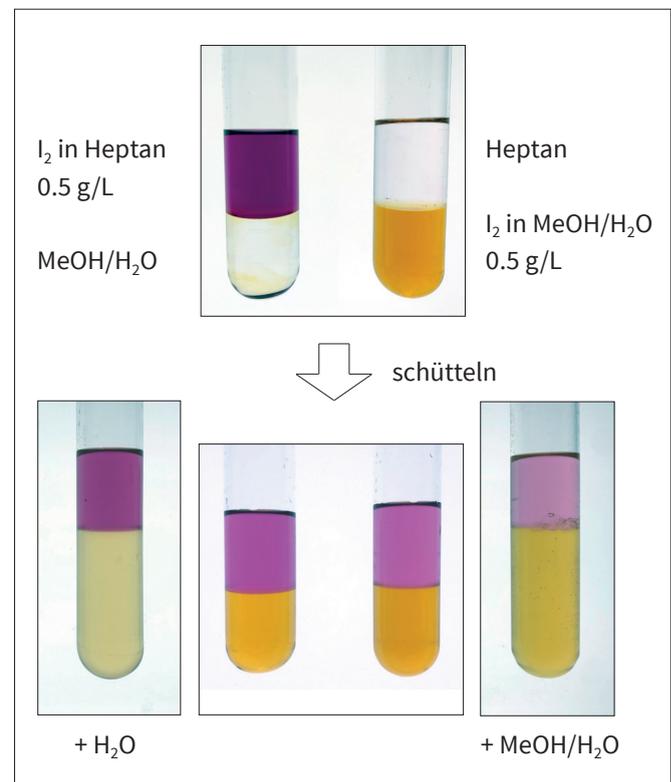
- Lösung von 25 mg Bromphenolblau in 100 mL Hexan-1-ol
- Lösung von 25 mg Bromphenolblau und 350 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in 100 mL Wasser
- Hexan-1-ol
- Lösung von 350 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in 100 mL Wasser

Die Lösungen müssen sehr genau hergestellt werden, da man sonst nicht eine identische Verteilung des Farbstoffs im Gleichgewicht beobachten kann.

Vermutlich gibt es Farbstoffe und Lösungsmittelgemische, welche besser geeignet sind, den Sachverhalt zu demonstrieren. Es war aber als schwieriger als vermutet, einen Farbstoff zu finden, welcher sich sowohl in der polaren wie auch apolaren Phase löst und gleichzeitig Lösungsmittel zu verwenden, welche nicht toxisch sind, aber sich doch ausreichend schnell trennen.

Wenn nur gezeigt werden soll, dass sich dieselbe Verteilung ergibt, ob nur der farbige Stoff zuerst in einen oder im anderen Lösungsmittel gelöst ist, taugen auch Lösungen von 0.5 g/L Iod in entweder Heptan oder einem Gemisch aus z.B. 80% Methanol und 20% Wasser.

35



Die Abnahme der Farbintensität in der Methanol/Wasser-Phase nach dem Schütteln ist allerdings gering, der Unterschied von 1-fachem Extrahieren mit grossem Volumen im Vergleich zu mehrfachem Extrahieren mit Teilvolumen nicht gut beobachtbar. Dafür kann das Verteilungsgleichgewicht durch Zugabe von Wasser leicht beeinflusst werden.

Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier durch kontrollierte Wärmezufuhr

Text: Albert Jonas, Gymnasium Neufeld, Bern und Pädagogische Hochschule Freiburg (D), Isabel Rubner und Marco Oetken, Pädagogische Hochschule Freiburg (D)

Fingerabdrücke – seit über 100 Jahren im Dienst der Kriminaltechnik

Die Entscheidung, im Jahre 1913 eine zentrale Schweizer Datensammlung für Fingerabdrücke in der Forensik einzuführen, kann als Erfolgsgeschichte bei der Bekämpfung von Verbrechen angesehen werden. Die Identifizierung von Spurenlegern an Tatorten über ihre Fingerabdrücke nimmt seit über 100 Jahren eine zentrale Rolle bei der Aufklärung von Verbrechen ein [1], womit die sog. Daktyloskopie – wörtlich übersetzt ‚Fingerbeschau‘ – zu den Hauptaufgaben in der Kriminaltechnik gezählt werden kann. Weltweit gelten Fingerabdrücke als eines der wichtigsten Beweismittel. Die Zahl der über beweiskräftige Fingerabdrücke gelösten Kriminalfälle übersteigt diejenigen, die über DNA-Nachweis aufgeklärt wurden, um das Zehnfache(!) [2]. Eine sehr interessante und empfehlenswerte Lektüre zur Geschichte der Daktyloskopie in der Schweizer Kriminaltechnik bietet übrigens das vom Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartement (EJPD) herausgegebene Büchlein «Der Fingerabdruck – 100 Jahre im Dienst der Eidgenossenschaft» [1].

