

plusLucis

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts



ANALYTIK

ISSN 1606-3015

Ausgabe 4/2017

Impressum

PLUS LUCIS, Mitteilungsblatt des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts und des Fachausschusses Physik & Schule der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft (VZR: 668472729)
Erscheint vierteljährlich

Medieninhaber und Herausgeber

Verein zur Förderung des physikalischen
und chemischen Unterrichts
Adr.: AECC Physik Universität Wien,
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

Im Web: <http://pluslucis.univie.ac.at>

Redaktion dieser Ausgabe:

Universität Wien, August
Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens
AECC Chemie, Porzellangasse 4/2/2,
1090 Wien
Email: anja.lembens@univie.ac.at
unterstützt durch Dr. Christoph Lue

Preis des Einzelhefts: € 6,-
für Mitglieder € 3,- (ist im Mitgliedsbeitrag
enthalten)
Die jährliche Abonnementgebühr für
Nichtmitglieder beträgt € 20,-.

Offenlegung nach § 25 des
Mediengesetzes: Grundlegende
Richtung: Fortbildung und fachliche
Information für Physik- und Chemielehrer
organisatorische Mitteilungen,
Vereinsinterne

Beiträge werden erbeten an:

Beiträge werden erbeten an:
Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
AECC Physik, Universität Wien
E-Mail: martin.hopf@univie.ac.at
Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens
AECC Chemie, Universität Wien
E-Mail: anja.lembens@univie.ac.at
Ass. Prof. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
Universität Graz, Physikdidaktik
E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at

Es wird erbeten, Beiträge nach
Möglichkeit per E-Mail einzureichen.
Bevorzugtes Dateiformat: MS Word.
Bilder im tif- oder jpg-Format.

Titelbild (Umschlag):

Titelbild (C)

Heftkoordination:

Hörkoordination:

Layout: Maria Wasserburger, BSc

Inhalt

„Wer misst, misst Mist!“ oder „Wie kommen wir zu einem zuverlässigen Messwert?“	4
<i>Rosina Steininger</i>	
 Messen, Zweifeln und Entscheiden.....	8
<i>Gerhard Kern</i>	
 Ein Analyseproblem.....	10
<i>Gerhard Kern</i>	
 Chemische Experimente zum Einstieg in die Analytik.....	13
<i>Elisabeth Niel</i>	
 Analytische Untersuchungen von Alltagsprodukten.....	19
<i>Helga Voglhuber</i>	
 Chemische und Biologische Sensoren: miniaturisierte Analytik „für den Hausgebrauch“	37
<i>Christoph Jungmann & Peter A. Lieberzeit</i>	
 Was ist drin in unserer Wurst?.....	41
<i>Friedrich Bauer</i>	
 Gesetzlich nicht geregelte Schimmelpilzgifte in unserer Nahrung: ein unterschätztes Gesundheitsrisiko?	46
<i>Georg Aichinger & Doris Marko</i>	
 Nachruf Mag. Theodor Duenbostl.....	51
 <i>Internetquellen: Analytik</i>	
<i>Julia Senekowitsch und Christoph Luef</i>	
Der obige Artikel ist auf der AECCC-Homepage https://aeccc.univie.ac.at/home/ abrufbar.	

Editorial

Liebe Leserinnen und Leser!

Die analytische Chemie beschäftigt sich mit zwei Fragestellungen: WAS ist in einer Probe enthalten und WIE VIEL ist davon enthalten? Dementsprechend spricht man oft von *qualitativer Analytik*, die untersucht, welche Stoffe in einer Probe enthalten sind und *quantitativer Analytik*, die versucht, die Frage nach Mengen und Konzentrationen zu beantworten. Im täglichen Diskurs in den Medien ist oft die Rede von Grenzwerten. Seien es nun die Grenzwerte für Ozon oder andere Schadstoffe in der Luft, Nitrat im Trinkwasser, Quecksilber in Speisefischen oder Bisphenol A in Lebensmittelverpackungen – immer ist zunächst die analytische Chemie gefragt, entsprechende Analysemethoden zu etablieren, um die Stoffe nachzuweisen und zu quantifizieren. Mit der Verbesserung von Analysemethoden gehen die Nachweisgrenzen immer weiter nach unten. So kann heute im ewigen Eis der Antarktis fern ab der Zivilisation das seit 2004 international verbotene Pestizid DDT (Dichlordiphenyltrichloethan bzw. nach IUPAC 1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethan) in geringer Konzentration nachgewiesen werden [1]. Nachdem mit Hilfe der modernen analytischen Chemie praktisch „alles überall“ nachgewiesen werden kann, ist es umso wichtiger, sich der Frage zu widmen, wie Analysenergebnisse zustande kommen und wie sie zu interpretieren sind. Dabei stellt sich auch schnell die Frage danach, aufgrund welcher Erkenntnisse Grenzwerte für bestimmte Stoffe festgelegt und kontrolliert werden sollen – schließlich kann man nur das finden, wonach man sucht bzw. suchen kann. Bei der kritischen Interpretation und Diskussion von Analyseverfahren und Daten sind wir rasch bei wichtigen Kompetenzen, die im Chemieunterricht erworben und vertieft werden sollen, um im Alltag informierte Urteile treffen und entsprechend handeln zu können.

Im vorliegenden Heft spannen wir einen Bogen von einfachen Versuchen für die Sekundarstufe I bis hin zu Aspekten der aktuellen Forschung, die für den Schulunterricht von Interesse sein können. Rosina Steininger und Gerhard Kern



Anja Lembens



Christoph Luef

diskutieren zum Einstieg Grundsätzliches zum Thema Messen und Messfehler und bringen dazu konkrete Beispiele aus der kompetenzorientierten Schulpraxis. Elisabeth Niel stellt experimentelle naturwissenschaftliche Übungen vor, die die Schülerinnen und Schüler bereits am Anfang der Sekundarstufe I in Kontakt mit der qualitativen Analytik bringen. Anschließend zeigt Helga Voglhuber auf, wie eine schrittweise Kompetenzentwicklung vom Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift bis hin zum Problemlösen mit naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden gelingen kann. Julia Senekowitsch hat recherchiert, was das Internet an unterstützenden Materialen, Informationen und Videos zum Thema Analytik zu bieten hat. Christoph Jungmann und Peter Lieberzeit stellen aus ihrem Forschungsgebiet chemische und biologische Sensoren vor, die zunehmend Anwendung im Alltag finden, z. B. zur Glucosebestimmung bei Diabetespatienten. Aus dem Bereich der Lebensmittelanalytik berichtet Friedrich Bauer über die Analyse der Zusammensetzung von Wurstprodukten. Schließlich erklären Georg Aichinger und Doris Marko, wie mittels moderner Analysemethoden Schimmelpilzgifte in unserer Nahrung bestimmt werden können und so ein wichtiger Beitrag zur Lebensmittelsicherheit erbracht wird.

Viel Freude und Anregung beim Lesen wünschen

Anja Lembens und Christoph Luef

Literatur

[1] <http://www.spektrum.de/news/gift-aus-dem-eis/1120164>, 18.10.2017

„Wer misst, misst Mist!“ oder „Wie kommen wir zu einem zuverlässigen Messwert?“

Rosina Steininger

Mit Hilfe quantitativer Analyseverfahren versuchen ChemikerInnen festzustellen, wie viel von einem bestimmten Stoff in einer Probe enthalten ist. Dabei bedienen sie sich unterschiedlichster Methoden. Immer jedoch läuft es darauf hinaus, dass bestimmte Messdaten erhoben und aus ihnen, gemeinsam mit anderen Daten, die Konzentration des gesuchten Stoffes in der Probe berechnet wird. Auf dem Weg von der Probennahme bis zum Ergebnis der Analyse werden dabei zahlreiche Schritte durchlaufen. Bei jedem dieser Schritte können sich durch unsauberer Arbeiten oder technische Mängel Fehler einschleichen, die das Ergebnis verfälschen.

Daten und Ergebnisse von Untersuchungen zu analysieren und kritisch zu hinterfragen, zählt zu den im (neuen) Lehrplan angeführten Kompetenzen, die SchülerInnen im Zuge des Chemieunterrichts erwerben sollen. Dort heißt es, die SchülerInnen sollen „*Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren*“; ... „*Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf eine konkrete Frage, Vermutung oder Problemstellung kritisch betrachten*“, ... und „*Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen sowie Schlussfolgerungen kritisch hinterfragen und Gründe für deren Annahme oder Verwerfung angeben*“. [1]

In einem ersten Schritt ist es notwendig, bei den Jugendlichen ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass Messwerte nichts Absolutes sind, sondern das Ergebnis menschlichen Handelns. Menschen haben die jeweiligen Messverfahren und -geräte

entwickelt, andere haben die Geräte produziert, wieder andere haben ihre Funktionstüchtigkeit überprüft und sie gewartet, bevor die EndanwenderInnen Messdaten erheben und daraus Analyseergebnisse berechnen.

1. Einstiege in das Thema „Umgang mit Messwerten“

Im Folgenden soll an zwei Beispielen skizziert werden, wie bei SchülerInnen ein Bewusstsein dafür geweckt werden kann, dass Messwerte stets interpretiert und kritisch hinterfragt werden müssen.

Beispiel 1: Welchem Fieberthermometer kann ich trauen?

Die SchülerInnen werden aufgefordert, anhand des folgenden Concept Cartoons (Abb. 1) zu diskutieren, wie man (beim Fiebermessen) zu einem zuverlässigen Messwert kommt. Der Concept Cartoon geht auf eine wahre Begebenheit zurück: Unsere damals noch kleine Tochter hatte hohes Fieber, und in unserer Sorge um sie haben wir mit einem analogen und einem digitalen Fieberthermometer Fieber gemessen.

Die im Cartoon dargestellte Szene zeigt, wie bedeutsam der Unterschied von einem halben Grad Celsius sein kann, denn Temperaturen von mehr als 41,5 °C sind lebensgefährlich, weil dabei bestimmte körpereigene Eiweiße denaturieren. In den Sprechblasen spricht Lena die „*Probennahme*“ (Mund oder Popo) an. Bei der Messung im Ohr oder unter der

Wie kommen wir zu einem zuverlässigen Messwert?



Abbildung 1: Concept Cartoon zum Thema „Erhebung von und Umgang mit Messdaten“

Achsel erhält man um $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ niedrigere Werte als im After. Alex und Anna machen Vorschläge, wie die „Verrechnung“ der erhobenen Daten (Durchschnitt bzw. Mittelwert) erfolgen soll. Milo thematisiert die Vertrauenswürdigkeit unterschiedlicher Messgeräte (digital vs. analog). (Anmerkung: Im Kinderkrankenhaus erhielt ich damals die Auskunft, dass den analogen Fieberthermometern in der Regel eher zu trauen ist, als den digitalen.)

Beispiel 2: Wie verändert sich die Masse eines Eis während des Kochens?

Die SchülerInnen erhalten (im Zuge der Erarbeitung des Themas Massenerhaltung) den Auftrag, praktisch zu untersuchen, ob bzw. wie sich die Masse eines Hühnereis beim Kochen ändert. Viele SchülerInnen (auch der Oberstufe) erwarten, dass die Masse dabei zunimmt und begründen diese Vermutung damit, dass das Ei dabei „hart“ wird. Stehen mehrere Waagen zur Verfügung, so fällt die Wahl meistens auf diejenige, die die meisten Nachkommastellen anzeigt. Die Messwertpaare der Masse vor und nach dem Kochen zu interpretieren, bringt viele SchülerInnen in Schwierigkeiten, vor allem dann, wenn sie die Wertepaare mit denen ihrer MitschülerInnen vergleichen. Manche fühlen ihre Annahme bestätigt, wenn die Masse beispielsweise von $71,11\text{ g}$ auf $71,24\text{ g}$ (also um 2%) steigt. Andere fühlen sich verunsichert, wenn die Masse in derselben Größenordnung (z. B. von $67,38\text{ g}$ auf $67,28\text{ g}$) sinkt. Wie kann das sein, dass die Masse bei den einen steigt und bei den anderen sinkt?

Diese Aufgabe bietet die Möglichkeit zu thematisieren, dass bei der Erfassung von zwei zu vergleichenden Messwerten darauf zu achten ist, dass die Bedingungen bei beiden Messungen gleich sind. Im konkreten Fall muss das Ei also vor und nach dem Kochen vollkommen trocken sein. Außerdem sollte dieselbe Waage verwendet werden und diese muss entsprechend justiert sein. Darüber hinaus können Begriffe wie Reproduzierbarkeit von Messwerten und der Unterschied zwischen absoluter und relativer Differenz erörtert werden. In diesem Zusammenhang sollte auch darauf eingegangen werden, welche Messgenauigkeit für welche Fragestellung angebracht ist. (Dazu findet man unter [2] S. 30ff Unterrichtsmaterialen (in englischer Sprache).)

2. Fehlerarten – ein Blick in Richtung Statistik

Wenn man also einem einzelnen Messwert nicht vertrauen kann, wie behelfen sich dann WissenschaftlerInnen und

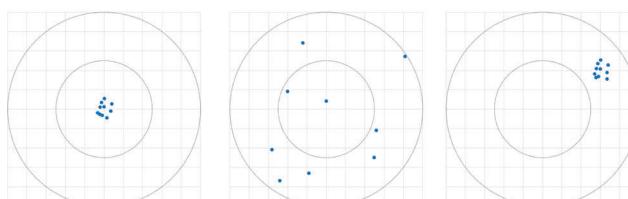


Abbildung 2: zufällige Fehler (links gering, Mitte groß) und systematischer Fehler (rechts)

TechnikerInnen? Zu den gängigen Strategien gehört es, mehrere Bestimmungen von derselben Probe durchzuführen, die Analyse von unterschiedlichen Personen durchführen zu lassen und die Bestimmungsmethoden zu variieren (vgl. Praxisartikel von G. Kern). Auf diese Weise können sowohl zufällige als auch systematische Fehler sichtbar werden. Zufällige Fehler entstehen durch zufällige Prozesse während des Messens. Sie zeigen sich darin, dass sich die Messwerte gleichförmig um den zu erwartenden Wert verteilen und sich herausmitteln. Systematische Fehler hingegen entstehen, wenn beispielsweise eine Probe verunreinigt oder eine Messapparatur falsch geeicht ist. Sie verzerrn das Messergebnis in eine bestimmte Richtung, zeigen jedoch untereinander eine geringe Streuung (vgl. Abb. 2, rechtes Bild). Fällt ein Einzelwert stark aus der Reihe, so bezeichnet man ihn als Ausreißer und berücksichtigt ihn bei der Auswertung nicht. Soweit die Theorie.

Während zufällige Fehler durch mehrfache Wiederholung einer Messung leicht zu erkennen sind, sind systematische Fehler schwieriger zu entdecken. In der Praxis überlagern sich zufällige und systematische Fehler und führen gemeinsam zur Messunsicherheit. Möchte man im Chemieunterricht auf Fehlerarten, statistische Kenngrößen und Ausreißertests näher eingehen, empfiehlt sich ein fächerübergreifender Unterricht mit Mathematik.

(Dazu findet man unter [2] auf S. 15ff Unterrichtsmaterialen (in englischer Sprache).)

3. Auswertung von Messdaten

Wenn SchülerInnen einzeln oder im Team mehrere Bestimmungen derselben Probe durchführen, divergieren die erhobenen Messwerte in der Regel. Es ist deshalb notwendig zu überlegen, wie diese Werte genutzt werden können, um ein Ergebnis zu erzielen, das dem wahren Wert möglichst nahe kommt. (Ein einfaches theoretisches Unterrichtsbeispiel findet man unter [3] Aufgabe 2.)

Meist bietet es sich an, den Mittelwert zu errechnen. Fällt jedoch ein Wert aus der Reihe, so muss zunächst entschieden werden, ob dieser überhaupt in die Berechnung miteinbezogen werden soll. Besser als ihn einfach auszulassen ist es, möglichen Fehlerquellen nachzugehen.

Beispiel 3: Synthese von Kupfer-I-sulfid Cu_2S

Die SchülerInnen werden (beim Erarbeiten des Gesetzes der konstanten Proportionen) aufgefordert, ein Kupferplättchen von ca. 1 g zuzuschneiden und die Masse desselben auf $0,01\text{ g}$ genau zu bestimmen. Anschließend wird das Kupfer mit Schwefel zur Reaktion gebracht und die Masse des entstandenen Produkts ebenfalls auf $0,01\text{ g}$ genau bestimmt. Danach soll das Produkt außerdem dahingehend getestet werden, ob es sich mit Mörser und Pistill zerreiben lässt (vgl. [4]). Die Wertepaare werden auf der Tafel gesammelt und gemeinsam ausgewertet. Die folgenden werden die Messergebnisse von mehreren Gruppen (Anfangsunterricht in der Oberstufe, Wintersemester

2016/17), in Tabellenform (Tab. 1) und als Diagramm (Diagramm 1) dargestellt.

Tabelle 1: Messergebnisse der SchülerInnen in Tabellenform

	m(Cu) [g]	m(Prod) [g]
Team 1	0,81	1,01
Team 2	0,97	1,23
Team 3 *	1,02	1,18
Team 4 *	1,02	1,12
Team 5	1,06	1,30
Team 6	1,10	1,38
Team 7	1,17	1,45
Team 8	1,17	1,50
Team 9 *	1,24	1,44
Team 10	1,32	1,64

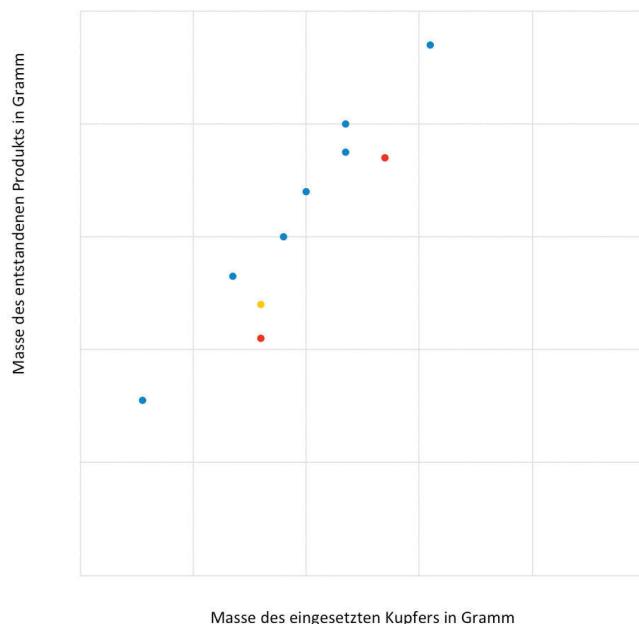


Diagramm 1: Messergebnisse der SchülerInnen grafisch dargestellt

Zunächst wird aus den Messdaten deutlich, dass die Masse des Produkts umso größer ist, je größer die Masse des eingesetzten Kupfers ist. Trägt man die Wertepaare in einem Diagramm ein oder berechnet ihr Verhältnis, so zeigt sich ein annähernd lineares Verhältnis. Allerdings weichen drei der zehn Messwerte davon deutlich ab (gelb bzw. rot gekennzeichnet). Bei der Suche möglicher Ursachen für diese Abweichungen stellt sich heraus, dass sich das Produkt von Team 3 nicht hatte pulverisieren lassen. Das lässt darauf schließen, dass im Inneren noch Kupfer übrig war, das nicht mit dem Schwefel reagiert hat, was erklärt, weshalb die Masse des Produkts bei Team 3 unter dem zu erwartendem Wert liegt (gelber Punkt im Diagramm). Das Ausreissen dieses Wertepaars kann also begründet werden. Es wird deshalb auch nicht weiter berücksichtigt. Anders verhält es sich bei den Werten von Team 4 und Team 9 (rote Punkte im Diagramm). Hier dürfte es die mangelnde Sorgfalt der SchülerInnen gewesen sein, die zu unbrauchbaren Ergebnissen geführt hat. Aber wenn das Wertepaar von Team 3 begründet ausgeschieden werden kann und die Wertepaare von Team

4 und Team 9 noch stärker von der Linearität, die sich aus den übrigen sieben Wertepaaren ergibt, abweicht, scheint ihr Ausscheiden gerechtfertigt.