Die Möglichkeit der Personenidentifikation über ihre Fingerabdrücke basiert auf der Einzigartigkeit und Unveränderlichkeit des sog. Papillarlinienmusters, also des Leistenmusters der Handinnenflächen einer bestimmten Person. Die Ausprägung dieser Papillarlinien eines Menschen geschieht noch im Mutterleib und wird einerseits

durch genetische Faktoren determiniert, andererseits hängt ihre genaue Ausprägung aber auch von Einflüssen ab, die das Wachstum und die Entwicklung des Embryos bestimmen. Aus diesen Gründen besitzen selbst eineiige Zwillinge ein unterschiedliches Papillarlinienmuster und hinterlassen damit unterschiedliche Fingerabdrücke, obschon ihre DNA übereinstimmt [1].

Fingerabdrücke hinterlassen wir beim Berühren von Gegenständen, wobei sich ein Gemisch aus hauteigenen Drüsensekreten und extrinsischer Komponenten (Schmutz und Fett, Blut, Make-up, Feuchtigkeitscremes, Haarpflegeprodukte, Spuren von Lebensmitteln etc. und ihren Abbauprodukten) auf die berührte Fläche überträgt. Dabei bleibt ein Stempelabdruck der Papillarlinien zurück [2,3].

Bei der Sicherung der Fingerabdruckspuren steht die Kriminaltechnik vor der herausfordernden Aufgabe, die von bloßem Auge nicht sichtbaren, sog. latenten Fingerabdrücke sichtbar zu machen und dabei ein Verfahren zu wählen, das dem Material des Spurenträgers angepasst ist. Dabei spielen Oberflächenbeschaffenheit des Spurenträgers, Farbe des Hintergrunds sowie das Alter der Spur eine wichtige Rolle. Nicht zuletzt entscheidet auch die Frage über den Einsatz einer bestimmten Entwicklungsmethode, inwieweit der Spurenträger beschädigt werden darf [4].

Thermopapier – ein problematischer Spurenträger

Seit Beginn der 1980er Jahre haben sich Thermopapiere als Kassenzettel und Billette zunehmend etabliert, womit diese auch häufig zu Trägern beweiskräftiger Fingerabdrücke geworden sind. Thermopapiere als Spurenträger stellen die Kriminaltechnik vor eine schwierige Aufgabe, da viele gängige Verfahren zum Sichtbarmachen latenter Fingerabdrücke nicht ohne organische Lösemittel oder den Einsatz von Wärme auskommen. Diese aber lösen für gewöhnlich die Farbreaktion im Thermopapier aus, womit dieses schwarz, der Aufdruck unleserlich und damit die Beweiskraft des Belegs zunichtegemacht wird [5]. Um diese Zusammenhänge zu verstehen, ist ein grundlegendes Verständnis über Aufbau und Funktionsweise von Thermopapieren unabdingbar.

Thermopapiere lassen sich wegen ihrer leicht glänzenden Oberfläche leicht von anderen Papiersorten unterscheiden. Sie bestehen aus verschiedenen, auf das Papier aufgetragenen Beschichtungen, die alle eine besondere Aufgabe erfüllen. Im sog. Thermostrich entsteht das gedruckte Bild. Er enthält ein thermochromes Gemisch aus einem pH-sensitiven Leukofarbstoff und einem schwach sauren Farbwentwickler, eingearbeitet in ein aliphatisches Solvens als Schmelzpunktregulator [6,7]. Als Solvens werden üblicherweise organische Substanzen wie aliphatische Alkohole, Amide, Ester und Carbonsäuren einge-

setzt, die aus langkettigen Molekülen bestehen und deren Schmelztemperaturen in einem Bereich von 40 bis 80 °C liegen. Das Solvens schmilzt unter Hitze, worauf die Moleküle des Leukofarbstoffs und des Entwicklers mobilisiert werden. Der farblose Leukofarbstoff (von leuco griechisch für weiss) vollzieht im Kontakt mit dem schwach sauren Entwickler eine drastische Farbänderung von weiss zu dunkelblau/violett [8]. Überträgt man nun durch einen geeigneten Thermokopf im Drucker punktgenau Wärme auf das Thermopapier, erscheinen auf diese Weise Text und Bild auf dem Beleg (Abb.1) [9]. Als ein in den Anfängen häufig eingesetzter Leukofarbstoff in Thermopapieren sei hier Kristallviolettlacton (CVL) erwähnt. Das Spiro-Kohlenstoffatom der farblosen Form von CVL verhindert die Konjugation zwischen den drei aromatischen Molekülteilen. Durch Protonierung der Estergruppe und der darauffolgenden Ringöffnung, ändern die Bindungsverhältnisse des Spiro-Kohlenstoffatoms von vier Bindungspartnern zu drei. Das so gebildete Kation enthält ein System delokaliserter π -Elektronen, was die Anregungsenergie des Elektronenübergangs in den sichtbaren Spektralbereich verschiebt (Abb.2) [10]. Als Entwickler war bis vor wenigen Jahren Bisphenol A (BPA) der am häufigsten eingesetzte Entwickler in Thermopapieren. Da BPA als gesundheitsschädlich gilt, darf es in Thermopapieren in der Europäischen Union ab dem Januar 2020 nur noch beschränkt einge-

setzt werden. Als Folge werden heute vermehrt verschiedene alternative Entwickler verwendet [11]. Trotzdem wird BPA heute immer noch als Entwickler eingesetzt, weshalb im experimentellen Umgang mit Thermopapieren geeignete Vorsichtsmaßnahmen (Handschuhe) zu treffen sind.

Wie bereits oben erwähnt, sind viele organische Lösemittel ebenfalls dazu in der Lage, die Farbreaktion im Thermopapier auszulösen. Bekannter-

massen reichen auch schon nur die Dämpfe der Lösemittel aus, um das Thermopapier zu schwärzen. Dies lässt sich damit erklären, dass viele dieser Lösemittel eine vergleichbare Veränderung des Festphasengefüges der Solvensmoleküle bewirkt wie die Wärmeeinwirkung beim Thermodruck-Verfahren, wodurch Entwickler- und Leukofarbstoffmoleküle mobilisiert werden und die Farbreaktion möglich wird [12].

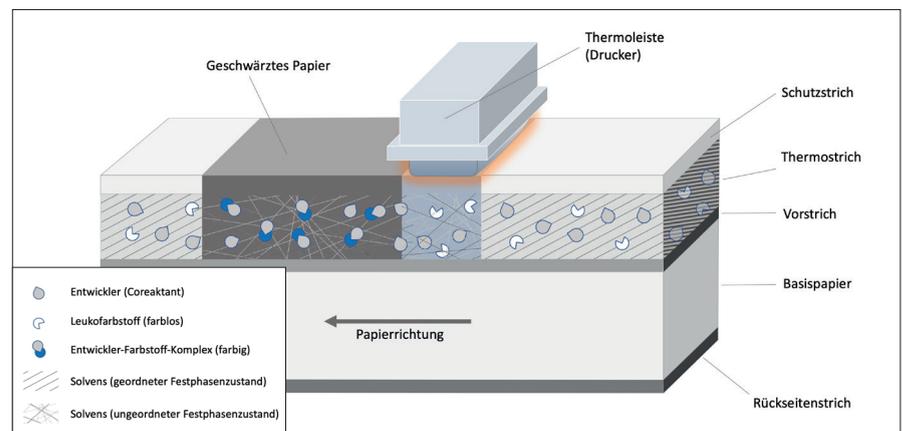


Abb. 1. Querschnitt Thermopapier nach [15]. Die Farbreaktion findet im Thermostrich statt. Durch Hitzeeinwirkung schmilzt die Solvens-Matrix, was zum Aufbrechen der Festphasenstruktur führt.

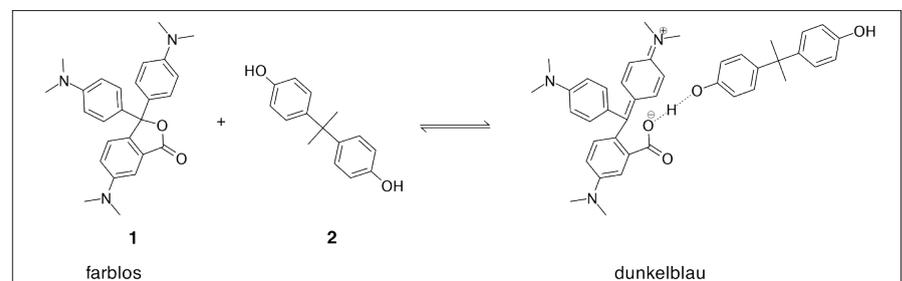


Abb.2 Reaktion eines thermochromen Gemischs aus 1 Kristallviolettlacton (Leukofarbstoff) und 2 Bisphenol A (saurer Entwickler) zum Entwickler-Farbstoff-Farbsalz..