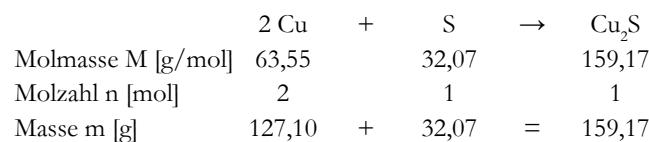
Der Datensatz eignet sich darüber hinaus auch, Trendlinien bzw. Kurvenverläufe zu besprechen. Wertet man die Daten mit Hilfe von Excel unter Einbeziehung aller zehn Wertepaare aus und lässt das Programm eine lineare Trendlinien ermitteln, so erhält man eine Gerade der Gleichung a. Eliminiert man hingegen die drei oben besprochenen Ausreißer, so erhält man eine lineare Ausgleichsgerade der Gleichung b.

- a) $y = 1,2469x - 0,0316$
b) $y = 1,2446x + 0,0073$.

Die beiden Geraden unterschieden sich nur wenig in der Steigung, wohl jedoch im Ordinatenabschnitt. An dieser Stelle ist eine Rückbesinnung auf das praktische Beispiel notwendig: Die Gerade muss durch den Nullpunkt gehen! Aus 0 Gramm Kupfer kann kein Produkt entstehen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache liefert Excel die Gleichungen c (bei Verwendung aller Messdaten) bzw. d (unter Ausschluss der Ausreißer).

- c) $y = 1,2183x$
d) $y = 1,2512x$

Mit Hilfe stöchiometrischer Berechnungen lässt sich auf diese Weise noch einmal belegen, dass die Teams 3, 4 und 9 keine vertrauenswürdigen Messdaten geliefert haben.



Aus 127,10 g Schwefel erhält man theoretische 159,17 g Kupfer-I-sulfid. Das bedeutet, aus 1 g S erhält man 1,2523 g Cu₂S. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung mit der Gerade d).

4. Ringversuch – Abstimmen über die Wahrheit

Zum Nachweis ihrer Analysequalität müssen sich akkreditierte Labore an sogenannten Ringanalysen beteiligen. Dabei verteilt eine Prüfstelle (z.B. die Prüfstelle für Umwelt-, GVO- und Treibstoffanalytik der Umweltbundesamt GmbH [5]) an mehrere Labore gleiche Proben und vergleicht die von diesen Laboren rückgemeldeten Daten untereinander. Der wahre Wert ist dabei auch der Prüfstelle nur ungefähr bekannt. Man geht davon aus, dass durch dieses Vorgehen systematische Fehler verhindert werden und der Mittelwert der rückgemeldeten Daten dem wahren Wert nahe kommt. Labore, deren Werte von diesem Mittelwert stark abweichen, laufen Gefahr, ihre Zulassung zu verlieren.

Beispiel 4: Soll der Honig das österreichische Gütesiegel erhalten?

Die SchülerInnen erhalten zunächst folgende Information:

Honig enthält neben den Zuckern Glucose und Fructose unter anderem zahlreiche Enzyme. Diese tragen dazu bei, dass Honig als hochwertiges Nahrungsmittel gilt. Wird Honig während der Gewinnung und Verarbeitung auf über 40 °C erwärmt, denaturieren diese Enzyme und verlieren dadurch ihre Wirksamkeit. Der Honig wird dadurch minderwertig. Ein wichtiges Qualitätskriterium für Bienengonig ist der Gehalt an Hydroxymethylfurfural (HMF). Zwar ist HMF selbst kein Enzym und entsteht auch natürlich beim Abbau von Zuckern unter Einwirkung von Säuren, jedoch ist seine Bildung stark wärmeabhängig. Der HMF-Wert dient deshalb als Indikator für den Nachweis von Wärmeschäden. Laut EU-Norm darf der HMF-Wert 40 ppm nicht überschreiten. Das österreichische Honiggütesiegel schreibt einen Grenzwert von 15 ppm Hydroxymethylfurfural (HMF) vor.

Welche Labore haben eurer Meinung nach vertrauenswürdige Messdaten geliefert?

Diskutiert, ob dieser Honig das österreichische Gütesiegel erhalten soll. Begründet eure Entscheidungen.

Berechnet man den Mittelwert aller Daten, so ergibt sich ein Wert von 14,98 ppm. Die Daten vom Labor F und Labor H weichen jedoch deutlich von diesem Mittelwert ab, wodurch diese wenig vertrauenswürdig erscheinen. Bezieht man alle zehn Werte in die Berechnung des Mittelwerts mit ein, so könnte der Honig das österreichische Gütesiegel erhalten. Schließt man jedoch die beiden wenig vertrauenswürdigen Werte aus, so erhält man einen Mittelwert von 15,03 ppm. Damit wäre der Grenzwert für das österreichische Gütesiegel überschritten. Allerdings ließe sich einwenden, dass als Grenzwert 15 ppm und nicht 15,00 ppm angegeben werden [6]. Auf ganze ppm gerundet ergeben 15,03 ppm 15 ppm und der Grenzwert wäre in diesem Fall nicht überschritten

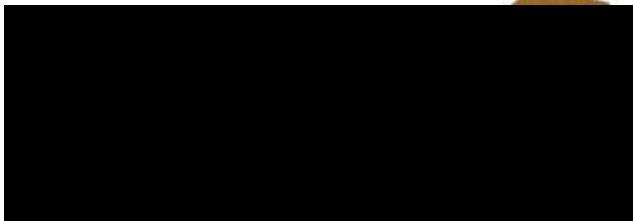


Abbildung 3: Das österreichische Honiggütesiegel

Die daran anschließende Aufgabe lautet:

Eine Honigprobe wurde von der zentralen Behörde an 10 verschiedene Labore verschickt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

Die vier in diesem Artikel skizzierten Aufgabe sollen helfen, den SchülerInnen vor Augen zu führen, dass der Satz „Wer misst, misst Mist“ zwar seine Berechtigung hat, dass es jedoch keine Alternativen dazu gibt. Der wahre Wert einer Messgröße lässt sich in der Regel nicht exakt bestimmen. Durch genaues und wiederholtes Messen erreicht man jedoch eine Annäherung. Darüber hinaus zeigen vor allem die Beispiele 1 und 4 auf, dass das Über-(oder Unter)-schreiten von bestimmten „Grenzwerten“ drastische Konsequenzen (Notaufnahme im Kinderspital bzw. Aberkennung des Gütesiegels) mit sich bringen kann.

Wer nicht misst, der tappt überhaupt im Dunklen.

Tabelle 1

Labor	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
HMF-Gehalt [ppm]	14,9	14,8	14,9	15,3	15,4	16,2	14,7	13,4	15,5	14,7

Dr. Rosina Steininger Universität Wien, Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie

Literatur

- [1] BMB. (2016a). BGBl. II Nr. 219/2016 vom 9. August 2016, 79-84. https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2016_II_219/BGBLA_2016_II_219.pdf
- [2] <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001274/measurement-accuracy-and-precision>
- [3] <https://riecken.de/index.php/2010/10/arbeitsblatt-umgang-mit-messwerten/>
- [4] Chemie begreifen, Schulbuch, Wohlmuth, Michael, S 32, 3. Auflage 2015 <https://www.oebv.at/flippingbook/9783215135477/#32>
- [5] <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/leistungen/Umweltanalytik/ringversuche/Ringversuchskatalog.pdf> <http://www.umweltbundesamt.at/leistungen/dienstleistungen/ringversuche>
- [6] <http://www.imkerzentrum.at/wp-content/uploads/2015/10/Honigqualitaetsordnung-OELB.pdf>

Messen, Zweifeln und Entscheiden

Unterstützung beim Ausschließen zweifelhafter Werte durch statistische Methoden

Gerhard Kern

Im Allgemeinen werden wiederholte Messungen derselben Größe nicht genau dasselbe Ergebnis liefern, andernfalls wäre das Messverfahren zu ungenau eingestellt und man erhielte keinerlei Hinweise auf die Güte der Bestimmung. Man geht davon aus, dass ein wahrer Wert existiert, interpretiert die Einzelmessungen als Zufallsexperimente und schätzt daraus mit Hilfe des Mittelwerts und der empirischen Standardabweichung der erhobenen Messwerte Erwartungswert und Standardabweichung der als normalverteilt angenommenen Zufallsvariablen.

Die Formeln für den Mittelwert $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$ (1)

und die empirische Standardabweichung $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$ (2)

sind den SchülerInnen aus dem Mathematikunterricht bekannt. x_i bezeichnet die einzelnen Messwerte, N ist die Anzahl der Messungen.

Um die Unsicherheit des Messwertes zu kommunizieren, werden Analyseergebnisse häufig in der Form $x = \bar{x} \pm 3 \cdot s$ angegeben, wobei bei weiteren Messungen Werte, die außerhalb dieses Intervalls liegen, mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 1% auftreten werden. Da man bei chemischen Analysen nur wenige, meist drei, Einzelmessungen derselben Größe macht, werden Mittelwert und empirische Standardabweichung als Lage- und Streuungsparameter auch kritisch betrachtet und an Stelle des Mittelwerts der Median und als Maß für die Streuung die Spannweite vorgeschlagen (siehe etwa [1]).

1. Ausreißertests

Problem: Man hat eine Größe mehrfach gemessen, wobei ein einzelnes Ergebnis in auffälliger Weise von den anderen abweicht. Ist diese Abweichung zufällig oder liegt ein Fehler vor, der die Streichung dieses Messwertes (des Ausreißers) rechtfertigt?

Will man nicht „aus dem Bauch heraus“ entscheiden, ob ein Messwert verworfen werden soll oder nicht, so kann man sich einfacher statistischer Hilfsmittel bedienen. Im Folgenden werden zwei so genannte Ausreißertests beschrieben.

1.1 Ausreißertest nach Dean & Dixon [1, 2]

Anzahl N der Messungen: $3 \leq N \leq 10$

Durchführung des Ausreißertests:

- Die Messwerte werden der Größe nach geordnet. $x_1 < x_2 < \dots < x_N$ Ist x_1 oder x_N ein Ausreißer?
- Man berechnet die Quotienten $Q = \frac{x_2 - x_1}{x_N - x_1}$ oder $Q = \frac{x_N - x_{N-1}}{x_N - x_1}$
- Wenn $Q < Q_{95}^N$, dann ist x_1 oder x_N kein Ausreißer (mit $P=95\%$). Wenn $Q \geq Q_{95}^N$, dann ist x_1 oder x_N ein Ausreißer (mit $P=95\%$)

Die Werte von Q_{95}^N liest man aus Tabelle 1 (aus [3], S.73) ab.

Tabelle 1

N	3	4	5	6	7	8	9	10
Q₉₅^N	0,941	0,765	0,642	0,560	0,507	0,468	0,437	0,412

Beispiel 1 (aus [1], S. 637): Die Tabelle gibt den Gehalt (%) an Natrium-Oxid in Soda-Asche an:

Tabelle 2

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	\bar{x}
40,02	40,12	40,16	40,18	40,18	40,20	40,14

$$Q = \frac{40,12-40,02}{40,20-40,02} = \frac{0,10}{0,18} = 0,56$$

oder

$$Q = \frac{40,20-40,18}{40,20-40,02} = \frac{0,02}{0,18} = 0,11$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% ist 40,02 ein Ausreißer (Die Entscheidung fällt knapp aus und auch nur, wenn man die Anzahl der signifikanten Stellen streng berücksichtigt.).

Vergleich vor und nach der Eliminierung des Ausreißers:

	vorher	nachher
x	40,14 (Median: 40,17)	40,17 (Median: 40,18)
s	0,06623	0,03033
Ergebnis $x \pm 3 \cdot s$	$40,14 \pm 0,20 \Leftrightarrow x \in [39,94; 40,34]$ Intervalllänge 0,40	$40,17 \pm 0,09 \Leftrightarrow x \in [40,08; 40,26]$ Intervalllänge 0,18

Beispiel 2:

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
16,3	20,6	20,8	21,0	21,2

Ist 16,3 ein Ausreißer?

1.2 Ausreißertest nach Grubbs [4]

Durchführung des Ausreißertests:

- a) Man sucht den Messwert, der am weitesten vom Mittelwert entfernt liegt und dividiert dessen Abstand vom Mittelwert durch die Standardabweichung.

$$g = \frac{\max_{i=1,\dots,n} |x_i - \bar{x}|}{s}$$

- b) Ist das Ergebnis größer als eine kritische Schranke g_{krit} , so handelt es sich um einen Ausreißer (siehe Tabelle 3 aus [4]).

Tabelle 3

N	g_{krit} $\alpha = 0,05$
3	1,1543
4	1,4812
5	1,7150
6	1,8871
7	2,0200
8	2,1266
9	2,2150
10	2,2900

Angewendet auf das obige Beispiel (Natriumoxid-Gehalt in Soda-Asche) ergibt sich:

$$\max_{i=1,\dots,n} x_i - \bar{x}_i$$

$$\bar{x} = 40,14$$

$$s = 0,06623$$

$$g = 1,862 < 1,8871$$

Diesem Test zufolge wäre x_1 kein Ausreißer. Was soll man mit solch widersprüchlichen Ergebnissen anfangen? Ein Test klassifiziert einen Wert als Ausreißer, ein anderer nicht. Bedenkt man, dass der Median gegenüber extremen Werten robuster ist als der Mittelwert (vergleiche Tabelle bei Beispiel 2 oben), so wird man wohl dazu neigen, x_1 auszuschließen.

2. Mathematischer Hintergrund

Für den Ausreißertest nach Dean & Dixon soll ein wenig der mathematische Hintergrund beleuchtet werden: Bei hinreichend großer Anzahl von Stichproben kann man den Mittelwert und die empirische Standardabweichung als Schätzer für eine normalverteilte Grundgesamtheit verwenden. Bei kleinen Stichproben erscheint diese Annahme gewagt. 1908 veröffentlichte Gosset unter dem Pseudonym Student [5] eine Arbeit, die sich mit der Problematik kleiner Stichprobenzahlen beschäftigt. Gosset veröffentlicht darin neben Häufigkeitsverteilungen für empirische Standardabweichungen kleiner Stichproben, die aus einer normalverteilten Grundgesamtheit gezogen wurden, auch Häufigkeitsverteilungen einer Größe z , die sich folgendermaßen berechnet:

$$z = \frac{\bar{x}_{\text{Stichprobe}} - \bar{x}_{\text{Grundgesamtheit}}}{s},$$

wobei s die empirische Standardabweichung der Stichprobe bedeutet. Beide Häufigkeitsverteilungen sind keine Normalverteilungen. Sie sind heute als Students t-Verteilungen oder kurz t-Verteilungen [6] bekannt. Der Ausreißertest nach Dean & Dixon greift auf diese t-Verteilungen zurück und versucht eine Antwort auf die Frage, ob die deutliche Abweichung des in Frage gestellten Wertes zufällig ist oder nicht. Das geschieht durch Vergleich der Testgröße Q (siehe oben) mit einem in Abhängigkeit von der Größe der Stichprobe berechneten theoretischen Wert. Dabei wird auch noch die Irrtumswahrscheinlichkeit berücksichtigt. Die hier angegebenen Werte gelten für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%. In der zitierten Literatur findet man auch Tabellen für andere Irrtumswahrscheinlichkeiten. Wie sind nun die Aussagen des Ausreißertests zu interpretieren? Wird ein Messwert auf Grund des Tests verworfen, so bedeutet das folgendes: Die Wahrscheinlichkeit, dass die Abweichung von den übrigen Werten zufällig ist, ist 5% oder kleiner. Es wird also angenommen, dass der Wert fehlerhaft ist

Mag. Gerhard Kern *Bundesgymnasium, Bundesrealgymnasium und Bundesoberstufenrealgymnasium Eisenstadt Kurzwiese*

Literatur

- [1] Dean, R. B., Dixon, W. J. (1951). Simplified Statistics for Small Numbers of Observations. *Anal. Chem.* 23(4), 636-638.
- [2] http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/cc_outlier_tests_dixon.html (Stand: 01.10.2017)
- [3] Dixon, W. J. (1951). Ratios involving extreme values. *The Annals of Mathematical Statistics*, 22/1, 68-78.
- [4] http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/ee_grubbs_outliertest.html (Stand: 01.10.2017)
- [5] Student (1908). The probable error of mean. *Biometrika* 6/1, 1-25.
- [6] <http://matheguru.com/stochastik/t-verteilung-students-t-verteilung.html> (Stand: 03.10.2017)

Ein Analyseproblem

Gerhard Kern

In diesem Beitrag werden für die Bestimmung ein und derselben Substanz drei analytische Methoden vorgestellt, die direkt oder nach Abwandlung als Anleitungen für Schülerexperimente der Oberstufe verwendet werden können. Je nachdem, was man vorgibt, kann man die Aufgabenstellungen sowohl dem Umfang als auch dem Anforderungsniveau nach variieren. Der Text richtet sich an SchülerInnen. Die Literaturverweise kann man u. U. entfernen. Didaktische Hinweise und Anmerkungen für die Lehrperson finden sich am Ende in einem eigenen Abschnitt.

Eisen-Ionen abhängt. Die Konzentration wird durch Vergleich mit einer Farbtafel bestimmt.

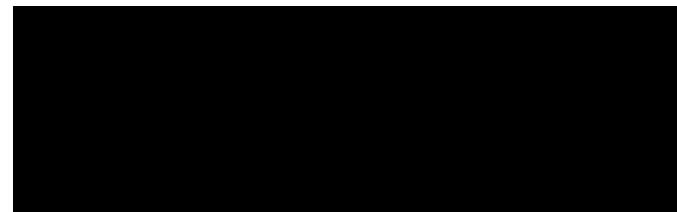


Abbildung 1: Farbtafel zur Bestimmung der Eisen(II)-Ionen-Konzentration

1. Ein Analyseproblem

Ein Kurort, dessen natürliches Heilmittel eisenhaltiges Wasser ist, lässt zur Erschließung einer neuen Quelle Probebohrungen durchführen und wird tatsächlich fündig. Nun soll das Wasser auf seinen Eisengehalt hin untersucht werden. Das Wasser einer älteren Quelle enthält pro Liter 7,3 mg Eisen-Ionen, wobei das Verhältnis von zweiwertigen zu dreiwertigen Eisen-Ionen schwanken kann, der Gesamteisengehalt ist jedoch konstant.

Im Folgenden werden drei Analysemethoden vorgestellt, mit denen man auch in der Schule Eisengehalte bestimmen kann.

- Lest die drei Arbeitsanleitungen durch und gebt zu jeder Methode an, in welchem Intervall die Konzentrationen (mol/L, g/L) der zu erfassenden Eisen-Ionen liegen dürfen. Berücksichtigt dabei, dass bei der Maßanalyse die Titrationsvolumina zwischen 10 und 20 mL liegen sollten.
- Welches Volumen des oben beschriebenen eisenhaltigen Wassers müsste man jeweils als Probenvolumen einsetzen?
- Die Messung sollte auf zumindest zwei signifikante Stellen genau möglich sein.
- Wählt aus den beschriebenen Methoden eine oder mehrere geeignete aus und diskutiert jeweils Vor- und Nachteile der Methode. Haltet die Ergebnisse eurer Diskussion schriftlich fest.
- Entwerft einen Untersuchungsplan unter der Annahme, die Wasserprobe enthielt insgesamt etwa 10 mg Eisen-Ionen pro Liter Wasser, wobei sowohl zwei- als auch dreiwertige Ionen gleichzeitig vorhanden sein können. Besprecht euren Plan mit der Lehrperson und führt danach die Untersuchung durch.