Entwicklung latenter Fingerabdrücke (Fortsetzung) Experimenteller Teil

38

Vorsichtiges Erwärmen des Thermopapiers mit Hilfe eines heißen Gegenstandes, aber auch das Aufdampfen von Lösemitteln (bspw. Aceton) mit Hilfe eines Tropffläschchens auf einen Kassenzettel sind aus didaktischer Sicht ein guter Einstieg, um die Funktionsweise von Thermopapier zu zeigen. Gleichzeitig bilden diese Erkenntnisse die Grundlage, um die nachfolgenden Versuche zu verstehen.

Für alle hier beschriebenen Versuche sollen Fingerabdrücke durch schwaches Aufdrücken während ca. zehn Sekunden auf die Thermopapierprobe gesetzt werden. Ein vorgängiges Reiben der Finger an der Stirn oder der Kopfhaut verbessert in der Regel die Qualität der Abdrücke.

Lösemittelfreie Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier mit Hilfe eines Haartrockners

Wakefield et al. schlugen eine lösemittelfreie Methode zur Entwicklung von Fingerabdrücken vor [13], wobei mit Hilfe eines Haartrockners kontrolliert Wärme auf das Thermopapier geleitet wurde. Hierbei konnten dunkle Positivabdrücke entwickelt werden, ohne dabei den Hintergrund zu schwärzen. Bemerkenswert fanden die Forscher dabei, dass die dunklen Abdruckleisten verglichen mit der eigentlichen Farbänderungstemperatur des Thermopapiers bei einer um ungefähr 30 °C niedrigeren Temperatur sichtbar wurden.

Geräte und Chemikalien:

Thermopapier (Kassenrolle), Klebestreifen, Haartrockner mit regulierbarer Heiz- und Gebläseleistung

Durchführung

1. Die Thermopapierprobe soll auf dem Labortisch mit Klebestreifen fixiert werden.
2. Unter ständigem Schwenken des Haartrockners (volle Heizstufe, mittlere Gebläsestufe) soll das Thermopapier in einem Abstand von ca. 10 cm aus einem Winkel von ca. 45° langsam erwärmt werden. Um eine Überhitzung und damit eine komplette Schwärzung des Thermopapiers zu vermeiden, soll das Thermopapier jeweils während höchstens 45 Sekunden behandelt werden. Sind bis dahin keine Fingerabdrücke sichtbar, soll die Prozedur nach Abkühlen des Papiers wiederholt werden.

Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier mit Hilfe von Wasserdampf

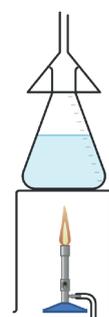
Die Möglichkeit, Fingerabdrücke auf Thermopapier mit Hilfe von Dampf zu erzeugen wurde zufällig durch einen Angehörigen des Toronto Police Service Forensic Identification Services (FIS) entdeckt, der beim Auspacken seines Takeaway-Essens auf der bedruckten Seite des beigelegten Kassenscheins schwarze Fingerabdrücke bemerkte. Bissonnette et al. führten eine Studie mit dem Ziel durch, den Mechanismus dieser Entwicklungsmethode aufzuklären [14].

Geräte und Chemikalien:

Thermopapierprobe, Pinzette, Siedesteinchen, 400 ml Erlenmeyerkolben, Glastrichter, Wasser

Durchführung:

1. In einem 400 ml Erlenmeyerkolben werden ca. 200 ml Wasser mit einigen Siedesteinchen aufgekocht.
2. Über die Öffnung des Erlenmeyerkolbens wird ein umgedrehter Glastrichter gestülpt, sodass der Wasserdampf nur über das Küken des Trichters entweichen kann.
3. Die Thermopapierprobe mit aufgesetztem Fingerabdruck wird mit Hilfe einer Pinzette in einem Abstand von ca. 10 cm von der Trichteröffnung in den Dampfstrahl gehalten.



Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier durch Eintauchen in heisses Wasser

Gestützt auf die Methode von Wakefield et al. und der Theorie von Bissonnette et al. stellten wir uns die Frage, ob bei diesen Entwicklungsmethoden von Fingerabdrücken auf Thermopapier nicht doch ein reiner Temperatureffekt die primäre Rolle spielte? Demnach sollte ein reines Eintauchen des Kassenscheins in heisses Wasser ebenso dazu in der Lage sein, Fingerabdrücke auf Thermopapier sichtbar zu machen. In einer vorbereitenden Studie der Autoren [15] konnten auf

90% der getesteten Kassenbelege durch kurzes Eintauchen der Probe in heisses Wasser erfolgreich Positivabdrücke entwickelt werden, ohne dabei den Hintergrund zu verändern (Abb.3c). Da sich die Thermopapiere der verschiedenen Hersteller bezüglich der Temperatur unterscheiden, bei der die Farbreaktion ausgelöst wird, ist es bei dieser Methode notwendig, die für die Entwicklung von Fingerabdrücken geeignete Wasserbadtemperatur vorgängig zu bestimmen. Dazu sollen von der zu untersuchenden Thermopapierprobe drei kleine Stücke abgeschnitten und diese bei Wasserbadtemperaturen von 60, 70 beziehungsweise 80 °C kurz eingetaucht werden. Bei derjenigen Wasserbadtemperatur, bei der eine leichte Graufärbung des Probestücks zu erkennen ist, kann anschliessend die zu

untersuchende Thermopapierprobe vollständig kurz eingetaucht werden.

Geräte und Chemikalien:

Thermopapierprobe, Pinzette, Schere, drei 400 ml Bechergläser, drei Thermometer, Wasser

Durchführung:

1. Zur Bestimmung der geeigneten Wasserbadtemperatur für die vorliegende Thermopapierprobe werden in drei grossen Bechergläsern jeweils ca. 250 ml Leitungswasser auf 60, 70 und 80 °C erwärmt. Vom zu untersuchenden Thermopapier sollen drei kleine Probestücke (ca. 3x3mm gross) abgeschnitten werden. Diese werden bei jeweils einer Wasserbadtemperatur kurz (ca. 1-2 Sekunden) ins Wasser getaucht. Die Temperatur, bei der eine leichte Graufärbung des Probestücks zu erkennen ist, ist für die Entwick-

lung der latenten Fingerabdrücke geeignet (Abb.4).

2. Die zu untersuchende Thermopapierprobe wird daraufhin kurz, für ca. eine Sekunde vollständig in das entsprechende Wasserbad eingetaucht.

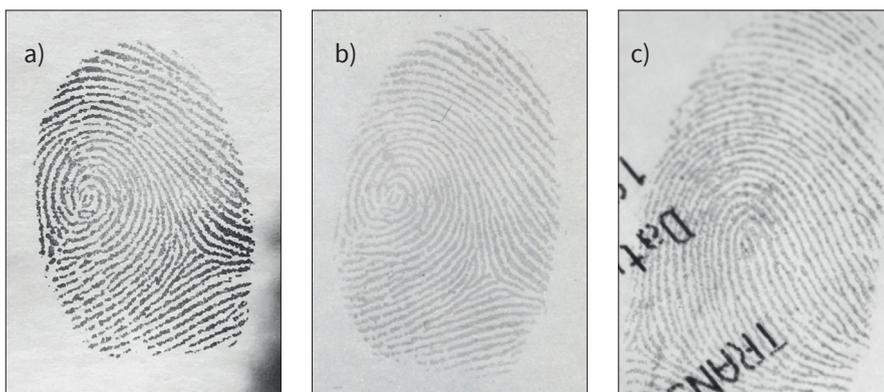


Abb. 3 Fingerabdruck auf Thermopapier wurde mit Hilfe (a) eines Heizgebläses, (b) heissem Wasserdampf bzw. (c) durch Eintauchen in heisses Wasser entwickelt.

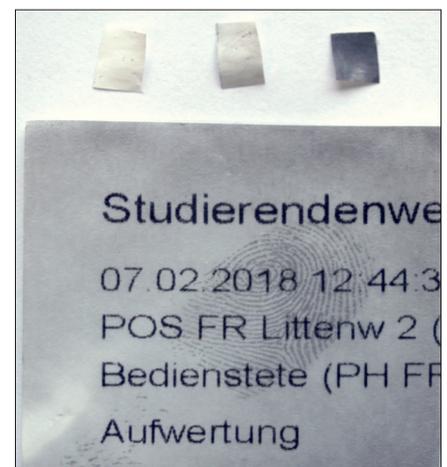


Abb.4. aus [16]. Drei abgeschnittene Probestücke des Thermopapiers (im Bild oben) wurden bei Wasserbadtemperaturen von 60, 70 und 80 °C getestet. Während das erste Probestück bei 60 °C noch keine Veränderungen zeigte, färbte sich das zweite bei 70 °C hellgrau, das dritte dunkelgrau. Die für die Entwicklung von Fingerabdrücken geeignete Temperatur beträgt für dieses Thermopapier somit 70 °C. Der entwickelte Abdruck ist kontrastreich, die Hintergrundverfärbung marginal, der Aufdruck des Kassenzettels bleibt dabei erhalten.