1) Eisenbestimmung mit Teststreifen¹

Bestimmungsmethode: Eisen(II)-Ionen bilden mit einer Substanz im Teststreifen (2,2'-Bipyridin) einen tiefroten Komplex, dessen Farbintensität nur von der Konzentration der

¹ z. B. Eisen-Teststäbchen, MQuant™, Bestellnummer 1.10004.0001, Merck Millipore

Gebrauchsanweisung [1]:

1. Teststäbchen 1 Sekunde in die zu prüfende Lösung so eintauchen, dass die Reaktionszone voll benetzt wird.
2. Teststäbchen herausnehmen, überschüssige Flüssigkeit leicht abschütteln und nach 10 Sekunden Reaktionszone mit der Farbskala vergleichen.

Abstufung: 0 – 3 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 – 500 mg/L Fe²⁺
Anmerkungen

- Der pH-Bereich der zu prüfenden Lösung sollte zwischen 1 und 7 liegen.
- Der Test erfasst nur zweiwertige Eisen-Ionen. Fe³⁺-Ionen werden bestimmt, indem man in etwa 10 mL der zu prüfenden Lösung eine Spatelspitze Ascorbinsäure löst und nach etwa 10 – 15 s die Eisen-Ionen-Konzentration ermittelt.

2) Eisenbestimmung photometrisch

Bestimmungsmethode: Eisen(III)-Ionen bilden mit Kaliumthiocyanat einen tiefroten Komplex, dessen Farbintensität (im Rahmen dieser Beschreibung)² nur von der Konzentration der Eisen-Ionen abhängt. Die Intensität der Farbe lässt sich durch Messung der Lichtabsorption A (Absorbanz) bei definierter Wellenlänge quantitativ erfassen.

Es gilt das Lambert-Beer'sche Gesetz

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot c$$

wobei I_0 die Intensität des Lichtstrahls vor dem Durchgang durch die Probe bezeichnet, I die Intensität des Lichtstrahls nach dem Durchgang durch die Probe, ε eine Konstante und c

² Die Beschreibung ist angelehnt an [2]. Allerdings hat der Eisenthiocyanat-Komplex nur in einem eingeschränkten Konzentrationsbereich einheitliche Zusammensetzung, siehe etwa [3]. Die üblicherweise für Eisen in Wasser angewendete Methode (siehe etwa [4]) ist der eingesetzten Substanzen wegen für die Schule nicht geeignet.

die Stoffmengenkonzentration der Probe, im vorliegenden Fall der Eisen-Ionen. Die Absorbanz A ist also direkt proportional zur Konzentration.

Hat man durch Messen der Intensitäten von Lösungen bekannter Konzentrationen eine Kalibriergerade erstellt, so kann man die Konzentration in einer unbekannten Lösung durch Messen der Absorbanz bestimmen.

Die folgende Arbeitsvorschrift setzt voraus, dass Eisen als dreiwertiges Ion vorliegt. Zweiwertiges Eisen muss vor der Bestimmung oxidiert werden, z. B. mit Wasserstoffperoxid-Lösung.

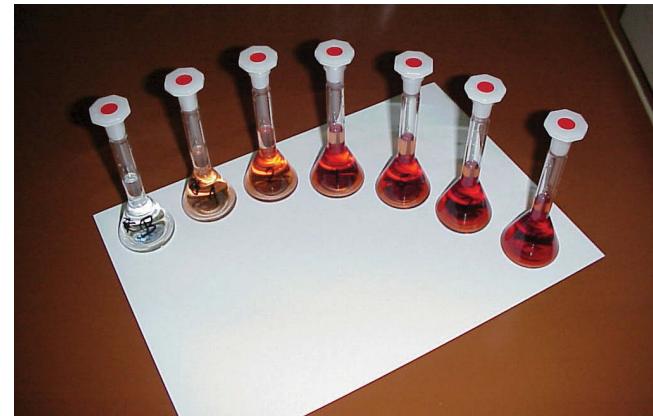


Abbildung 2: Blind- und Kalibrierlösungen für die photometrische Eisen(III)-Bestimmung

Geräte und Chemikalien:

- Fe^{3+} - Stammlösung: Ammoniumeisen(III)-sulfat-Lösung, $c((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}) = 3,581 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$
- Kaliumthiocyanat-Lösung, $\beta(\text{KSCN}) = 200 \text{ g/L}$, GHS07, Achtung
- Schwefelsäure-Lösung, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5 \text{ mol/L}$, GHS05, Gefahr
- Wasserstoffperoxid-Lösung, $w(\text{H}_2\text{O}_2) = 6\%$, GHS05, GHS07, Gefahr
- Photometer samt passender Küvetten
- Vollpipetten: 1,00 mL, 2,00 mL, 5,00 mL, 10,00 mL
- Pipettierhilfe
- 6 Maßkolben 20 mL

a) Erstellen der Kalibriergeraden

- Blindlösung: Man pipettiert 5,00 mL KSCN-Lösung und 2,00 mL Schwefelsäure-Lösung in einen 20 mL Maßkolben und füllt mit Deionat zur Marke auf. Diese Lösung enthält alle Bestandteile in denselben Konzentrationen wie die Kalibrierlösungen mit Ausnahme des Eisens.
- Kalibrierlösungen: Man pipettiert 5,00 mL KSCN-Lösung und 2,00 mL Schwefelsäure-Lösung in einen 20 mL Maßkolben und fügt das jeweils angegebene Volumen Stammlösung zu. Danach wird mit Deionat zur Marke aufgefüllt. Es sind 5 Kalibrierlösungen mit folgenden Volumina Stammlösung herzustellen: 1,00 mL, 2,00 mL, 5,00 mL, 7,00 mL und 10,00 mL.
- Am Photometer wird die Wellenlänge 470 nm eingestellt. Danach erfolgt die Festlegung von 0% Transmission und 100% Transmission nach Kurzanleitung am Gerät.
- Die Absorbanzen der Kalibrierlösungen werden gemessen und tabellarisch festgehalten.
- Die Messwerte werden gegen die Konzentrationen maßstäblich aufgetragen.
- Überprüft optisch die Linearität der Abhängigkeit von Konzentration und Absorbanz, berechnet die Steigung der Geraden und den Faktor, mit dem ihr gemessene Absorbanzen multiplizieren müsst, um daraus Konzentrationen zu erhalten!

Steigung der Geraden: , Faktor:

b) Eisenbestimmung in einem Eisensäuerling

- Pipettiert 5,00 mL KSCN-Lösung und 2,00 mL Schwefelsäure-Lösung in einen 20 mL Maßkolben und fügt 10,00 mL des zu untersuchenden Wassers zu. Entfernt durch sorgfältiges und mehrmaliges Schütteln das freiwerdende Gas und füllt bis zur Marke auf!
- Bestimmt die Absorbanz der Lösung!
- Nehmt die Küvette aus dem Photometer, setzt 3 Tropfen Wasserstoffperoxid-Lösung zu und photometriert nach dem Durchmischen erneut!
- Berechnet aus euren Messwerten die Massenkonzentration an Eisen(III)-Ionen, an Eisen(II)-Ionen und den Gesamteisengehalt (jeweils in mg/L) des untersuchten Wassers!

Kasten 1

Tabelle 1

Volumen Stammlösung	0 mL (Blindwert)	1,00 mL	2,00 mL	5,00 mL	7,00 mL	10,00 mL
Konzentration berechnet						
Absorbanz						

3) Eisenbestimmung komplexometrisch [5]

Die Eisen-Ionen müssen in dreiwertiger Form vorliegen. Eisen(II)-Ionen können durch Erhitzen mit Salpetersäure oxidiert werden.

Prinzip: Eisen(III)-Ionen bilden mit Sulfosalicylsäure einen farbigen Komplex, der durch EDTA zerstört wird.

Geräte und Chemikalien:

- Probelösung, die sowohl Fe^{2+} - als auch Fe^{3+} - Ionen enthält
- Lösung von Sulfosalicylsäure¹ (3 g in 100 mL Deionat)
- EDTA-Lösung, $c(\text{EDTA}) = 0,1 \text{ mol/L}$
- Salpetersäure 65% p.a.
- Spezial-Indikatorpapier (pH 0,5 – 5)
- Deionat
- Bürette 50 mL
- Vollpipette 50,00 mL
- Pipettierhilfe
- Titrationskolben 250 mL

Durchführung:

Von der Probe werden 50,00 mL in den Titrationskolben pipettiert, mit Deionat auf etwa 100 mL verdünnt und mit Salpetersäure (65%) auf einen pH-Wert von 2,5 eingestellt (etwa 3 Tropfen). Nach Zugabe von einigen Tropfen Sulfosalicylsäure wird mit EDTA ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) bis zum Farbumschlag nach gelb titriert.

¹ 5-Sulfosalicylsäure-Dihydrat, CAS-Nr. 5965-83-3

Kasten 2

Hinweise für die Lehrperson

- Diese Anleitung wurde in genau der Form in einer siebten Klasse eines Realgymnasiums mit schulautonomem Fach „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ gegen Ende des Schuljahres eingesetzt. Die SchülerInnen kannten bereits unterschiedliche Varianten der Maßanalyse und die Photometrie, hatten die Verfahren allerdings an anderen Substanzen kennen gelernt. Die Aufgabe stellte sich in der vorliegenden Form als anspruchsvoll heraus, war aber bewältigbar. Von den angegebenen Methoden erwies sich nur die Photometrie als brauchbar im Sinne der eingangs gestellten Forderungen. Teststreifen ermöglichen zwar eine erste Orientierung und liefern Hinweise für eventuell vorzunehmende Verdünnungen, erfüllen aber im gegebenen Kontext die Bedingung der Messgenauigkeit von zumindest zwei signifikanten Stellen nicht. Berechnet man die Konzentrationen der Kalibrierlösungen für die Photometrie, so erhält man die in der Tabelle unten eingetragenen Werte. Damit liegt der Messumfang der beschriebenen Methode im interessierenden Bereich. Für die komplexometrische Titration nach der gegebenen Vorschrift brauchte man (bei angenommenem Titrationsvolumen von 15 mL) ein Probevolumen von 168 Litern oder müsste dieses Volumen auf ein leichter handhabbares eindampfen. Da sich auf Grund der Berechnungen der SchülerInnen nur das photometrische Verfahren als geeignet herausgestellt hatte, wurde auch nur dieses praktisch durchgeführt. Die Messwerte für die Kalibrierlösungen in der Tabelle unten wurden dabei gewonnen. Als Probe diente das Wasser aus Bad Sauerbrunn im nördlichen Burgenland. Im Grunde kann man jedes eisenhaltige Wasser verwenden oder sich notfalls Lösungen aus Fe(II)- und Fe(III)-Salzen herstellen. Die Lösungen von Ammoniumeisen(II)-sulfat sind im Vergleich zu Eisen(II)-sulfat-Lösungen deutlich stabiler, d. h. die zweiwertigen Eisen-Ionen werden nicht so leicht zu Eisen(III) oxidiert.

- Beim Ansetzen der Stammlösung für die Photometrie muss verdünnte Schwefelsäure vorgelegt werden, um die Bildung von Trübungen zu vermeiden. Um derart kleine Konzentrationen sinnvoll zu erreichen, kann man schrittweise vorgehen, also zunächst beispielsweise 1,727 g $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ zu 1 Liter lösen und dann 10,00 mL davon auf 100 mL verdünnen.
- Will oder kann man die Photometrie nicht durchführen lassen, so kann man mit den folgenden Daten arbeiten:

Kasten 3: Hinweise für die Lehrperson**Tabelle 2**

Volumen Stammlösung [mL]	0 (Blindwert)	1,00	2,00	5,00	7,00	10,00
Konzentration berechnet [mg/L]	0	1	2	5	7	10
Absorbanz	0	0,170	0,358	0,910	1,250	1,800

Sinnvolle Absorbanzen vor und nach der Zugabe der H_2O_2 -Lösung lassen sich leicht erfinden. Ein frisch von der Quelle gezapftes Wasser enthält überwiegend Fe(II)-Ionen. Lässt man Eisenwasser natürlichen Ursprungs längere Zeit stehen, so entstehen zunächst gelblich-braune Trübungen und schließlich rostfarbene Niederschläge.

Mag. Gerhard Kern *Bundesgymnasium, Bundesrealgymnasium und Bundesoberstufenrealgymnasium Eisenstadt Kurzwiese*

Literatur

- [1] Merck (o. J.). Merckoquant®-Tests. Teststäbchen zur halbquantitativen Bestimmung von Ionen und Verbindungen. Firmenschrift der Fa. E. Merck, Frankfurter Straße 250, D-6100 Darmstadt 1, S. 50f.
- [2] <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/3/anc/croma/kalibrierung.vlu/Page/vsc/de/ch/3/anc/croma/datenauswertung/quantitativ/externerstandard/beispiel/exst1bei1103.vscml.html> [17.09.2017]
- [3] Lewin, S. Z. & Wagner, R. S. (1953). The nature of iron(III) thiocyanate in solution. *Journal of Chemical Education* 30(9), 445-450.
- [4] Matissek, R., Steiner, G. & Fischer, M. (2014). Lebensmittelanalytik. Berlin: Springer, S. 426-429.
- [5] Merck KGaA, Darmstadt (Hrsg) (o.J.). Das 1x1 der Komplexometrie. Aus der Praxis für die Praxis. ISBN: 3-00-008297-2. Merck Bestell-Nr. 4.03092.001, S. 67f. und 50.

Chemische Experimente zum Einstieg in die Analytik

Aus den Übungen für die 5. bis 7. Schulstufe

Elisabeth Niel

Mit großen Erwartungen kommen die Schüler/innen der ersten, zweiten und dritten Klassen zu den „Experimenten“, einer Unverbindlichen Übung, die nachmittags am Stundenplan steht. Hier wird beobachtet, experimentiert, überlegt, Neues ausprobiert, Bewährtes wiederholt und schließlich werden knifflige Aufgaben gelöst. Für die (meist zwei) Gruppen der Kinder der ersten Klassen steht je eine Wochenstunde im Sommersemester zur Verfügung. Jede Stunde hat ein eigenes Thema, zu dem einfache Experimente instruktionsgeleitet durchgeführt werden. Die Kinder haben anschließend Zeit, nach eigenen Vorstellungen zu experimentieren. Die Kinder der zweiten und dritten Klassen experimentieren in 14-tägig stattfindenden Doppelstunden im Wintersemester. Jede Übungseinheit enthält „Grundexperimente“ zu einem Thema. Diese Versuche werden vorgestellt und anschließend von den Schüler/innen selbst durchgeführt und variiert.

Dem Unterrichtskonzept der „Experimente“ liegt zugrunde, dass die Kinder Freude beim Experimentieren haben sollen, staunen können und die Erfahrung machen, dass Versuche verlässlich wiederholbar sind. Auf diese Weise werden die Kinder mit der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise vertraut und erwerben Kenntnisse und Fertigkeiten im Bereich der chemischen Grundbildung. Sie erfassen und beschreiben die Sachverhalte phänomenologisch. Die Versuche werden in einem eigenen kleinen Heft sorgfältig aufgeschrieben bzw. skizziert. Um dem Chemieunterricht in der Unterstufe nichts vorwegzunehmen werden weder chemische Formeln verwendet noch werden Experimente aus dem Pflichtunterricht durchgeführt.

Im Folgenden werden exemplarisch einige Versuche beschrieben und ihr Einsatz in Aufgaben aufgezeigt.

1. Ermitteln von Stoffeigenschaften:

Bezug zum Lehrplan der Sekundarstufe 1:

„Bewusstes Beobachten chemischer Vorgänge. Kennenlernen chemischer Prinzipien und Arbeitstechniken auch anhand selbst durchgeführter Experimente“

Zu Einteilung und Eigenschaften von Stoffen: „Einsicht gewinnen in die verschiedenen Einteilungskriterien für die Materie“

1.1 Grundexperiment: Steckbriefe weißer Pulver

Material:

„weiße Pulver“: z. B. Salz, Zucker, Mehl, Gips, Backpulver, Ascorbinsäure (Vitamin C), Zitronensäure, Soda (Kristallsoda). Lupe, Marmeladeglas mit Deckel, Messbecher, Holzkluppe, Spatel bzw. Mikrospateln, Alufolie (Stücke etwa 10 x 10 cm), Teelicht, Zünder, Unterlage, Schutzbrille.



Abbildung 1: Material: Steckbriefe

Durchführung:

Zuerst wird mit einer „Mikrospatel“ (aus einem Trinkhalm gefertigt) ein wenig Pulver auf ein Blatt Papier gegeben und mit einer Lupe die Form der einzelnen Kristallchen betrachtet, möglichst präzise beschrieben und als „Bild“ in den Steckbrief eingezeichnet.

Zur Ermittlung der Löslichkeit wird eine Spatelportion des Pulvers in ein Marmeladeglas mit ca. 25 mL Wasser eingebracht. Das Glas wird mit dem Deckel verschlossen und geschüttelt. Danach wird festgestellt, in welchem Ausmaß sich das Pulver gelöst hat. Auch dies wird in den Steckbrief eingetragen. Abschließend wird das Verhalten des Pulvers in der Hitze untersucht. Auf eine Seite einer „Schmelzrinne“ aus Alufolie wird wenig Pulver gegeben und über einer Kerzenflamme erhitzt. Veränderungen des Pulvers werden beobachtet und notiert.

Der Hefteintrag (das Protokoll) erfolgt in altersadäquater Sprache bzw. wird gezeichnet.

Bei dieser Aufgabe lernen die Schüler/innen genau zu beobachten, sowie die Löslichkeit und das thermische Verhalten von Stoffen zu ermitteln.

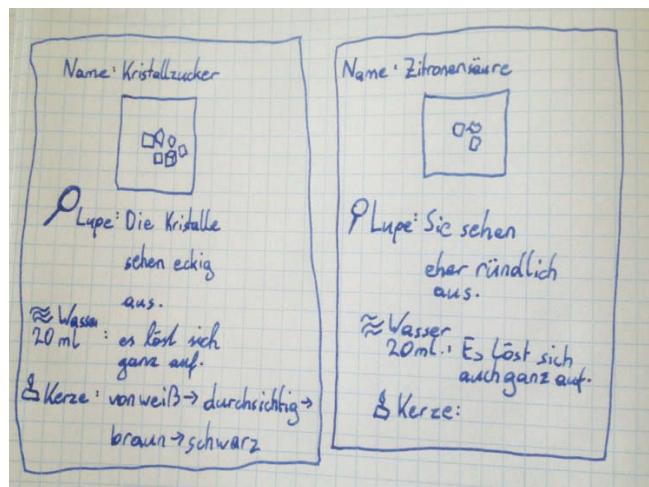


Abbildung 2: Protokollieren der Steckbriefe

1.2 Aufgabe: „Chaos im Küchenkasten“

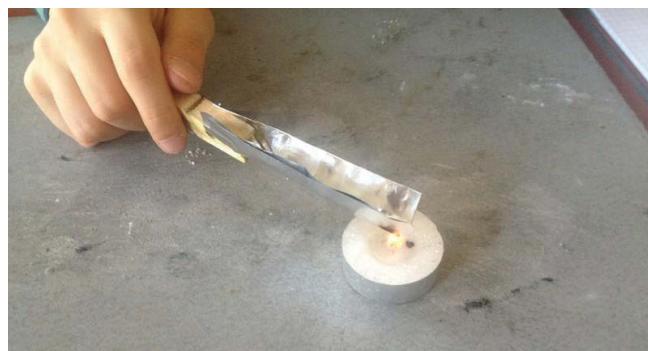


Abbildung 3: Hitzetest für ein weißes Pulver

Im Küchenkasten haben sich von einigen Behältern die Beschriftungen gelöst. Britta und Susi sollen dieses „Chaos“ in Ordnung bringen und die Etiketten wieder richtig ankleben. Sie überlegen ein wenig und haben nach kurzer Zeit einen Plan: sie werden die Eigenschaften der unbekannten Pulver bestimmen und mit ihren Notizen im Praktikumsheft vergleichen. Sie sind sich sicher, das Problem lösen zu können.

Von fünf Gläsern haben sich die Etiketten gelöst. Auf den fünf abgelösten Etiketten steht:

Zucker, Salz, Mehl, Backpulver und Zitronensäure.

Britta und Susi wollen mit geeigneten Experimenten die Beschriftungen richtig zuordnen. Sie suchen das Material dafür zusammen und beginnen sofort mit den Versuchen.

Britta zeichnet eine Tabelle, die ihnen bei der Lösung der Aufgabe helfen soll.

Tabelle 1: Die Versuchsergebnisse werden in die Tabelle eingetragen

Dosennummer	Beobachtungen bei Versuchen	die Dose enthält:
1		
2		
3		
4		
5		

Angeleitet durch „Kontextkinder“ sind die Schüler/innen (meist) in der Lage, diese Aufgabe erfolgreich zu lösen. Sie lernen genau zu beobachten sowie die Löslichkeit und das thermische Verhalten von Stoffen festzustellen.

2. Trennmethoden

Bezug zum Lehrplan der Sekundarstufe 1:

„Kennenlernen chemischer Prinzipien und Arbeitstechniken auch anhand selbst durchgeföhrter Experimente.“

Zu „Einsicht gewinnen in die Eigenschaften der Gemenge und Reinstoffe“

„Kennenlernen der Möglichkeiten zur Trennung von Gemengen am Beispiel wichtiger Trenn- und Aufbereitungsverfahren.“

2.1 Grundexperiment: Farbenwettlauf – Einsatz der Papierchromatographie



Abbildung 4: Material Farbenwettlauf

Material:

Kleine Messbecher (50 mL), rechteckiges Filterpapier (ca. 5 x 10 cm), verschiedene wasserlösliche Filzstifte (möglichst schwarz bzw. dunkle Farben, von verschieden Firmen), Schere, Wasser, kleine Holzkluppen, Lineal.

Papierchromatographie von Tinten und Filzstiftfarben: „Hier laufen die Farben um die Wette!“

Dieses allseits bekannte und sehr beliebte Experiment fehlt in keinem Anfängerkurs. Die Kinder sind jedes Mal überrascht, wenn sie die Farben sehen, die in Tinten und Filzstiften „versteckt“ sind. Zunächst werden auf der Schmalseite eines Filterpapierstreifens (~ 5 x 10 cm) etwa 1 cm vom Rand entfernt drei bis vier Punkte mit verschiedenen Tinten aufgetragen. Das Papier wird so in ein Glas, in das bodenbedeckt Wasser gegeben wurde, gestellt bzw. mit den kleinen Holzkluppen befestigt, dass die Farbflecke mit dem Wasser hochwandern können.

Farbgemische werden aufgetrennt, bei Reinstoffen wandert der Farbfleck eine bestimmte Strecke mit.

2.2 Aufgabe

Was steckt in braunen Filzstiften? Womit wird Cola – Limonade gefärbt?
„Wird Cola - Limonade mit brauner Filzstiftfarbe gefärbt?“
Finde es mit einem Experiment heraus!

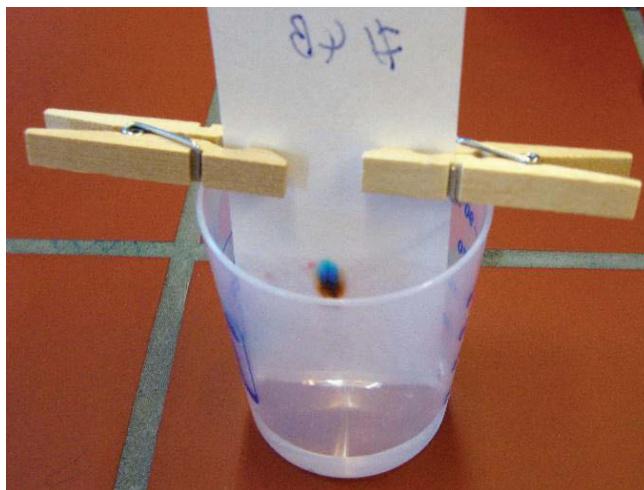


Abbildung 5: Papierchromatogramm: brauner Filzstift

Material:

Messbecher 100 mL, Filterpapierstreifen ($\sim 3 \times 5$ cm), braune(r) Filzstift(e), Coca-Cola – Limonade, Kochplatte, PPP (Einweg-Pasteurpipetten aus Kunststoff), kleines Becherglas oder Alu-Schälchen, Tiegelzange.

Experimentieranleitung: Die Lehrkraft erörtert mit den Kindern die Fragestellung und gibt folgende Hilfestellungen bei der experimentellen Durchführung:

- ~ 10 mL Cola werden vorsichtig auf einer Heizplatte in einem 50 mL Becherglas oder einem Aluschälchen bis zur Hälfte eingegossen (es soll nicht karamellisieren).
- Auf einem Filterpapierstreifen werden Punkte mit dem braunen Filzstift und der konzentrierten Cola-Limonade (mit der PPP) aufgetragen und wie gewohnt entwickelt.

Nun kann die Frage nach dem Limonadenfarbstoff beantwortet werden.



Abbildung 6: Papierchromatogramm: Cola (links), Filzstift (rechts)

3. Säuren und Laugen

Bezug zum Lehrplan der Sekundarstufe 1: „Grundmuster chemischer Reaktionen“

„Alltagsbezogenes Erkennen der Bedeutung saurer und basischer Lösungen.“

„Einsicht gewinnen in wichtige Eigenschaften und Reaktionen von Säuren, Basen und Salzen.“



Abbildung 7: Material für Experimente mit Rotkrautsäft

3.1 Grundexperiment: Rotkrautsäft – ein Zaubertrank!

Der Rotkrautsäft, der in den Übungen verwendet wird, wird zunächst mit den Kindern frisch zubereitet.

Die selbstständige Herstellung von Rotkrautsäft ist für viele Kinder neu und interessant. Der Farbwechsel mit Säuren und Laugen begeistert sie sehr.

Material:

Rotkraut, Messer, Schneidbrett, Topf, Heizplatte, Sieb, einige Messbecher (~ 50 - 100 mL), Zitronensäure, Waschsoda, Essig, Backpulver, Spatel, einige PPP.

Durchführung:

Ein Stück Rotkraut wird fein geschnitten, ins Wasser gegeben und bis zum Sieden erhitzt. Nach ca. fünf Minuten Kochzeit werden die Krautstücke entfernt. Der Rotkrautsäft ist für die Experimente einsatzbereit.

- die Schüler/innen bekommen Rotkrautsäft in einem Messbecher ($\sim \frac{1}{2}$ voll) und in zwei weiteren Messbechern je eine Spatelportion Zitronensäure und Waschsoda. Säure und Soda werden in je ~ 25 mL Wasser gelöst. Mit einer PPP werden ca. 2 mL Rotkrautsäft zu den Probelösungen zugegeben. Was ist passiert? Die Beobachtungen werden gemeinsam formuliert und ins Praktikumsheft eingetragen.
- in weiteren Versuchen werden Essig, Backpulver etc. mit Rotkrautsäft versetzt und die Reaktionen beobachtet.

Tipp: Rotkrautsäft hält nicht lange; überschüssiger Rotkrautsäft kann in kleinen Portionen eingefroren und zu einem späteren Zeitpunkt verwendet werden.

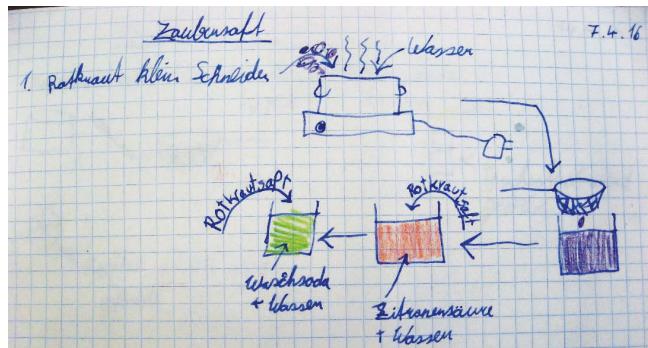


Abbildung 8: Hefteintrag zum Versuch mit Rotkrautsäft (5. Schulstufe)

Die Schüler/innen sollen erfassen, dass saure Lösungen mit Rotkrautsäft stets rot, neutrale Lösungen stets blau/violett und Laugen (wie Lösungen von Waschsoda oder Seifenflocken) immer grün gefärbt sind.

Tabelle 2

Dosennummer	Verhalten auf der Schmelzrinne	Farbe mit Rotkrautsäft	Gesuchtes Pulver? Ja/ nein
1			
2			
3			
4			
5			

Info: Mit Rotkrautsäft lassen sich saure, neutrale und basische Stoffe unterscheiden. Das Erhitzen führt bei Ascorbinsäure zu einem schwarzen Rückstand; Zitronensäure zerstellt sich ab 175°C, d.h. es bleibt nur ein ganz geringer Rückstand zurück.

Kasten 1

4. Zucker

Bezug zum Lehrplan der Sekundarstufe 1: „*Kennenlernen chemischer Prinzipien und Arbeitstechniken auch anhand selbst durchgeföhrter Experimente*“

Grundmuster chemischer Reaktionen:

„*Verständnis erlangen für typische Eigenschaften von wichtigen funktionellen Gruppen*“

„*Gesundheit und Bewegung: Ernährungs- und Gesundheitserziehung*“

Einführung ins Thema: *Schmecken alle Zucker gleich?*

Zu Beginn sind die Schülerinnen und Schüler Mitglieder einer „Kostkommission“. Sie kosten verschiedene Zuckerarten und bewerten deren Süßkraft. Sie machen die Erfahrung, dass nicht alle Zucker gleich schmecken. Darauf aufbauend werden (in der 6. bzw. 7. Schulstufe) die reduzierenden Zucker experimentell herausgefunden und die Beobachtungen in gewohnter Weise protokolliert.



Abbildung 9

4.1 Grundexperiment: Wo ist Zucker drin?

Welches Lebensmittel enthält Rübenzucker, welches Traubenzucker oder Milchzucker?

Material: verschiedene Zucker, Lösung von Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), Soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) und Zitronensäure in Dosen; Kunststoffpipette (= PPP), alte Esslöffel mit Holz-

Material:

fünf nummerierte Dosen, die Zucker, Salz, Zitronensäure, Vitamin C (Ascorbinsäure) und Backpulver (Natron, Natriumhydrogencarbonat) enthalten und Geräte wie im Beispiel „Steckbriefe“.

griff, Spateln bzw. Mikrospateln, Kerze, Zünder, Unterlage, Küchenrolle.



Abbildung 10: Material zur Zuckerbestimmung

Durchführung:

Zu \sim 0,5 mL Zuckerlösung werden je \sim 0,5 mL Kupfersulfatlösung und Zitronensäurelösung auf den Esslöffel gegeben. Es wird vorsichtig solange Sodalösung zugetropft, bis die Lösung nicht mehr aufschäumt. Dann gibt man noch eine kleine Portion Sodalösung, ev. auch feste Soda, zu und erhitzt über einer Kerzenflamme. Liegt ein reduzierender Zucker vor, färbt sich die Lösung zunächst rotorange, später sieht man einen rotorangen Niederschlag.

Die Beobachtungen werden in eine Tabelle eingetragen.

Abschließend wird der Löffel mit einem Stück Papier gereinigt. Das Papier wird über den Restmüll entsorgt.



Abbildung 11: Nachweis von Traubenzucker

Tabelle 3

Probe, die Zucker enthält bzw. enthalten kann	Reaktion mit Kupfersulfat, Soda und Zitronensäure	Zucker enthalten Ja/ nein; Zuckersorte

Als Proben eignen sich: diverse Zuckerlösungen, Limo, Limo light,

Die Schüler/innen sollen wissen, dass nur Zuckerlösungen getestet werden können (nicht etwa ein ganzer Gummibär!).

Info: Zum Zuckernachweis:

In basischen Lösungen fällt Kupferhydroxid aus. Die Zitronensäure (Anion der Zitronensäure) bildet mit Kupfer einen Komplex, sodass sich kein Niederschlag bildet.

Es können reduzierende Zucker nachgewiesen werden. Wird Haushaltzucker (Saccharose) einige Zeit mit Zitronensäure gekocht, wird er in Einfachzucker (Glucose und Fructose) gespalten; dies führt zu einem positiven Nachweis.

Mit diesem Experiment kann Haushaltzucker von anderen Zuckerarten unterschieden werden.

Kasten 2

4.2 Aufgabe:

Tina hat Geburtstag. Susi und Max möchten ihr eine kleine Freude machen und beschließen, ihr einige Packungen Kaugummi zu schenken. Sie gehen in den Supermarkt, besorgen verschiedene Sorten Kaugummi und beginnen die Schleifen der Packungen herunterzunehmen, um einen kleinen Turm damit zu bauen. In der Schule erfahren sie, dass Tina Diabetikerin ist und möglichst keinen Zucker essen soll. Susi und Max sind ratlos. Was sollen sie mit dem Kaugummiturm machen? Da hat Susi die gute Idee, von jeder Packung ein sehr kleines Stück Kaugummi abzubrechen, in ein wenig Wasser zu legen und nach einer Zeit dieses Wasser auf Zucker zu testen. Max ist mit dieser Lösung sofort einverstanden und er beginnt die Kaugummiproben herzurichten.

Gemeinsam werden Susi und er die Versuche durchführen und protokollieren.

Und für Tina wird nur der „kontrolliert“ zuckerfreie Kaugummi verpackt.

Mach es wie Susi und Max:

- Stelle das benötigte Material bereit: Schnappdeckelgläser, Messer, Wasserflasche, Löffel, Kerze, Zünder, PPP, Lösungen von Kupfersulfat, Soda und Zitronensäure;
- Nummeriere die Kaugummipakete
- Nummeriere in gleicher Weise die Schnappdeckelgläser
- Schneide von den Kaugummiproben jeweils ein sehr kleines Stück ab und gib es mit wenig Wasser in ein Schnappdeckelglas
- Verschließe die Schnappdeckelgläser mit einem Deckel oder mit deinem Daumen und mische die Lösung gut durch.
- Teste, ob die Lösungen Traubenzucker enthalten:

Tabelle 4

Kaugummi Nr.:	Beobachtung beim Zuckertest:	Traubenzucker ist enthalten: ja/ nein

Die Schülerinnen und Schüler der „Experimente“ haben sich stets gern und engagiert mit diesen oder ähnlichen Aufgaben

auseinandergesetzt. Sie zeigten damit, dass sie über ein naturwissenschaftliches Grundwissen entsprechend ihrem Alter und Entwicklungsstand verfügen und in neuen Kontexten in Theorie und Praxis anwenden können.

Das selbstständige Experimentieren der Schülerinnen und Schüler muss in jedem Chemieunterricht einen fixen Platz

haben. Forschungsaufgaben und Forschungsbeispiele fördern Interesse und Nachhaltigkeit.

Dr. Elisabeth Niel *Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium
Wien 13 Wenzgasse*

Literatur

- Böhmer, B. et al. (2003): Stoffe im Alltag. Stuttgart, Ernst Klett Verlag GmbH.
Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht. Stuttgart, Ernst Klett Verlag GmbH.
Korn-Müller, A.; Steffensmeier, A. (2004): Das verrückte Chemie-Labor. Düsseldorf, Patmos Verlag.
Schwedt, G. (2003): Noch mehr Experimente mit Supermarktprodukten. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Sonstige Quellen:

- Niel, E. (2009): Naturwissenschaftliches Praktikum für die 5. Bis 7. Schulstufe. Zum Design von Forschungsaufgaben. IMST Projekt ID 1533.
IMST2 (Winter 2003/04): Sonderteil Grundbildung. Handreichung für die Praxis. Im Auftrag des bm:bwk.
Voglhuber, H. (2003): Die Welt der Chemie ist bunt. Skriptum.
VCÖ-Skriptum (2006): Experimente für Volksschüler. Woche der Chemie.
Persönliche Skripten und Mitschriften.

Analytische Untersuchungen von Alltagsprodukten

Ein Vorschlag vom anfänglichen Nacharbeiten von Versuchsvorschriften bis zum freien und selbstständigen Experimentieren

Helga Voglhuber

Bei Schülerinnen und Schülern können analytische Untersuchungen an Alltagsprodukten Neugier wecken und motivationsfördernd sein. Fragen wie „Was ist enthalten?“, „Wie viel ist enthalten?“ haben nicht nur Alltagsrelevanz, sondern auch Lehrplanrelevanz. Denn die Beschäftigung mit analytischen Fragestellungen verlangt nicht nur eine Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Analysenmethoden, sondern auch ein entsprechendes Fachwissen und schult die Fähigkeit, Schlüsse aus den Ergebnissen zu ziehen. Auch zunächst nach Kochrezept angeleitete, analytische Untersuchungen und nicht nur selbstständiges Experimentieren, ermöglichen den Erwerb von Kompetenzen, wie es das Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe, aber auch jenes für die Oberstufe bzw. Matura beschreibt. Gemeint sind „Wissen organisieren, Erkenntnisse gewinnen und Schlüsse bzw. Konsequenzen ziehen“ als Handlungskompetenzen sowie der Erwerb von Fachwissen als Fachkompetenz.

Im folgenden Artikel soll zunächst Grundsätzliches vom beispielsweise analytischen Probieren zum Experimentieren im praktischen Unterricht kommentiert werden. Geht es dabei um das Erlernen von labortechnischem Handlungs- und Fachwissen, wie z. B. um die Aneignung analytischer (Nachweis-)Methoden, so wird dafür der Begriff Versuch oder Untersuchung verwendet. Der Begriff Experiment kommt dann zum Einsatz, wenn das selbstständige Lösen der analytischen Fragestellungen gemeint ist.

Wie einleitend bereits erwähnt, erfordert die Durchführung analytischer Untersuchungen einiges an Fachwissen, sowie das Beherrschung gewisser analytischer Vorgangs- und Denkweisen, also Fach- und Handlungskompetenzen. Diese können nur Stufe für Stufe, also in aufbauender Weise der fachlichen und praktischen Inhalte, erworben werden.

Dieser aufbauende Prozess des praktischen Arbeitens von Schülerinnen und Schülern kann z. B. durch drei didaktisch-methodische Konzeptionen erfolgen:

- Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift
- Anwendungsorientiertes Arbeiten
- Problemlösendes Experimentieren [1, S. 2] [2, S. 5ff]

Diese drei Konzeptionen liefern in ihrer Gesamtheit einen wichtigen Beitrag zur Kompetenzentwicklung nicht nur im Bereich des Fachwissens und der Erkenntnisgewinnung, sondern auch in den übrigen Handlungskompetenzen. (Siehe Abb.: 1)



Abbildung 1: Die drei Konzeptionen des praktischen Arbeitens sowie deren sich daraus bildenden Kompetenzfelder Fachwissen, Erkenntnisgewinn, Kommunikation und Bewertung. In Anlehnung an [3, S. 1]

Praktische Vorschläge dazu werden in diesem Artikel an Hand von Arbeitsblättern vorgestellt. Diese beginnen eben mit einfachen Versuchsvorschriften, um die analytischen (Nachweis-)Methoden kennen zu lernen und enden mit Fragestellungen, die freies und selbstständiges Experimentieren für deren Lösung erfordern.