Entwicklung latenter Fingerabdrücke Experimenteller Teil (Fortsetzung)

40

Erkenntnisse zur Entwicklung latenter Fingerabdrücke auf Thermopapier durch kontrollierte Wärmezufuhr

Das lokale Auslösen der Farbreaktion am Ort der Fingerabdruckleisten, unterhalb der eigentlichen Farbbänderungstemperatur des Thermopapiers muss nach den hier beschriebenen experimentellen Befunden rein auf die fettigen Komponenten des Fingerabdrucks zurückzuführen sein. Die Möglichkeit, dass Fingerabdrücke auch durch simples Eintauchen der Probe in heisses Wasser entwickelt werden können, stützt unsere Hypothese, werden dabei doch die wasserlöslichen Komponenten des Fingerabdrucks sicher ausgewaschen. Die Moleküle der hydrophoben Fingerabdrucksekrete dürften in die thermosensitive Schicht des Thermopapiers eindringen und dort mit den Komponenten des thermochromen Gemischs wechselwirken. Die neu ausgebildeten Zwischenmolekularen Kräfte führen dabei dazu, dass Leukofarbstoff- und Entwicklermoleküle schon bei geringerer Hitze einwirkung mobilisiert werden, womit an jenen Stellen die Farbreaktion im Thermopapier schon bei niedrigeren Temperaturen erfolgen kann. Somit erscheint der dunkle Positivabdruck des Fingerabdrucks, während das restliche Thermopapier unverändert weiss bleibt.

Die hier beschriebenen einfachen und zugleich kostengünstigen Methoden zur Entwicklung von Fingerabdrücken auf Thermopapier ermöglichen einen einfachen Zugang zur Chemie

thermochromer Gemische am Beispiel der Funktionsweise von Kassenzetteln im motivierenden Kontext der Forensik. Anhand der experimentellen Ergebnisse lassen sich Themenfelder wie Löslichkeit, Lewis Säure-Base-Konzept, aber auch Farbigkeit im Chemieunterricht diskutieren.

Literatur

- [1] Sonderegger, B., and Peter, M.U. (2013) Der Fingerabdruck – 100 Jahre im Dienst der Eidgenossenschaft.
- [2] Cadd, S., Islam, M., Manson, P., and Bleay, S. (2015) Fingerprint composition and aging: A literature review. *Sci. Justice*, 55 (4), 219–238.
- [3] Girod, A., Ramotowski, R., and Weyermann, C. (2012) Composition of fingermark residue: A qualitative and quantitative review. *For. Sci. Int.*, 223 (1–3), 10–24.
- [4] Amerkamp, U. (2008) Spezielle Spurensicherungsmethoden: Verfahren zur Sichtbarmachung von daktyloskopischen Spuren, Verl. für Polizeiwissenschaft, Frankfurt a. M.
- [5] Stimac, J.T. (2003) Thermal paper: Latent friction ridge development via 1,2-indanedione. *J. For. Ident.*, 53 (3), 265–271.
- [6] Stimac, J.T. (2003) Thermal & carbonless papers-A fundamental understanding for latent friction ridge development.pdf. *J. For. Ident.*, 53 (2), 185–197.
- [7] (2020) KANZAN Produktbeschreibung.
- [8] Hatano, Y. (2002) The Chemistry of Fluoran Leuco Dyes, in *Chemistry and Applications of Leuco Dyes* (eds. Muthyala, R.), Springer, Boston, MA, pp. 159–205.
- [9] (2020) Thermal technology. KANZAN product information.
- [10] Bourque, A.N. (2014) Investigations of Reversible Thermochromism in Three-Component Systems.
- [11] Eckardt, M., Kubicova, M., Tong, D., and Simat, T.J. (2020) Determination of color developers replacing bisphenol A in thermal paper receipts using diode array and Corona charged aerosol detection—A German market analysis 2018/2019. *J. Chromatogr. A*, 1609 (January), 460437.
- [12] Jonas, A., Rubner, I., and Oetken, M. (2018) Magische Acetondämpfe. *CHEMKON*, 25 (7), 293–297.
- [13] Wakefield, M., and Armitage, S. (2005) Development of latent fingerprints on thermal paper using a novel, solvent free method. *J. For. Ident.*, 55 (2), 202–213.
- [14] Bissonnette, M., Knaap, W., and Forbes, S.L. (2010) Steam Development of Latent Fingerprints on Thermal Paper. *J. For. Ident.*, 60 (6), 619–638.
- [15] Jonas, A., Rubner, I., and Oetken, M. (2019) Development of latent fingerprints on thermal paper by immersion in hot water. *J. For. Ident.*, 69 (2), 141–162.
- [16] Jonas, A., Rubner, I., and Oetken, M. (2020) Latente Fingerabdrücke, *Chemie in Unserer Zeit*