Beim „Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift“ wird diese von den Schülerinnen und Schülern Schritt für Schritt gemäß eines „Kochrezeptes“ abgearbeitet. Diese Form des praktischen Arbeitens dient vor allem dem Erlernen und Einüben spezieller Arbeitstechniken, wie Filtrieren, Destillieren und Extrahieren, aber auch zum Kennenlernen von Wegen für Nachweisreaktionen zum Erkennen von Stoffen. Auch beim Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift kann ein Repertoire an naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen erfahren bzw. erweitert werden (z. B. Einsatz der Blindprobe, strategische Planung, Schlussfolgerungen, Aufwerfen neuer Fragestellungen etc.) [1, S. 2] [2, S. 5]. Typische fachgemäße Arbeitsweisen der Chemie werden dabei übermittelt, indem eine Verzahnung manueller Tätigkeit und kognitiver Aktivierung stattfindet [2, S. 4f] [5, S. 46].

Praktisches Arbeiten „anwendungsorientiert“ stellt das Bindeglied zwischen dem Nacharbeiten einer Vorschrift und dem „problemlösenden Experimentieren“ dar. In den Arbeitsblättern stehen sowohl konkrete Hinweise nach „Kochrezeptart“ als auch Fragestellungen für das problemlösende Experimentieren. Voraussetzungen für das Gelingen einer anwendungsorientierten experimentellen Aufgabenstellung sind bereits erworbenes Fachwissen bzw. experimentelle Fachkenntnisse seitens der Schülerinnen und Schüler, um fähig zu sein, die gestellte Aufgabe zu lösen [1, S. 3].

Die dritte Konzeption des praktischen Arbeitens, das „*problemlösende Experimentieren*“, ist die anspruchsvollste Methode und eröffnet eine neue Aufgabenkultur. Der Lösungsweg muss mittels analytischer Denkstrategien selbst gefunden werden und setzt entsprechendes Fachwissen voraus [2, S. 7].

Wie bereits in den obigen Zeilen erwähnt, kann sinnvolles, motivationsförderndes und auf den Kompetenzerwerb ausgerichtetes praktisches Arbeiten nur gelingen, wenn die Schülerinnen und Schüler durch angeleitetes Experimentieren ihre Erfahrungen sammeln und so stufenweise Wissens- bzw. Erkenntniszuwächse gewinnen können. Erst danach sind sie in der Lage, eigene Lösungswege für komplexe Fragestellungen zu entwickeln, umzusetzen, zu dokumentieren, zu interpretieren, zu reflektieren und zu evaluieren. Um auch neue Inhalte verstehen zu können, spielt das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler eine entscheidende Rolle, weshalb bei allen Konzeptionen des praktischen Arbeitens Rücksicht auf dieses genommen werden soll. Ebenso ist es empfehlenswert, in der praktischen Aufgabenstellung einen Anwendungsbezug durch lebensnahe Beispiele wie z. B. durch Alltagsprodukte herzustellen. Denn nicht immer ist praktisches Arbeiten im Chemieunterricht auch ein Selbstläufer hinsichtlich der Interessensförderung, der Motivation und vor allem des Wissenszuwachses, wie man es oft als selbstverständlich erwartet [4, S. 362] [6, S. 15f]. Es lässt sich aber zeigen, dass in den Unterrichtsgang gut eingebettetes praktisches Arbeiten mit alltags- und praxisorientierter Ausrichtung über einen gewissen Zeitraum hinweg die Interessenslage sowie den Fach- und Erkenntniszuwachs zu beeinflussen vermag [1, S. 2].

Im folgenden Artikelabschnitt bezüglich „*Analytische Untersuchungen von Alltagsprodukten*“ werden zu allen drei Konzeptionen des praktischen Arbeitens Arbeitsblätter zu zwei unterschiedlichen Themenblöcken vorgestellt. Diese umfassen „*Stoffe und Stoffeigenschaften – Trennen und analysieren*“ sowie „*Carbonate in Alltagsstoffen – Unterscheiden und Analysieren*“.

Die einzelnen Inhalte der Experimente werden fachdidaktisch kommentiert und ergänzend dazu mit einer Auflistung der entsprechenden Kompetenzen nach dem Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe versehen [7]. Die verwendeten Materialien sind aus dem Alltag entnommen, um an Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen zu können.

Die Ziele dieser analytisch aufbauenden Experimentenvorschläge sind nicht nur der Erwerb der bereits beschriebenen Fach- und Handlungskompetenzen, sondern auch ein tieferes Vordringen in das Arbeiten und Denken der Chemie sowie eine Förderung bzw. Aufrechterhaltung der Interessens- und Motivationslage.

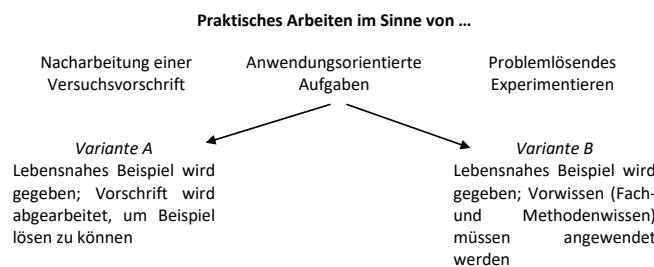


Abbildung 2: Didaktisch-methodische Konzeption des praktischen Arbeitens (in Anlehnung an Pfeifer, Schaffer, Sommer, 2011)

1. Stoffe und Stoffeigenschaften - Trennen und analysieren

1.1 Aufgabe 1: Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift

Wie lässt sich Provitamin A aus einem Multivitaminsaft ACE extrahieren?

Mit Nagellackentferner (Aceton frei¹; enthält Ethylacetat) lässt sich das lipophile Beta-Carotin aus dem ACE-Saft extrahieren.

Tabelle 1

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
W1	Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen
W3	Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
N1	Ausgehend vom stark angeleiteten, geführtem Arbeiten Sachverhalte aus Natur, Umwelt und Technik mit einfacher Sprache beschreiben, mit einfachen Mitteln untersuchen und alltagsweltlich bewerten; reproduzierendes Handeln

1.2 Aufgabe 2: Anwendungsorientierte Aufgabe nach Variante A²

Wie viel Fett enthalten verschiedene Schokoladen? [8]

Mit Aceton oder Nagellackentferner kann das Fett aus unterschiedlichen Schokoladearten extrahiert und bestimmt werden (z. B. Vollmilchschokolade, Zartbitterschokolade, weiße Schokolade). In diesem Beispiel wird Aceton als fettlösende Verbindung eingesetzt. Hier kann auch Nagellackentferner mit Aceton verwendet werden. Dadurch ergibt sich eine weiterführende Fragestellung zum Produktvergleich zwischen Nagellackentfernern mit und ohne Aceton, bzw. zu den unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten bezüglich Fettextraktion aus Schokolade bzw. der Extraktion lipphaler Verbindungen wie Beta-Carotin aus wässriger Lösung. Denn Aceton ist im Wasser löslich, das Ethylacetat im („acetonfreien“) Nagellackentferner nicht.

¹ Aceton kann zwar Fett und Fett ähnliche Stoffe lösen, ist jedoch auch im Wasser löslich, Ethylacetat hingegen nicht

² Siehe Abb. 2

Ein sorgfältiges halbquantitatives Arbeiten führt zu akzeptablen Fettextraktionsergebnissen. Fragestellungen seitens der Schülerinnen und Schüler zu verschiedenen Schokoladearten sollen durch Produktrecherche gelöst werden.

Tabelle 2

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
W2	aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
S1	Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen
N2	Kombination aus reproduzierendem und selbstständigem Handeln

1.3 Aufgabe 3: Problemlösendes Experimentieren inklusive Produktrecherche; fachliches und methodisches Wissen sind erforderlich

In welchen Getränken und Lebensmitteln ist Beta-Carotin enthalten?

Mit dem fachlichen Wissen (Wahl des Extraktionsmittels) wie auch dem praktischen Wissen (Probenaufbereitungen) aus den vorigen Experimenten kann nun eigenständig nach dem Lebensmittelzusatz- und Lebensmittelfarbstoff Beta-Carotin analytisch gesucht und nachgewiesen werden, z. B. in verschiedenen Getränken, in Zuckerln (z. B. Nimm 2®, Smarties® etc.), in Margarine oder in anderen Nahrungsmitteln sowie Alltagsprodukten, in welchen Beta-Carotin vermutet wird.

Bemerkungen: Internetrecherchen zu Fruchtsäften, wie z. B. Maracujasaft zeigen, dass in solchen Säften oft nur zu 1% Maracujasaft enthalten ist, der Hauptteil ist Apfelsaft. Als Farbstoff wird Beta-Carotin angegeben. Weiters sind die Vitamine C, E, B6, B1, B12 ohne Mengenangaben angeführt. Für die ACE-Säfte werden Fruchtgemische angeführt, wie z. B. Apfel, Birne, Orange, Ananas, Maracuja, Mangomark



Abbildung 3: v.l.n.r.: Heidelbeersaft mit Zitronensäure, Speisenatron und Backpulver

usw., häufig mit Mengenangaben. Das Beta-Carotin (Provitamin A) findet man unter den übrigen Vitaminangaben ohne Mengenanführung. Fanta enthält als Farbstoff laut Inhaltsangabe ebenfalls Carotin.

Tabelle 3

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
W2	aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen
E1	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
E3	zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
S1	Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen
N3	Weitgehend selbstständiges Handeln

2. Carbonate in Alltagsstoffen – Unterscheiden und Analysieren

2.1 Aufgabe 4: Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift

Speisenatron und Backpulver – wodurch unterscheiden sich diese Backhilfen?

Speisenatron und Backpulver sind nicht dasselbe wie es oft von Schülerinnen und Schülern angenommen wird. Allerdings ist Natron ein wichtiger Bestandteil des Backpulvers. Beim Backen sind beide Stoffe beliebte Treibmittel.

In diesem Experiment sollen die Voraussetzungen zur Bildung von Kohlenstoffdioxid haltigen Schäumen erarbeitet werden, um Rückschlüsse auf die Zusammensetzung von Backpulver ziehen zu können. Neben Speisenatron muss dieses noch ein Säuerungsmittel enthalten.

Welches dafür in Frage kommen könnte, wird im nächsten Experiment erarbeitet. Meistens ist es Natriumdiphosphat ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, E 450).

Tabelle 4

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
E1	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
N1	Ausgehend vom stark angeleiteten, geführtem Arbeiten Sachverhalte aus Natur, Umwelt und Technik mit einfacher Sprache beschreiben, mit einfachen Mitteln untersuchen und alltagsweltlich bewerten; reproduzierendes Handeln

2.2 Aufgabe 5.1 Anwendungsorientierte Aufgabe nach Variante A

Welche Stoffe können ein Säuerungsmittel sein?

Es ist oft für Schülerinnen und Schüler nicht verständlich, dass Salze in wässriger Lösung auch sauer reagieren können. Deshalb werden verschiedene sauer reagierende Salze und als Vergleich auch Natriumchlorid mit Speisenatron in Reagenzgläsern zur Reaktion gebracht. Nun sollen Rückschlüsse auf eventuell im Backpulver enthaltene, sauer reagierende Salze als Säuerungsmittel für die Kohlenstoffdioxidentwicklung in der Reaktion mit Speisenatron gezogen werden.

Tabelle 5

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
E1	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
S1	aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen
N2	Kombination aus reproduzierendem und selbstständigem Handeln

2.3 Aufgabe 5.2: Anwendungsorientierte Aufgabe: Übergang von Variante A nach Variante B

Wie verlaufen Reaktionen von Speisenatron mit sauer reagierenden Salzen in einer Indikatorlösung?

In der Petrischale mit Indikatorlösung (Rotkrautlösung, Heidelbeersaft, Universalindikator) reagieren Speisenatron und Zitronensäure bzw. sauer reagierende Salze. Durch diese Art der Visualisierung des Reaktionsverlaufes sind die pH-Wertänderungen in Form eines schönen Farbenspiels während der Reaktion verfolgbar. Die entstehenden Kohlenstoffdioxid-Bläschen erscheinen wie Perlen. Da sich die an der Reaktion beteiligten Substanzen in der Petrischale unterschiedlich schnell lösen, kommt es in der Lösung zu lokalen Dichteunterschieden, die in der Folge Unterschichtungen erzeugen, welche Farbvariationen in der Indikatorlösung entstehen lassen (Siehe Abb. 4 und 5).

Anstelle von Speisenatron wird auch Kalk mit sauer reagierenden Substanzen in der Petrischale zur Reaktion gebracht. Dabei erfolgt die Überleitung zur anwendungsorientierten Aufgabe nach Variante B.

Doch worin liegen in dieser Versuchsvariation die Lehrziele bezüglich Fachwissen und Erkenntnisgewinn?

Diese liegen im Erkennen und Verstehen des Zusammenhangs zwischen pH-Wert der Salzlösung und dem Aufbau dieses Salzes aus bestimmten Kationen und Säureresten (starke und schwache Säuren bzw. Basen).

Tabelle 6

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
W1	Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik beschreiben und benennen
W3	Vorgänge und Phänomene in Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Fragen stellen und Vermutungen aufstellen
N2	Kombination aus reproduzierendem und selbstständigem Handeln



Abbildung 4 (oben): Reaktion von Speisenatron (links) und Zitronensäure (rechts) in Rotkrautlösung

Abbildung 5 (unten): Reaktion von Speisenatron (links) und Zitronensäure (rechts) in Universalindikatorlösung

2.4 Aufgabe 6: Anwendungsorientierte Aufgabe nach Variante B³

Woraus bestehen Tafelkreiden?

Tafelkreiden werden sowohl aus Kalk (Calciumcarbonat) als auch aus Gips (Calciumsulfat) hergestellt. Mittels des Vorwissens aus den vorangegangenen Versuchen ist ein Experiment zu planen und durchzuführen. Da mit diesem Versuch Kalk nachgewiesen werden kann, bedeutet ein negatives Ergebnis, dass es sich um

³ Siehe Abb. 2

Gipskreide handelt. So können die Kreideproben eindeutig einer Kalk- bzw. Gipskreide zugeordnet werden.

Möchte man noch anschließend einen eindeutigen Sulfat-Nachweis durchführen, so genügt es, Gipskreidepulver in entmineralisiertem Wasser aufzuschlämmen, eventuell einen Teil der Gipssuspension kurz zu erhitzen und anschließend zu filtrieren. Das Filtrat⁴, welches nun genügend gelöste Sulfat-Ionen für den Nachweis enthält, wird nun mit Bariumchlorid versetzt, wobei sich das schwer lösliche Bariumsulfat bildet.



Abbildung 6 (oben): Reaktion zwischen Kalk und Zitronensäure im Heidelbeersaft

Abbildung 7 (unten): Farbige Kalktafelkreiden mit Zitronensäure

Tabelle 7

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
E1	zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
N2/ N3	Hinführung zu selbstständigem Arbeiten

⁴ Das Löslichkeitsprodukt von Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) beträgt $6,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

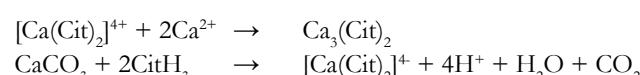
2.5 Aufgabe 7: Problemlösendes Experimentieren; fachliches und methodisches Wissen ist erforderlich

Wie sinnvoll ist die Verwendung von Zitronensäurelösung für das Lösen von Kalk in der Kaffeemaschine?

Mittels eines Internet-Tipps, der auch einen Fehler enthält, soll eine Frage zum Problem der Heißentkalkung mit Zitronensäurelösung aufgeworfen werden.

Danach erfolgt der Arbeitsauftrag an die Schülerinnen und Schüler. Es soll experimentell gezeigt werden, dass Zitronensäure zum heißen Entkalken z. B. von Kaffeemaschinen ungeeignet ist, da sich in der Hitze unlösliches Calciumcitrat bildet, welches ebenfalls die Wasserleitung verstopft. Als fachliche Zusatzinformation gibt es Folgendes:

In wässriger Lösung bilden Calcium²⁺-Ionen mit Zitronensäuremolekülen einen löslichen Komplex (Calcium-Dicitrato-Komplex), welcher bei steigender Temperatur und steigendem pH-Wert zerfällt, wobei sich schwerlösliches Calciumcitrat bildet. So kann auch der „falsche Satz“ aus dem Internet-Tipp identifiziert werden: „Die Säure ist nicht hitzebeständig und wird bei hohen Temperaturen zu Calciumcitrat“.



Reaktionsgleichung 1: Bildung des löslichen Calcium-Dicitrato-Komplexes und des schwer löslichen Calciumcitrats [10]

Sollten die Schülerinnen und Schüler bezüglich der Zielvorgabe im Arbeitsauftrag zu keinem experimentellen Ergebnis kommen, so können sie Hilfekärtchen beantragen, um einen letzten Gedankenanstoss zu erfahren.

Fachliches und methodisches Wissen erforderlich

Tabelle 8

Kompetenzen: ich kann einzeln oder im Team ...	
W2	aus unterschiedlichen Medien und Quellen fachspezifische Informationen entnehmen
E2	zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben
E4	Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren
S1	Daten, Fakten und Ergebnisse aus verschiedenen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten und Schlüsse daraus ziehen
S2	Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für mich persönlich und für die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln
S4	fachlich korrekt und folgerichtig argumentieren und naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden
N3	Verbindungen zwischen Sachverhalten der Natur, Umwelt und Technik und naturwissenschaftlichen Erkenntnissen herstellen und naturwissenschaftliche Konzepte nutzen können. Verwendung von komplexer Fachsprache. Weitgehend selbstständiges Handeln

Zusammenfassend sei gesagt, dass analytische Untersuchungen dem Erwerb von Kompetenzen gemäß dem Kompetenzmodell für die 8. Schulstufe, aber auch für jenes der Oberstufe bzw. Matura sehr förderlich sind. Doch Voraussetzung dafür ist eine aufbauende Herangehensweise hinsichtlich der Fachinhalte

und der experimentellen Arbeitsmethoden, auch im Sinne der Interessens- und Motivationsförderung.

Dr. Helga Voglhuber *Pädagogische Hochschule Kärnten*

Literatur

- [1] Pfeifer, P., Schaffer, S., Sommer, K. (2011) Schülerexperimente im Unterricht In: Unterricht Chemie 6 (11), S. 2-8
- [2] Metzger, S., Sommer, K. (2010) "Kochrezept" oder experimentelle Methode? Eine Standortbestimmung von Schülerexperimenten unter dem Gesichtspunkt der Erkenntnisgewinnung In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 63(1), S. 4-11
- [3] https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/chemie/gym/fb2/modul6/1a_exp/1a_experimentelle_aufgabenstellung_li.pdf (Stand 31.5.2017)
- [4] Wirth, J., Thillmann, H., et.al. (2008) Schülerexperimente im naturwissenschaftlichen Unterricht – Bedingungen der Lernförderlichkeit dieser Lehrmethode In: Zeitschrift für Pädagogik 3 (54), S. 361-375
- [5] Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H. J. (2002) Konkrete Fachdidaktik Chemie; Oldenburg, München
- [6] Prenzel, M; Parchmann, I.: (2003) Kompetenzen entwickeln. In: Unterricht Chemie 4(03), S. 15-19
- [7] https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf (Stand 31.5.2017)
- [8] Steyskall, A. (2016) Experimentierunterlagen für das Unterstufen NAVI-Labor am BG/BRG- Lerchenfeld, Klagenfurt
- [9] Schwedt, G. (2012) Chemische Basisreaktionen mit Alltagsstoffen In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 1(66), S. 15 - 21
- [10] Voglhuber, H. (2003) Chemie mit (Tafel)-Kreide In: Unterricht Chemie 5 (03), S. 45 - 47
- [11] <http://www.chemieunterricht.de/dc2/grundsch/versuche/gs-v-138.htm> (Stand 31.5.2017)

plusLucis

Fortbildungswoche 26.2.2018 bis 2.3.2018

**Liebe Vereinsmitglieder, sehr geehrte
Kolleginnen und Kollegen,**

es ist mir eine große Freude, Ihnen beiliegend das Programm für die nächste Fortbildungswoche präsentieren zu dürfen. In ihrer über 70-jährigen Geschichte hat sich diese zu einer der wichtigsten Fortbildungsveranstaltungen für Physik- und Chemielehrkräfte aller Schulstufen in Österreich entwickelt. Das liegt natürlich am Programm. Auch dieses Mal werden Veranstaltungen aus der Fachwissenschaft und aus der Fachdidaktik angeboten. In Vorträgen werden Sie über aktuelle Entwicklungen aus Forschung und Entwicklung informiert, in Workshops ist Gelegenheit, sich mit einem Thema unter Anleitung von Expertinnen und Experten genauer auseinander zu setzen. Viele verschiedene Exkursionsziele ermöglichen Ihnen Einblicke in sonst verschlossene Institutionen und Firmen. In unseren Augen ist es auch dieses Mal gelungen, hochkarätige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für Veranstaltungen zu gewinnen und so ein sehr spannendes Programm zusammenzustellen. Besonders freut mich, dass viele Veranstaltungen auch vom eigenen wissenschaftlichen Nachwuchs gestaltet werden. In den letzten Jahren hat sich eine aktive Scientific Community der Physik- und Chemiedidaktik in Österreich entwickelt und immer mehr Personen qualifizieren sich für wissenschaftliche Karrieren. Ich lade Sie besonders herzlich ein, diese Veranstaltungen zu besuchen, um sich über die „eigenen“ Entwicklungen zu informieren.

Es freut mich auch, dass es in Zusammenarbeit mit der PH Niederösterreich, dem SSR für Wien und der PH Wien gelungen ist, ein Angebot für Lehrkräfte an Volksschulen zusammenzustellen. Am Mittwochnachmittag wird der naturwissenschaftliche Sachunterricht im Fokus dieser Veranstaltung stehen. Hinweise auf zwei weitere kleinere Tagungen finden Sie auf der vierten Seite.

Danken möchte ich allen Menschen, die das Gelingen der Fortbildungswoche ermöglichen. Ohne die tatkräftige Mitwirkung verschiedenster Personen der beteiligten Institutionen kann eine so große Veranstaltung nicht gelingen.

Viel Spaß auf der Fortbildungswoche

Martin Hopf, Obmann

Symposion: „Retten uns die Phänomene?“ – Lernen im Zeitalter der Digitalisierung

Universität Wien, Zentrum für LehrerInnenbildung

28.02.2018 - 01.03.2018

Ob und in welcher Weise wird oder gar muss die Digitalisierung und globale und jederzeitige Verfügbarkeit des Wissens das Lernen in der Schule fundamental ändern, weit über die sogenannte Medienkompetenz hinaus? Einige FachdidaktikerInnen nicht nur in Deutschland haben sich intensiv mit dem phänomenbasierten Lehren und Lernen vor allem in den Naturwissenschaften beschäftigt. Und nachdem nun in Finnland in der Schule in allen Fächern phänomenbasiert gelernt werden soll, halten wir es für an der Zeit, fachübergreifend aus der Perspektive der Phänomenologie auf das schulische Lernen zu schauen. Der Titel des Symposiums wurde daher in Anlehnung an Martin Wagenscheins "Rettet die Phänomene!" gewählt.

Weitere Informationen zu diesem Symposium finden Sie auf der Homepage des Zentrums für LehrerInnenbildung (lehrerinnenbildung.univie.ac.at)

Tagung: „Student Competitions and their Role in (Gifted) Education“

Achter Kongress der „World Federation of Physics Competitions“

20. Februar 2018 (Anreisetag) bis zum 24. Februar 2018 (Abreisetag),

AECC Physik

- Wodurch sind „gifted students“ charakterisiert?
- Wodurch ist „gifted education“ gekennzeichnet?
- Wozu werden eigentlich Physik-Wettbewerbe aller Art für Schüler/innen von AHS und BHS, auf der Ebene der einzelnen Schulen bis hinauf zu internationalen Wettbewerben, veranstaltet?
- Wie nehmen Schüler/innen ihre eigene „gifted education“ wahr?
- Welche Auswirkungen auf die alltägliche Unterrichtsteilung können Wettbewerbe haben?

Diese und viele andere Fragestellungen sollen im Rahmen des Kongresses mit Referaten, Workshops und Diskussionen behandelt werden. Die Veranstalter erwarten dazu interessante Beiträge aus aller Welt, auch von „local teachers“. Ortsansässige Lehrer/innen haben – sofern sie keine Unterkunft benötigen – keinen Kongress-Beitrag zu bezahlen! Daher erlauben wir uns alle Kolleginnen und Kollegen herzlichst zu diesem Kongress einzuladen.

Bitte kontaktieren Sie uns entweder über meine Mail-Adresse helmuth.mayr@chello.at oder über jene des Sekretärs der „World Federation of Physics Competitions“ petersen@ipn.uni-kiel.de oder über unsere Homepage:
<http://wettbewerbe.ipn.uni-kiel.de/iphc/wfphc/congresses.html>.

Vorträge aus der Physik ORT: Lise Meitner HS, Strudelhofgasse 4, 1090 Wien, 1. Stock	Workshops
---	------------------

Montag, 26.2.2018

10:00-11:00	Die Entdeckung der einfachen Dinge – Alltägliches aus physikalischer Sicht Prof. Dr. Hans-Joachim Schlichting, Institut für Didaktik der Physik, WWU Münster	
11:30-12:30	Elementarteilchenphysik im (Anfangs-) unterricht Dr. Gerfried Wiener, CERN	
	<i>Workshops nach dem Mittagessen (14:00-17:00)</i>	
14:00-15:00	Ein interaktives Quantenlabor für alle Dr. Mathias Tomandl, Universität Wien	Kompetenzorientierte Physikaufgaben für die schriftliche Reifeprüfung Dr. Susanne Neumann und Dr. Marianne Korner <i>Schulversuchspraktikum (Fakultät für Physik; 1. Stock)</i>
15:00-16:00	RFIDs – Funktion und Anwendung Grundlegendes im Überblick und Beispiele für den Unterricht Prof. Dr. Roman Dengler, PH Karlsruhe	Die perfekte Sandburg-Sand als Kontextgeber für den fächerverbindenden Unterricht Dr. Erich Reichel <i>Erwin Schrödinger HS (Fakultät für Physik; 5. Stock)</i>
16:30-17:30	Von Photonen, Gravitonen und Strings Prof. Dr. Stephan Fredenhagen, Universität Wien, Fakultät für Physik	Strahlung im Unterricht Mag. Sarah Zloklikovits und Dr. Thomas Plotz <i>Multifunktionsraum; Porzellangasse 4; 3. Stock, Raum 315</i>
17:45-18:45	Missbrauchte Physik: Gurus, Löffelbieger, Geisterbeschwörer und andere Scharlatane Seminarrektor Wolfgang Hund, Studienseminar für das Lehramt, Mittelfranken	Die kosmische Entfernungsleiter Dr. Peter Habison <i>Kurt Gödel HS (Fakultät für Physik; Erdgeschoss)</i>
	Brötchen und Beisammensein am Institut	

Dienstag, 27.2.2018

9:00-10:00	phyphox: Experimentieren mit dem Smartphone Dr. Sebastian Staacks, RWTH Aachen	
10:00-11:00	Das fliegende Labor – Neues aus der Atmosphären- und Klimaforschung Prof. Dr. Bernadett Weinzierl, Universität Wien, Fakultät für Physik	
11:30-12:30	Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung – Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2 Dr. Thomas Plotz, Universität Wien, AECC Physik	
	<i>Workshops nach dem Mittagessen (14:00-17:00)</i>	
14:00-17:00	Die Entdeckung der einfachen Dinge – Alltägliches aus physikalischer Sicht Dr. Hans-Joachim Schlichting <i>Erwin Schrödinger HS (Fakultät für Physik; 5. Stock)</i> Quanteninterferenz mit komplexen Molekülen in einer interaktiven Forschungssimulation Dr. Mathias Tomandl <i>Kurt Gödel HS (Fakultät für Physik; Erdgeschoss)</i> Alles ein Dreck! ... und Seife! DI Pia Glaeser BEd BEd, Dipl.-Päd. Gerald Grois, Dipl.-Päd. Christian Masin, Mag. Peter Pesek <i>NMS Staudingerstraße 6 1200 Wien Physiksaal im 2. Stock</i> Zauberhafte Physik – physikalische Zaubereien Mag. Dieter Kadan <i>Josef-Stefan HS (Fakultät für Physik; 3. Stock)</i> Spielzeugphysik und Stegreifexperimente Wolfgang Hund <i>Anfängerpraktikum (Fakultät für Physik)</i> Die App phyphox für Smartphone-Experimente im Unterricht Dr. Sebastian Staacks <i>Schulversuchspraktikum (Fakultät für Physik; 1. Stock)</i> Nanowelten selbst erforschen Adrián Artacho, MA und Mag. Oleg Domanov 14:00h-15:30h Workshop Seminarraum 3. Stock 15:30h-17:00h Zusätzlich werden im Anschluss an den Workshop Laborführungen angeboten.	

Vorträge aus der Chemie ORT: Christian Doppler HS, Strudelhofgasse 4, 1090 Wien, 3. Stock	Exkursionen
---	--------------------

Mittwoch, 28.2.2018

9:00-9:55	Smoothies – gesunder Genuss für zwischendurch oder unterschätztes Gesundheitsrisiko? Univ.-Prof. Dr. Doris Marko, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie, Universität Wien	9:00-13:00	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen Treffpunkt: Artlgasse 35; 1160 Wien; Anmeldung beim Portier, Namensliste liegt auf
10:00-10:55	Alles rund um Vitamine - von der Ernährungsphysiologie bis zur Analytik Univ.-Prof. Dr. Karl-Heinz Wagner, Department für Ernährungswissenschaften, Universität Wien	11:00-13:00	ZAMG Treffpunkt: Hohe Warte 38; 1190 Wien; beim Haupteingang. Teilnehmerliste liegt auf
11:15-12:10	Lernen im Lernfeld Ernährung – didaktische Herausforderungen hinsichtlich Mehrdimensionalität und Interdisziplinarität PD Dr. Claudia Angele, Fachbereich Ernährung/Haushalt und deren Didaktik, Pädagogische Hochschule Weingarten	14:30-16:30	Museum der Illusionen Treffpunkt: Wallnerstraße 4; 1010 Wien
Workshops nach dem Mittagessen (14:00-17:00)			14:30-17:00
14:00-17:00	Novel Food - mehrdimensionale und interdisziplinäre didaktische Zugänge PD Dr. Claudia Angele <i>Multifunktionsraum der AECCs, Porzellangasse 4, 3. Stock, 1190 Wien</i> Kompetenzfördernde Lern- und Prüfungsaufgaben für den NAWI-Unterricht entwickeln Mag. Bernhard Müllner, Mag. Alexandra Maria Reichstädter <i>Seminarraum der AECCs, Porzellangasse 4, 3. Stock, 1190 Wien</i> Anregende chemische Experimente für die Schule Mag. Hanns Mühl, Dr. Siegfried Fürtauer, Dr. Christoph Luef <i>Laborsaal 5, Fakultät für Chemie, Währingerstraße 38, 1. Stock, 1090 Wien</i>	18:00-21:00	Spittelau Kälte versus Wärme Treffpunkt: Spittelauer Lände 45; 1090 Wien; vor dem neuen Wien Energie Shop
			Licht und Umwelphysik Treffpunkt: U2 Station Volkstheater, oben vor dem Aufgang beim Volkstheater; Nach dem Rundgang: Weiterfahrt öffentlich mit U3 und 46B zur Kuffner Sternwarte: Johann-Staud-Straße 10; 1160 Wien

Donnerstag, 1.3.2018

9:00-9:55	Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen – Konzipierung, Erprobung und Evaluation Dr. Jolanda Hermanns, Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung, Universität Potsdam	9:30-11:30	Steuerzentrale APG Treffpunkt: Am Johannesberg 9; 1100 Wien; Portierseingang; Namensliste liegt auf
10:00-10:55	Organische Leuchtdioden (OLEDs) – Vom Forschungslabor ins Klassenzimmer Jun.-Prof. Dr. Amitabh Banerji, Institut für Chemiedidaktik, Universität Köln	10:00-11:00	Klima-Wind-Kanal Treffpunkt: Paukerstraße 3; 1210 Wien; Haupteingang (Portier, Namensliste liegt auf)
11:15-12:10	Lebensweltliche Kontexte im Chemieunterricht – eine Herausforderung? Prof. Dr. Sabine Fechner, Arbeitskreis Didaktik der Chemie, Universität Paderborn	12:15-13:00	Digitales Planetarium Treffpunkt: Maria-Theresien-Platz; 1010 Wien; Portier (Namensliste liegt auf)
Workshops nach dem Mittagessen (14:00-17:00)			14:30-15:30
14:00-17:00	Abgestufte Hilfen: Eine gute Methode für heterogene Lerngruppen!? Dr. Jolanda Hermanns <i>Seminarraum der AECCs, Porzellangasse 4, 3. Stock, 1190 Wien</i> Low-cost OLED im Eigenbau Jun.-Prof. Dr. Amitabh Banerji <i>Laborsaal 5a, Fakultät für Chemie, Währingerstraße 38, 1. Stock, 1090 Wien</i> Erprobung und Diskussion von Lernmaterialien für einen kontextorientierten Chemieunterricht Prof. Dr. Sabine Fechner & Franziska Kehne <i>Multifunktionsraum der AECCs, Porzellangasse 4, 3. Stock, 1190 Wien</i> Recycle Plastik – das macht Sinn! Dipl.-Ing. Dr. Patricia Buchtela-Boskovsky <i>Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Wien XX, tgm – Technologisches Gewerbemuseum, Wexstraße 19-23, 1200 Wien, Treffpunkt: 13:50 beim Portier in der Aula</i>	14:30-16:30	Über den Dächern Wiens Treffpunkt: Maria-Theresien-Platz; 1010 Wien; Portier (Namensliste liegt auf)
			Biomasse-Kraftwerk Treffpunkt: 1. Haidequerstraße 1; 1110 Wien; Portier

Freitag, 2.3.2018

	<p>10:00-11:30</p> <p>PädagogInnen-Führung Technisches Museum Treffpunkt: Mariahilfer Straße 212; 1140 Wien, Eingangshalle (bei der Kassa liegt eine Namensliste auf)</p>
--	---

Der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts lädt herzlich ein zur Veranstaltung im Rahmen der 72. Fortbildungswöche

Physik und Chemie in der Volksschule

Mittwoch, 28.2.2018, 14:00-18:00

ORT: Fakultät für Physik, Universität Wien, Boltzmanngasse 5, 1090 Wien

14:00-15:00	Magnetismus in die Volksschule! Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner, Universität München <i>Josef-Stefan HS (Fakultät für Physik; 3. Stock)</i>
	Workshops
15:00-16:15	Lernstationen zum Magnetismus Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner, Universität München <i>Schulversuchspraktikum (Fakultät für Physik; 1. Stock)</i> Eine offene Experimentierstation für die Volksschule Dr. Christian Nosko, KPH Wien/Krems und AECC Chemie, Universität Wien <i>KI. Seminarraum (Fakultät für Physik; 5. Stock)</i> Forschendes Lernen im Sachunterricht Dr. Thorsten Kogler, PH Tirol <i>KI. Seminarraum Materialphysik (Fakultät für Physik; 3. Stock)</i> Experimente aus der Elektrizitätslehre für die Primarstufe Dr. Marianne Körner, Fakultät für Physik, Universität Wien <i>Erwin Schrödinger HS (Fakultät für Physik; 5. Stock)</i>
16:15-16:45	Kaffeepause
16:45-18:00	Wiederholung der Workshops

Die Teilnahme ist kostenfrei. Um Anmeldung unter martin.hopf@univie.ac.at wird gebeten.

Hinweise für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aller Veranstaltungen des Vereins:

- Für alle Veranstaltungen ist wegen beschränkter Teilnehmerzahl eine vorherige Anmeldung notwendig. Die Anmeldung erfolgt ausschließlich über das Internet unter pluslucis.univie.ac.at. Dort sind weitere Informationen zu finden.
Sollte später Ihre Teilnahme unmöglich werden, ersuchen wir Sie dringend, sich im Anmeldesystem selbst wieder abzumelden, damit andere Personen den Platz nutzen können.
Anmeldeschluss: 16. 02. 2018
- Zur dienstrechtlichen Absicherung Ihrer Teilnahme ist die Inschriftung an der PH Wien notwendig. Informationen dazu sind auf unserer Homepage abrufbar.
- Die Teilnahme ist für Mitglieder des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts frei. Von Nichtmitgliedern wird für die Anmeldung ein Spesenbeitrag zu den Organisationsspesen in der Höhe von Euro 20,- eingehoben
- Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer werden aufmerksam gemacht, dass sie Labors, Betriebsstätten und sonstige Teile von Fabriks- oder anderen Anlagen auf eigene Gefahr besuchen und dass weder das Unternehmen noch der Verein für Unglücksfälle und sonstige wie immer geartete Schadensfälle, die sich – gleichgültig ob durch eigenes oder fremdes Verschulden, Zufall oder sonst wie immer – während oder anlässlich des Besuches ereignen, haftbar oder schadenersatzpflichtig sind.
- Es wird darauf hingewiesen, dass am Veranstaltungsort Fotos angefertigt werden und zu Zwecken der Dokumentation der Veranstaltung veröffentlicht werden können.
- Die Workshops werden unterstützt durch die Pädagogische Hochschule Wien
- Mit der Anmeldung zur Fortbildungswöche stimme ich ausdrücklich zu, dass die von mir angegebenen Daten für Veranstaltungszwecke verarbeitet werden. Die Datenschutzerklärung für diese Anwendung findet sich auf der Homepage des Vereins. Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit durch Übersendung eines Schreibens an den Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, +43-1-4200-60330, vorstand@pluslucis.org, Martin Hopf widerrufen kann.

Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift

Aufgabe 1: Wie lässt Provitamin A aus einem Multivitaminsaft ACE extrahieren?

In den Supermärkten gibt es eine Fülle von Getränken, die uns „viel Gesundes“ versprechen. Die Zusammensetzung eines Getränks ist auf den Getränkeflaschen zu lesen. Häufig ist **Provitamin A** oder **Beta-Carotin** („Karottenfarbstoff“) enthalten, schon wegen der schönen orangen Farbe. Da dieses aber im Wasser nicht löslich ist, enthalten einige Getränke Johannisbrotkernmehl, an welchem sich das Beta-Carotin anlegt und somit das Getränk auch stabilisiert ist. Außerdem entsteht der Eindruck einer „Naturtrübe“ des Saftes. Johannisbrotkernmehl ist nicht schädlich, es stammt von einer Mittelmeerfrucht, der Johannisbrotsschote.