Zersetzung von Kupferformiat

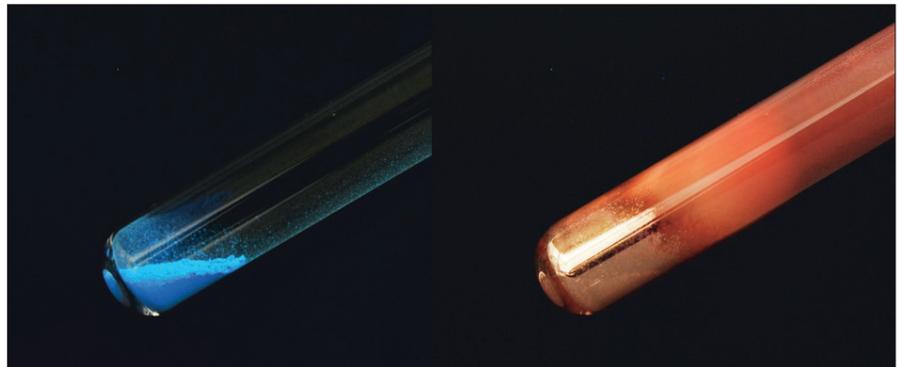
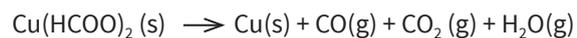
Text und Fotos: Tilmann Geldbach

Für die Fragestellung, ob es sich bei einem Reinstoff um eine Verbindung oder um einen Elementarstoff handelt, bietet sich als Experiment die Zersetzung von Kupferformiat an. Dieses Experiment ist in der Vergangenheit schon beschrieben worden und es finden sich auch auf Youtube Filme hierzu; da die Substanz bei den üblichen Lieferanten nicht erhältlich ist, ist der Versuch vermutlich nicht allzu populär. Der Aufwand für die Synthese hält sich aber in Grenzen:

Kupferformiat $\text{Cu}(\text{HCOO})_2$ kann beispielsweise durch Kochen von pulverförmigem Kupfer(II)-oxid in Ameisensäure erhalten werden. Hierbei darauf achten, dass permanent gerührt wird, da das Kupferoxid sonst zu einem festen Klumpen zusammenbacken kann. Nach Filtration, um überschüssiges, schwarzes CuO zu entfernen und Eindampfen der Lösung, erhält man türkisfarbene Kristalle. Trocknet man diese anschliessend bei 70°C , so bekommt man schliesslich Kupferformiat als blauen Feststoff.

Erhitzt man Kupferformiat im Reagenzglas mit dem Bunsenbrenner, so zersetzt sich die Substanz und es entsteht unter anderem elementares Kupfer, welches einen Kupferspiegel im Reagenzglas erzeugt.

Der Vorgang lässt sich mit folgender Reaktionsgleichung beschreiben:



Da Kohlenmonoxid entsteht, können die Gase entzündet werden, durch mitgerissenes Kupferformiat färbt sich die Flamme etwas grünlich.



VSN/SSPSN/ASISN

VSN	Verein Schweizerischer Naturwissenschaftslehrerinnen und -lehrer	www.vsn.ch
SSPSN	Société Suisse des Professeurs de Sciences Naturelles	www.sspn.ch
ASISN	Associazione Svizzera degli Insegnanti di Scienze Naturali	www.asisn.ch

Kommissionen | Commissions

CRB	Commission Romande de Biologie	www.crbiol.ch
CRC	Commission Romande de Chimie	www.crc-chimie.ch
DBK	Deutschschweizer Biologiekommision	
DCK	Deutschschweizer Chemiekommision	

42

Vorstand | Comité

Klemens Koch klemens.koch@gbsl.ch
Präsident, Mutationen Gymnasium Biel-Seeland BE

Régis Turin turin.regis@eduvs.ch
Caissier VSN/SSPSN Lycée-collège des Creusets VS

Silvia Reist silvia.reist@edulu.ch
Präsidentin DBK Kantonsschule Beromünster LU

Andreas Bartlome andreas.bartlome@gmx.ch
Präsident DCK Kantonsschule Beromünster LU

Anne-Laure Rauber anne-laure.rauber@gfbienne.ch
Présidente CRB Gymnase français de Bienne BE

René Gfeller rene.gfeller@vd.educanet2.ch
Représentant CRB Gymnase de la Cité VD

Manuel Fragnière manuel.fragniere@rpn.ch
Président CRC Lycée Denis-de-Rougemont NE

Emmanuel Marion-Veyron marion-veye@edufr.ch
Vice-président, caissier CRC Collège du Sud FR

Roger Deuber rdeuber@gmail.com
Webmaster VSN/SSPSN Kantonsschule Baden AG

Christine Guesdon Lüthi christine.guesdon@bluewin.ch

Maurice Cosandey maurice.cosandey@bluewin.ch

Impressum c+b

Michael Bleichenbacher michael@bleichenbacher.ch
Redaktor Kantonsschule Zürich Nord ZH

Redaktionschluss für die nächsten Ausgaben:
Délais de rédaction pour les prochains numéros:

- 9.12.2020
- 12.5.2021

Texte werden in jedem Format gerne entgegengenommen, Bilder bitte separat einsenden.