Materialien: 1 Reagenzglas oder Schnappdeckelglas, Gummistopfen, Pipetten, ACE-Saft, Nagellackentferner (acetonfrei) oder Ethylacetat  

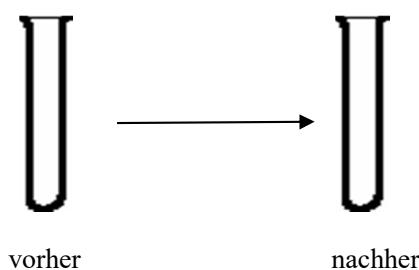
So wird es gemacht:

- Verdünne ca. 3 mL Saft mit ebenso viel Wasser
- Gib davon ca. 1 mL in das Reagenzglas (oder Schnappdeckelglas)
- Füge ca. 2 mL Nagellackentferner dazu
- Verschließe das Reagenzglas mit dem Gummistopfen und schüttle dieses fest; löse zwischendurch den Stopfen und entlüfte das Reagenzglas
- Beobachte und habe Geduld!
- Nimm mit einer Pipette ein paar Tropfen aus der oberen Schicht, tropfe sie auf die Küchenrolle und führe eine Geruchsprobe durch
- Dasselbe führst du mit der unteren Schicht durch

Entsorgung: Organische Abfälle

Trage deine Beobachtungen ein:

fertige auch eine Zeichnung an:



Beantworte folgende Fragen:

1. Sind Nagellackentferner und Wasser miteinander mischbar? _____
2. Ist der Nagellackentferner leichter oder schwerer als Wasser? _____
3. Demnach befindet sich der Nagellackentferner oberhalb oder unterhalb der Saftschicht.
4. Das Beta-Carotin befindet sich nach dem Schütteln oberhalb oder unterhalb der Saftschicht.
5. Welche Vitamine des ACE Saftes befinden sich noch in der Wasserschicht des Getränktes?

Anwendungsorientierte Aufgabe nach Variante A

Aufgabe 2: Wie viel Fett enthalten verschiedene Schokoladen?

Arbeitsauftrag:

Die Schokoladearten Zartbitter- und Vollmilchschorolade sowie weiße Schokolade enthalten unterschiedliche Mengen an Kakaobutter, Kakaomasse, Milchpulver und Zucker. Wähle drei Schokoladenarten aus, isoliere und bestimme den Fettgehalt in 100g Schokolade. Beginne beim Isolieren mit einer Vollmilchschorolade.

Materialien: 1 Waage (0,1g), 1 Becherglas 150 mL, 1 kleiner Erlenmeyerkolben 150 mL, 1 Spatel, 1 Becherglas 200 mL (Wasserbad), Wasserkocher, Glasstab, 1 Trichter, Filterpapier, verschiedene Schokoladensorten nach Wahl, Aceton  

So wird es gemacht:

- Bereite dir das Wasserbad vor: Wasser im Wasserkocher erhitzen und etwas heißes Wasser in das Becherglas 200 mL gießen (40°C reichen)
- Wiege das leere Becherglas ab und notiere: _____ g
- Wiege einen Riegel Schokolade ein und notiere: _____ g
- Gib den Riegel Schokoladenstück in den Erlenmeyerkolben und zerstükkle ihn ein wenig mit Hilfe der Spatel
- Füge ca. 20 mL Aceton hinzu
- Stelle nun den Erlenmeyerkolben ins Wasserbad und röhre mit dem Glasstab um
- Wenn die Schokolade geschmolzen ist, röhre sie fest und nimm den Erlenmeyerkolben aus dem Wasserbad
- Lege den Filter in den Trichter
- Filtriere nun die warme Schokoladelösung ins abgewogene Becherglas
- Spüle den Rückstand im Filter mit ca. 5 - 10 mL Aceton nach
Was kannst du beobachten?
- Lass das Becherglas im Abzug stehen (bis zur nächsten Stunde)
- Untersuche nun eine andere Schokoladeart auf den Fettgehalt.

Nach dem Verdunsten des Nagellackentferrers

- Wiege die Bechergläser mit dem Fettrückstand ab und berechne, wie viel Fett deine abgewogenen Schokomengen enthalten. Berechne auch die Fettmenge in 100 g Schoko.

Berechnungen:

Schoko:		Schoko:		Schoko:	
Becherglas leer	g	Becherglas leer	g	Becherglas leer	g
Schokomenge	g	Schokomenge	g	Schokomenge	g
Becherglas mit Fett	g	Becherglas mit Fett	g	Becherglas mit Fett	g
Fett pro Einwaage	g	Fett pro Einwaage	g	Fett pro Einwaage	g
Fettgehalt in 100g	g	Fettgehalt in 100g	g	Fettgehalt in 100g	g

Arbeitsauftrag:

Recherchiere im Internet über die Zusammensetzung verschiedenster Schokoladearten!

Problemlösendes Experimentieren

Aufgabe 3: In welchen Getränken und Lebensmitteln ist Beta-Carotin enthalten?

Arbeitsauftrag:

Plane einen analytischen Weg, um nach Beta-Carotin als Lebensmittelzusatzstoff und Lebensmittelfarbstoff zu suchen:

Untersuche dabei verschiedene Getränke, Zuckerl (z. B. Nimm 2®, Smarties® etc.), Margarine oder andere Nahrungsmittel sowie Alltagsprodukte, in welchen du Beta-Carotin vermutest.

Nacharbeiten einer Versuchsvorschrift

Aufgabe 4: Speisenatron und Backpulver – wodurch unterscheiden sich diese Backhilfen?

Zum Backen verwendet man Backpulver, aber auch Speisenatron (Natriumhydrogencarbonat, $NaHCO_3$). Diese Backhilfen spalten Kohlenstoffdioxid (CO_2) ab, das den Kuchen in die Höhe treibt. Speisenatron und Backpulver werden auch gerne bei Experimenten zur Entwicklung von Kohlenstoffdioxidgas (CO_2) verwendet. Mit Hilfe der untenstehenden Arbeitsanleitung kannst du herausfinden, wie man aus Speisenatron und aus Backpulver das Kohlenstoffdioxidgas (CO_2) freisetzen kann, und wie die Backpulvermischung dafür zusammengesetzt sein muss.

Materialien: 3 Reagenzgläser oder Schnappdeckelgläser, Reagenzglasständer, 1 Becherglas 150 mL, Kunststofflöffel, Kunststoffpipette, Speisenatron (Natriumhydrogencarbonat), Backpulver, Tiefkühlheidelbeeren (oder Rotkrautsaft oder Universalindikator), Zitronensäure

So wird es gemacht:

- Zerdrücke im Becherglas 3 - 4 Heidelbeeren und füge ca. 50 mL Wasser dazu
- Beschriffe die Reagenzgläser oder Schnappdeckelgläser mit **A**, **B**, **C**
- Füge je einen halben Löffel in:
 - A** Speisenatron, **B** Zitronensäure, **C** Backpulver
- Tropfe vorsichtig ca. 2 mL des Heidelbeersaftes zuerst in **A** und dann in **B**
Beobachte und notiere deine Beobachtungen in der Tabelle
- Tropfe jetzt ca. 5 Tropfen vom Heidelbeersaft in **C**
Beobachte und notiere deine Beobachtungen in der Tabelle
- Gieße jetzt vorsichtig etwas von **A** in **B**
Beobachte und notiere deine Beobachtungen in der Tabelle

Beobachtungen:

	A Speisenatron	B Zitronensäure	C Backpulver	A + B
Farbe des Heidelbeersaftes				
Sonstige Beobachtungen				

Zusammenfassung meiner Beobachtungen und Rückschlüsse:

1. Speisenatron (A) färbt den Heidelbeersaft _____ und ist folglich sauer, neutral, basisch
2. Zitronensäure (B) färbt den Heidelbeersaft _____ und ist folglich sauer, neutral, basisch
3. Backpulver (C) färbt den Heidelbeersaft _____ und ist folglich sauer, neutral, basisch
4. Backpulver reagiert mit dem Wasser im Heidelbeersaft unter Schaumbildung ja nein
5. A + B reagieren mit dem Wasser im Heidelbeersaft unter Schaumbildung ja nein
6. Ich schließe, dass im Backpulver neben der Speisesoda auch noch Zitronensäure oder ein anderer saurer Stoff enthalten sein muss.

Vgl.: [9]

Aufgabe 5.1: Welche Stoffe können ein Säuerungsmittel sein?**Arbeitsauftrag:**

Überprüfe im folgenden Experiment verschiedene Salze, die als Säuerungsmittel im Backpulver in Frage kommen könnten.

Materialien: 5 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Tropfpipette, Zitronensäure (zum Vergleich), Kochsalz (NaCl), Speisenatron (NaHCO₃), Natriumdihydrogenphosphat (NaH₂PO₄), Dinatriumdiphosphat (Na₂P₂O₇), Eisen(III)-Chlorid (FeCl₃) 

So machst du es:

- Füge in 5 Reagenzgläser je 1 Spatel Speisenatron
- Gib jetzt ins erste der 5 Reagenzgläser eine halbe Spatel Zitronensäure und in die anderen Reagenzgläser je 1 Spatel eines der Salze und vermenge durch Schütteln
- Tropfe jetzt Wasser dazu
- Was kannst du beobachten? Trage dies in die Tabelle ein

Beobachtungen:

	Zitronensäure C ₆ H ₈ O ₇	Natriumchlorid NaCl	Natrium-dihydrogen Phosphat NaH ₂ PO ₄	Dinatrium-diphosphat Na ₂ P ₂ O ₇	Eisen(III)-Chlorid FeCl ₃
Speisenatron NaHCO ₃					

Meine Rückschlüsse und Begründungen:

Im Backpulver können folgende sauer reagierende Substanzen/Salze enthalten sein: _____

Im Backpulver können folgende (sauer reagierende) Salze NICHT enthalten sein: _____

Begründungen: _____

Ein Blick auf die Rückseite des Backpulversackerls:

Backpulver enthält neben Natriumhydrogencarbonat noch: E 330 Zitronensäure oder E 339 Natriumdihydrogenphosphat oder E 450 Dinatriumdiphosphat

Anwendungsorientierte Aufgabe: Übergang von Variante A nach Variante B

Aufgabe 5.2: Was verlaufen Reaktionen von Speisenatron und Säuerungsmittel in einer Indikatorlösung?

Arbeitsauftrag:

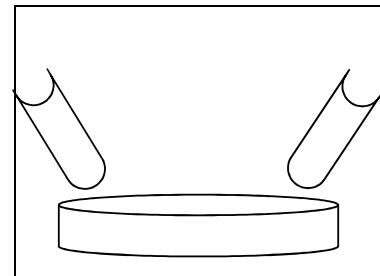
Beobachte was passiert, wenn in einer wässrigen Indikatorlösung Speisenatron (NaHCO_3) und Zitronensäure bzw. ein Salz wie Natriumdihydrogenphosphat oder Dinatriumdiphosphat langsam mit einander reagieren.

Überprüfe ebenso, ob auch andere Carbonate, wie Kalk (CaCO_3) mit Zitronensäure reagieren können.

Materialien: Petrischalen, Rotkrautsaft oder Heidelbeersaft, Universalindikator, destilliertes Wasser, Speisenatron (NaHCO_3), Zitronensäure, Natriumdihydrogenphosphat (NaH_2PO_4), Dinatriumdiphosphat ($\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$), Kalk (CaCO_3)

Durchführung:

- Fülle die Petrischale halb voll mit Rotkrautsaft (oder Heidelbeersaft)
- Streue eine Spatelspitze Speisenatron an den linken Rand der Petrischale (siehe Abbildung)
- Streue eine Spatelspitze Zitronensäure an den rechten Rand der Petrischale
- Habe Geduld und beobachte gut!
- Dokumentiere die Ergebnisse!
- Wiederhole dies mit Universalindikator (destilliertes Wasser mit Universalindikator versetzen und wie oben die Proben dazu geben)
- **Plane die weiteren Überprüfungen mit Kalk und Zitronensäure und führe sie durch**



Anwendungsorientierte Aufgabe nach Variante B

Aufgabe 6: Woraus bestehen Tafelkreiden?

Arbeitsauftrag

Einige Tafelkreiden bestehen aus Kalk (CaCO_3), andere aus Gips (CaSO_4).

Vor dir liegen zwei verschiedene (bunte) Schultafelkreidearten und eine Straßenmalkreide.

Plane eine Untersuchung, um herauszufinden, welche der Kreiden Kalk und welche Gips enthalten [10; S. 46].

Materialien: Mörser, Pistill, 3 kleine Bechergläser oder durchsichtige Kunststoffbecher, Spatel, Tropfpipette, destilliertes Wasser, 2 verschiedene (färbbige) Schulkreidenarten, Straßenmalkreide, Zitronensäure

So machst du es:

- Führe die Analysen nach deinem Plan durch, trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein und ordne deine Ergebnisse den Kreidenproben zu.
- Für einen eindeutigen Sulfatnachweis in der Gipskreide erkundige dich im Schulbuch oder Internet. Es gibt aber auch ein **Hilfekärtchen**.

Hilfekärtchen zu Experiment 6: Sulfat-Nachweis in Gips

Hilfekärtchen 1:

Gipskreidepulver in entmineralisiertem Wasser aufschämmen, eventuell einen Teil der Gipssuspension kurz erhitzen

✗

Hilfekärtchen 2:

Filtrieren

✗

Hilfekärtchen 3:

Sulfatnachweisreagenz: Bariumchlorid

Problemlösendes Experimentieren

Aufgabe 7: Wie sinnvoll ist die Verwendung von Zitronensäurelösung für das Lösen von Kalk in der Kaffeemaschine?

Ein Tipp aus dem Internet: Wasserkocher entkalken

„Wenn Sie Ihren Wasserkocher entkalken möchten, sollten Sie es einmal mit Zitronensäure versuchen. Sie löst Kalkablagerungen sehr zuverlässig und ist sehr günstig in der Anschaffung. Zitronensäure dürfen Sie ausschließlich für so genannte Kaltentkalkungen verwenden – das Wasser darf nicht wärmer als 40 Grad sein. Die Säure ist nicht hitzebeständig und wird bei hohen Temperaturen zu Calciumcitrat“.

Herr Müller hat diesen Tipp nicht vollständig gelesen und möchte nun seine Kaffeemaschine entkalken. Leider war er erfolglos, es kam noch schlimmer, seine Kaffeemaschine war jetzt vollständig verstopft.

Arbeitsauftrag:

Gib nun Herrn Müller eine fachkundige Rückmeldung, warum das Entkalken nur mit kalter Zitronensäurelösung (z. B. im Wasserkocher) gelingen kann, NICHT aber mit heißer, wie in der Kaffeemaschine.

Entwickle nun eine experimentelle Vorgangsweise, die eine „Verstopfung“ beim heißen Entkalken der Kaffeemaschine zeigt!

Bevor du startest, liest du noch Folgendes im Internet:

„In wässriger Lösung bilden Calcium²⁺-Ionen mit Zitronensäuremolekülen einen löslichen Komplex (Calcium-Dicitrato-Komplex), welcher bei steigender Temperatur und steigendem pH-Wert zerfällt, wobei sich schwerlösliches Calciumcitrat bildet.“

Wie schätzt du den Tipp aus dem Internet ein? Ist alles korrekt? Begründe!

Vgl.: [11]

Hilfekärtchen zu Experiment 7:

Wie sinnvoll ist die Verwendung von Zitronensäurelösung für das Lösen von Kalk in der Kaffeemaschine?

Hilfekärtchen 1:

In einem Becherglas (150 mL) in ca. 40 ml Wasser Zitronensäure lösen (nicht zu viel!) und solange Kalkpulver hinzufügen, bis sich kein Kalk mehr löst und sich ein Bodenkörper bildet. Danach filtrieren und die klare Lösung erhitzen.

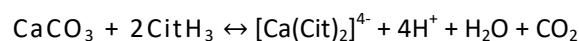
**Hilfekärtchen 2:**

Wie schätzt du den Tipp aus dem Internet ein? Ist alles korrekt? Begründe!

Dieser Satz ist nicht korrekt:

„Die Säure ist nicht hitzebeständig und wird bei hohen Temperaturen zu Calciumcitrat“.

Der Niederschlag bei der Heißentkalkung mit Zitronensäurelösung entsteht durch die Bildung des schwer löslichen Calciumcitrats aus dem löslichen Calcium-Dicitrato-Komplex bei einer Wassertemperatur über 40°C. Ein Überschuss an Zitronensäure, welcher den pH-Wert unter 4 sinken lässt, kann dem Ausfall des schwer löslichen Calciumcitrat auch bei einer Wassertemperatur über 40°C hinderlich sein.

**Hilfekärtchen 3:**

Reaktionsgleichung 1: Bildung des löslichen Calcium-Dicitrato-Komplexes und des schwer löslichen Calciumcitrats [11]

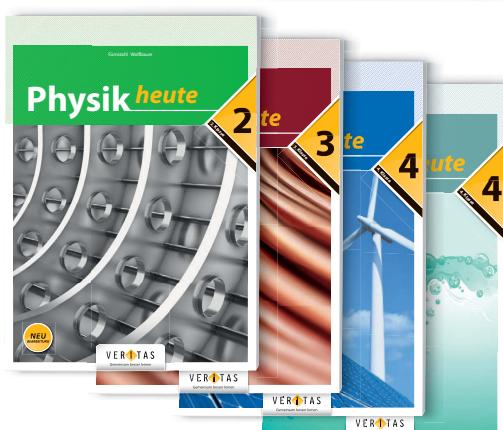
Gemeinsam besser lernen mit ...

AHS-Unterstufe / NMS



MEHRfach Physik und **MEHRfach Chemie** stellen den Erwerb von **Methodenkompetenzen**, **fachspezifischen Kompetenzen** sowie der **Lesekompetenz** in den Mittelpunkt. Um Sie und Ihre SchülerInnen dabei bestmöglich zu unterstützen, wurde die Reihe **MEHRfach** – ein besonders **sprachsensibles** Lehrwerk – entwickelt.

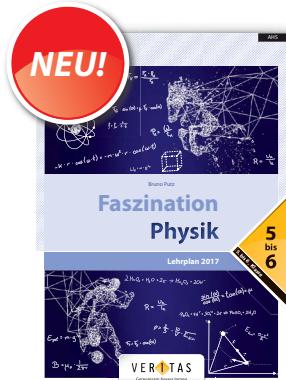
- **Viele Versuche** erleichtern das Verständnis physikalischer Vorgänge
- **Physikalische/chemische Fachbegriffe** werden in der Randspalte erklärt
- **Versuche werden bildlich dargestellt** und sind somit besser nachvollziehbar
- **Kompetenzen** sind bei jeder Arbeitsaufgabe gekennzeichnet



Physik heute / Chemie heute ist ein schülerzentriertes und auf **Wissens- und Kompetenzerwerb** ausgerichtetes Lehrwerk.

- Die linken Seiten vermitteln physikalische Inhalte, wobei Lesekompetenz und selbstständige Wissensaneignung ermöglicht werden. Auf der rechten Seite stehen Arbeitsaufgaben aus der **Lebenswelt der SchülerInnen** sowie Experimente.
- Bei allen Aufgaben sind die Kompetenzen angegeben. Die vielfältigen Arbeitsaufträge decken die unterschiedlichen **Kompetenzbereiche** ab.
- *Physik heute* legt Wert auf Ergebnisorientierung und alternative Unterrichtsformen. Es vermittelt **Methoden**, die als Grundwerkzeuge für das effektive Arbeiten hilfreich sind.

AHS-Oberstufe



Faszination Physik wurde nach dem neuen **Lehrplan 2017** überarbeitet:

- Beibehalten wurde der **Doppelband** im kleineren Format, umfangreiches Zusatzmaterial (z. B. Kurzfilme) befindet sich im E-Book.
- Neu sind die deutlich hervorgehobenen **Arbeitsaufgaben** und **Formelkästen**. Bei allen Arbeitsaufgaben sind nun die **Kompetenzen** ausgewiesen, **Seitenkategorien** (Wissen & Verstehen – grün, Forschen & Anwenden – rot, Thema – blau) wurden eingeführt, um eine optimale Orientierung zu ermöglichen.
- *Faszination Physik* ermöglicht das Anwenden und Vertiefen des Wissens durch eine Vielzahl an Aufgaben unter besonderer Berücksichtigung der Lebenswelt von Mädchen und Burschen.
- Inhalte des inkludierten E-Books: **Filme von Versuchen**, **Arbeitsblätter** und weiterführende Inhalte.