Auflage 600 Exemplare. Druck: onlineprinters.ch

Autoren in dieser Ausgabe:

- Klemens Koch
- Monika Sommerhalder
- Thomas Kradolfer
- Juraj Lipscher
- Günter Baars
- Maurice Cosandey
- Hansrudolf Dütsch
- Tilmann Geldbach
- Albert Jonas
- Michael Bleichenbacher

Abbildungen:

- wo nicht anders vermerkt, liegen die Bildrechte bei den Autoren der Artikel oder der Redaktion

VSN- Shop www.vsn-shop.ch
Hansrudolf Dütsch h.duetsch@bluewin.ch

Vernier Go Direct



Vereinfachen Sie Ihre Labor-einrichtung, um das Lernen der Schüler zu erleichtern.

Go Direct Sensoren können Sie mit der kostenlosen App Graphical Analysis 4, direkt mit Tablets, Smartphones und Computer per Bluetooth 4.0 verbinden, so dass Sie kabellos und unkompliziert mit Ihren Experimenten starten können. Gleichzeitig sind die Sensoren auch per USB am Computer anschliessbar, falls Sie Daten mit hoher Geschwindigkeit messen wollen. Mit dem Go Direct System stehen Ihnen ab sofort beide Wege offen!

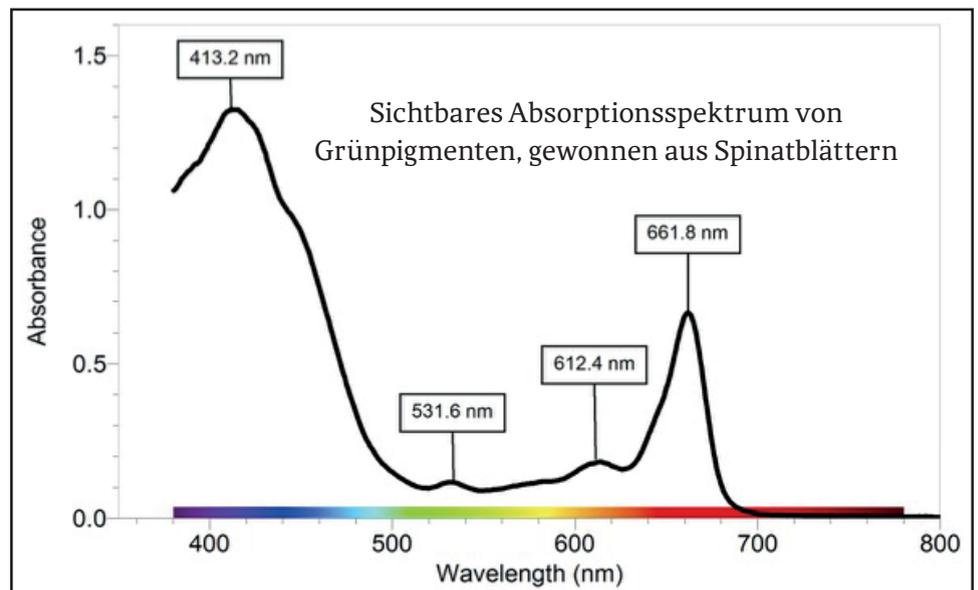
Die integrierten Akkus sind austauschbar und können während des Messvorgangs nachgeladen werden - Ihr drahtloses Mess-System, wie zum Beispiel der SpectroVis Plus Spectrophotometer ist also immer einsatzbereit!

 Go Direct

Go Direct SpectroVis Plus Spectrophotometer

Das portable Vernier Spektrophotometer für den sichtbaren Bereich des Lichts ist leicht bedienbar und ideal für Messungen von Absorptionsspektren verschiedener chemischer und biochemischer Verbindungen. (Artikel-Nr. GDX-SVISPL)

- Wellenlängenbereich: 380 nm-950 nm
- Unterstützung für Fluoreszenz: Zwei Anregungsquellen mit Zentrierung bei 405 nm und 500 nm
- Optische Auflösung (FWHM): 5,0 nm
- Wellenlängengenauigkeit: 4,0 nm



Weitere Informationen zu Vernier Produkten finden Sie in unserem Online Shop unter: <https://educatec.ch/vernier/>