Erhältlich direkt beim VERITAS-Verlag oder bei Ihrem Buchhändler

Bestellen Sie online, rufen Sie an oder schicken Sie ein Fax oder E-Mail:

Tel.: +43 732 776451-2280 · Fax: +43 732 776451-2239 · E-Mail: kundenberatung@veritas.at

www.veritas.at

Chemische und Biologische Sensoren: miniaturisierte Analytik „für den Hausgebrauch“

Christoph Jungmann & Peter A. Lieberzeit

1. Warum Sensoren?

Chemo- und Biosensoren sind per Definition kleine Messfühler, die chemische Information (z.B.: Konzentration, pH-Wert, Partialdruck, ...) in elektronisch verarbeitbare Information (z.B. Spannung, Strom, Frequenz, ...) umwandeln. Ihren Ursprung haben sie in der Überlegung, dass die Leistungsfähigkeit moderner Analysemethoden nicht immer für die Bearbeitung einer analytischen Fragestellung notwendig ist. Unzweifelhaft leistet instrumentelle Analytik in Spurenanalytik, Diagnostik, Bioanalytik, Prozessüberwachung sowie Qualitätssicherung unschätzbare Dienste. Grundlage dafür sind leistungsfähige, komplexe Geräte, wie beispielsweise Kombinationen aus Trenntechniken und der Massenspektrometrie (zB LC-MS bzw. GC-MS), moderne Spektrometer (zB ICP-MS, NMR, XPS, Raman-Spektrometrie). Dieser Leistungsfähigkeit ist natürlich mit Kosten verbunden, sowohl in der Anschaffung der Geräte, als auch beim Betrieb durch zumeist geschultes Personal. In vielen Fällen ist diese Flexibilität und Leistungsfähigkeit nicht notwendig, aber dafür die Messung in-situ – d.h. außerhalb des Labors - wünschenswert. Ein Beispiel dafür ist die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration in den Abgasen eines Ottomotors: dabei analysiert man einen Analyten in einem genau definierten Konzentrationsbereich (nämlich 0-21 Volumenprozent O₂ im Gasraum). Anstelle Proben zu nehmen und in ein Labor zu transportieren, wäre es also interessant das Meßgerät direkt am Analyseort (miniaturisiert) zur Verfügung zu stellen und durch Laien bedienbar zu machen. Sensoren stellen eine technische Möglichkeit dar, dies zu erreichen.

Abbildung 1 skizziert den schematischen Aufbau eines chemischen Sensors: dieser besteht üblicherweise aus einer chemisch sensitiven Rezeptorschicht und einem (elektronischen) Bauteil, dem sogenannten Transducer. Im ersten Schritt kommt es zur Wechselwirkung zwischen dem Analyten und dem Rezeptor. Dabei ändern sich eine oder mehrere physikalische Eigenschaften der Rezeptorschicht (Masse, Leitfähigkeit, Absorbance, elektrischer Widerstand, ...). Diese Änderung wird vom Transducer aufgenommen und in der Regel in ein elektrisch auslesbares Signal umgewandelt. Rezeptor und Transducer stellen somit die beiden Hauptbestandteile eines chemischen Sensors dar. Die Datenerfassung, -speicherung, sowie -auswertung erfolgt wie allgemein üblich computergestützt.

Die meisten Sensoren verwenden Standardbauteile der Elektrotechnik als Transducer. Je nach Art der Signalumwandlung kann man diese in elektromagnetische, elektrochemische, elektromechanische, elektroakustische, elektro-optische,

elektrostatische, thermoelektrische, sowie radioakustische Elemente gliedern. In den meisten Fällen liefern sie direkt ein elektrisches Signal, wie etwa Spannung, Strom oder Widerstand bzw. Leitfähigkeit, wodurch die Messwerterfassung zusätzlich erleichtert wird. Elektroakustische, massensensitive Bauteile wie Quarzmikrowaagen werden zum Beispiel als Taktgeber in Uhren, Mobiltelefonen, sowie PCs und Laptops eingesetzt. Doch auch Photodioden, Thermistoren und Potentiometer sind Beispiele für Transducer, welche sowohl in Gegenständen des täglichen Lebens, als auch in der chemischen Sensorik eine wichtige Rolle spielen.

In der Tat schafften einige chemische Sensorsysteme bereits vor einiger Zeit den kommerziellen Durchbruch und gehören in ihren jeweiligen Anwendungsbereichen zum Alltag. Besonders hervorzuheben sind:

- 1.) Die Lambdasonde, welche Mitte der 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts in die Serienfertigung ging und seither aus der Automobilindustrie nicht mehr wegzudenken ist [1].
- 2.) Der von N. Taguchi entwickelte Figaro-Sensor, der je nach Bauart unterschiedliche Arten von – hauptsächlich brennbaren – Gasen detektiert und somit einen wertvollen Beitrag im Bereich der Brandprävention (und mittelbar der Erdbebensicherheit von Bauwerken) leistet [2].
- 3.) Kompakte, mobile Messgeräte zur Glucosebestimmung bei Diabetespatienten, die zu einer wesentlichen Verbesserung

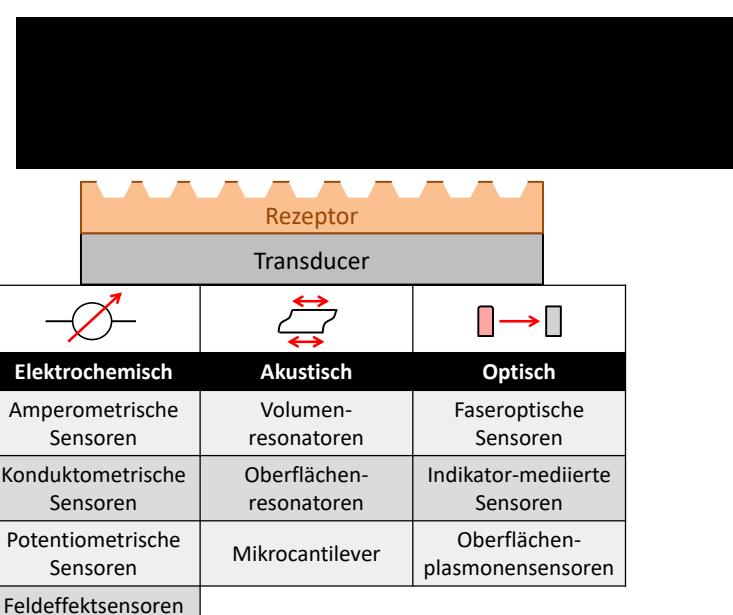


Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Chemo- bzw. Biosensors

der Sicherheit, Unabhängigkeit und Lebensqualität der Betroffenen führte. Diese Vor-Ort-Diagnose ermöglicht Betroffenen somit ein Leben ohne wesentliche Einschränkungen im Alltag.

Die Lambdasonde für die Abgasmessung von Ottomotoren (Abbildung 2) ist ein gutes Beispiel für einen weit verbreiteten Chemosensor: sie besteht aus Zirkoniumdioxid, das bei höheren Temperaturen ein Ionenleiter ist. Darauf werden poröse Elektroden aufgebracht. Eine der beiden Elektroden befindet sich im Abgasstrom, die zweite kontaktiert die Außenluft. Durch die Anlagerung von Sauerstoff an die ZrO_2 -Matrix entsteht eine Konzentrationszelle, deren Nernst-Spannung gemessen werden kann und damit ein Maß für den Sauerstoffpartialdruck im Abgas ist. Zielwert für die Motorsteuerung ist in diesem Fall $\text{pO}_2 = 0$.

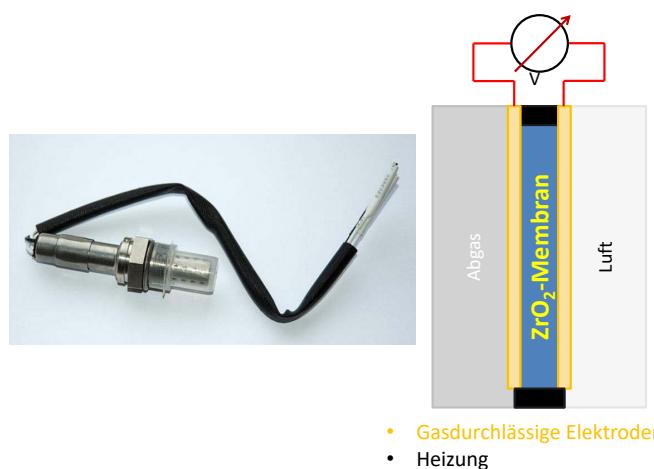


Abbildung 2: Foto und Aufbau einer Lambdasonde. Foto: Martin Olsson (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3357669>)

2. Natürliche Rezeptoren - Biosensoren

Die Unterscheidung zwischen Biosensoren und Chemosensoren beruht hauptsächlich auf den verwendeten Rezeptoren: diese sind in Biosensoren nach der strengen Definition biologischen Ursprungs und bestehen in Chemosensoren aus künstlichen Materialien bzw. Spezies (siehe auch Abbildung 1). Die Verwendung von biologischen Verbindungen in der Sensorik war ein sehr logischer Schritt, da die Natur eine große Vielzahl an hoch selektiven Spezies hervorgebracht hat. Zu deren Vertretern gehören unter anderem Antikörper, die jeweils nur an eine bestimmte Bindungsstelle, ein sogenanntes Epitop, ihres jeweiligen Antigens binden. Die hohe Selektivität bedingt im Umkehrschluss jedoch auch, dass man für jedes Antigen mindestens einen Antikörper benötigt. Dabei entstehen intermolekulare Bindungen mit (entropiebedingt) sehr hohen Bindungskonstanten, die hochselektiv und üblicherweise irreversibel sind. Antikörperbasierte Sensoren sind daher grundsätzlich nicht wiederverwendbar. Dennoch verzeichnen Antikörper erheblichen kommerziellen Erfolg, so zum Beispiel in Form des handelsüblichen Schwangerschaftstests, bei

dem humanes Choriongonadotropin (hCG) – ein Hormon – kolorimetrisch nachgewiesen wird.

Neben Antikörpern bilden Enzyme eine weitere bedeutsame Gruppe von Rezeptoren für die Sensorik. Als natürliche Biokatalysatoren finden sie weitreichende Verwendung von der Lebensmittelindustrie über die Herstellung von Wirkstoffen bis hin zur Gentechnik. Durch die hohe Spezifität der Wechselwirkung zwischen Enzym und entsprechendem Substrat eignen sie sich auch hervorragend für analytische Zwecke. Zur Beschreibung der an Enzymen auftretenden Bindungsvorgänge wird oftmals das sogenannte „Schlüssel-Schloss“-Prinzip herangezogen. Dieses geht auf Nobelpreisträger Emil Fischer zurück und besagt, dass sich ein Substrat zum jeweiligen Enzym wie ein Schlüssel zum passenden Schloss verhält. Tatsächlich finden sich auf Enzymen Bereiche, sogenannte „aktive Zentren“, die strukturell komplementär zu den gebundenen Substraten sind und für die hohe Spezifität sorgen. Zu den größten Nachteilen von Enzymen gehört neben den Kosten die Empfindlichkeit gegenüber harschen Umweltbedingungen, weshalb ihre Verwendung im Großen und Ganzen auf milde bzw. physiologische Bedingungen beschränkt ist. Einer der kommerziell bedeutsamsten Sensoren überhaupt funktioniert auf der Basis von Enzymen: der amperometrische Glucosesensor, der die Lebensqualität von Diabeteskranken weltweit erheblich verbessert hat. Der erste seiner Art geht im Wesentlichen auf die Arbeit von Leland Clark und Champ Lyons zur kontinuierlichen Sauerstoffmessung an menschlichen Patienten [3] zurück. 1962 stellten sie die Arbeit an dem Gerät fertig, welches seither als „Clark-Elektrode“ bekannt ist und den ersten Biosensor im heutigen Sinn darstellt [4]. Mittlerweile findet es neben der Intensivmedizin unter anderem auch Anwendung in der Überwachung von fließenden und stehenden Gewässern. Durch Kombination der Clark-Elektrode mit dem Enzym Glucoseoxidase konnte der Anwendungsbereich auf die Messung des Blutzuckerspiegels ausgedehnt werden (Abbildung 3). Das Enzym katalysiert hierbei die Reaktion von Glucose und Sauerstoff unter Bildung von Gluconolacton und Wasserstoffperoxid. Die dabei umgesetzten Elektronen können amperometrisch gemessen werden – üblicherweise über die Re-Oxidation des H_2O_2 zu Sauerstoff an der Arbeitselektrode. Seit



Abbildung 3: Aufbau und Funktionsweise eines Blutzuckermessgeräts. Foto: Animagus – (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15566191>)

der Einführung der ersten Generation an Glucosesensoren gab es unzählige Weiterentwicklungen, welche sich nicht nur grundlegend im Ablauf des Elektronentransfers, sondern auch der Art der eingesetzten Oxidoreduktasespezies unterscheiden [5].

3. Synthetische Rezeptoren - Chemosensoren

Antikörper bzw. Enzyme sind natürlich biologischen Ursprungs: sie bestehen üblicherweise aus Proteinen. Deren größte Nachteile in der technischen Anwendung sind die begrenzte Langzeitstabilität und Robustheit. Daher gewinnen künstliche Rezeptoren zunehmend an Bedeutung. Sie ahmen die Funktionsweise ihrer natürlichen Vorbilder nach und versprechen so ähnliche Bindungscharakteristika und Selektivitätsprofile, ohne ähnlich empfindlich und teuer zu sein. Im Zusammenhang mit der Synthese von künstlichen Erkennungsmaterialien fällt häufig der Begriff „supramolekulare Chemie“. Diese Disziplin der Chemie beschäftigt sich mit intermolekularen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Molekülen, die üblicherweise nicht zur Bildung einer neuen kovalenten oder ionischen Bindung führen. Für die chemische Sensorik spielen dabei insbesondere die Selbstorganisation von Molekülen und die sogenannte „Host-Guest“-Chemie eine besondere Rolle, vor allem wenn es darum geht, Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften zu erschaffen: der Rezeptor ist der „Host“, der den Analyten („Guest“) bindet. Für die Sensorik sind dabei insbesondere drei Stoffklassen bzw. Synthesestrategien interessant, nämlich:

- Makrozyklen, wie beispielsweise Zykloextrine und Calix[n]arene.
- Aptamere.
- Molekular geprägte Polymere (MIP).

Makrozyklen sind große, zyklische Moleküle, deren Kavität (Innenraum eines Moleküls) groß genug ist, um ein Zielmolekül nichtkovalent zu binden. Zykloextrine bestehen beispielsweise aus sechs bis acht α -1,4-glykosidisch verknüpften Glucosemolekülen, die einen Ring bilden, wie

auch in Abbildung 4 zu sehen ist. Zykloextrine vereinen Wasserlöslichkeit mit einer lipophilen Kavität und eignen sich daher für die Einlagerung hydrophober (Lösungsmittel-) Moleküle und deren Solvatisierung in wässrigen Medien. Sie sind die wesentliche Komponente in geruchsneutralisierenden Polster- bzw. Textilreinigungssprays (zB Febreze®). In der chemischen Sensorik spielen sie dennoch eine vergleichsweise geringe Rolle, da sie aufgrund ihrer Größe nur kleine Moleküle binden können (bis etwa Xylen oder knapp darüber).

Aptamere sind synthetische Rezeptoren und umfassen üblicherweise sowohl kurze, einsträngige Oligonukleotide, als auch Peptide, die fähig sind ein spezifisches Zielmolekül zu binden. Damit sind sie „biomimetisch“ im engen Wortsinne, nutzen sie doch ein aus der Natur bekanntes Phänomen. Aptamerbasierte Chemosensoren existieren für eine Reihe von Analyten, wie für kleine Moleküle, Aminosäuren, Proteinen, Viren, sowie ganzen Zellen. Die entsprechenden Dissoziationskonstanten liegen im piko- bis nanomolaren Bereich, sind also ähnlich hoch, wie jene von Antikörpern. Die hohe Selektivität und Bindungsstärke von Aptameren ergibt sich aus deren Fähigkeit ihre dreidimensionale Struktur an den Bindungspartner anzupassen, in einem Vorgang den man als „adaptive Bindung“ bezeichnet. Die Herstellung von Aptameren erfolgt im Laufe eines künstlichen Prozesses, der unter anderem unter dem Begriff der „systematischen Evolution von Liganden durch exponentielle Anreicherung“ (kurz: SELEX) bekannt ist. Im Laufe mehrerer Stufen werden hierbei Aptamere mit besonders hoher Affinität zum gewünschten Ziel herausgefiltert und vervielfältigt, während der Rest verworfen wird. Neben ihrer hohen Stabilität zeichnen sich Aptamere durch vergleichsweise geringe Synthesekosten aus, sowie der Fähigkeit innerhalb kürzester Zeit auf einen bestimmten Analyten maßgeschneidert werden zu können.

Das sogenannte „Molekulare Prägen“ (Abbildung 5) ermöglicht schließlich die Herstellung von funktionalen Erkennungsschichten auf Basis hochvernetzter Polymermaterialien [6]. Bei der Synthese molekular geprägter Polymere (englisch: „molecularly imprinted polymers“;

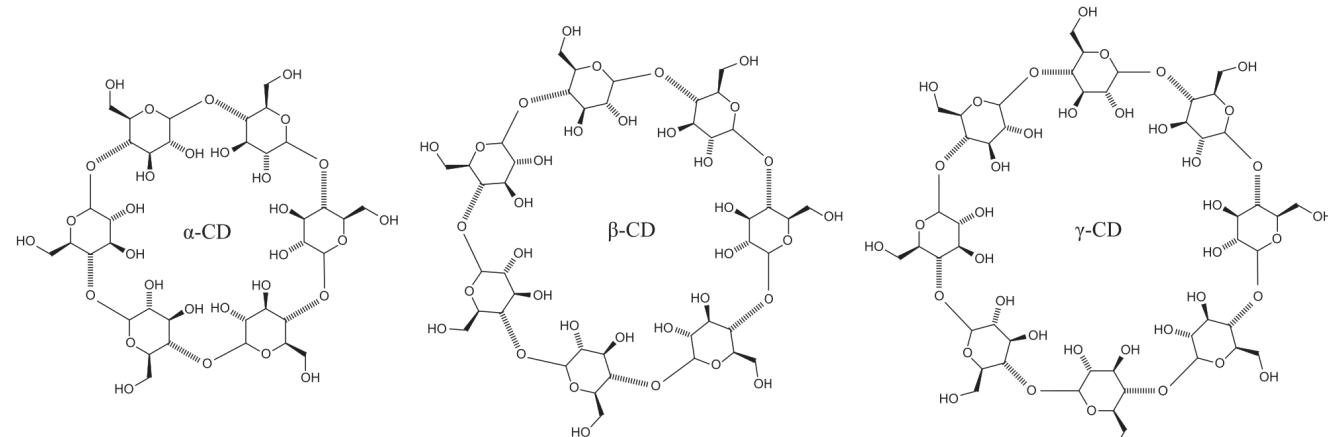


Abbildung 4: Strukturen der drei am weitesten verbreiteten Zykloextrinmoleküle. Foto: Stanisław Skowron (CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=813446>)

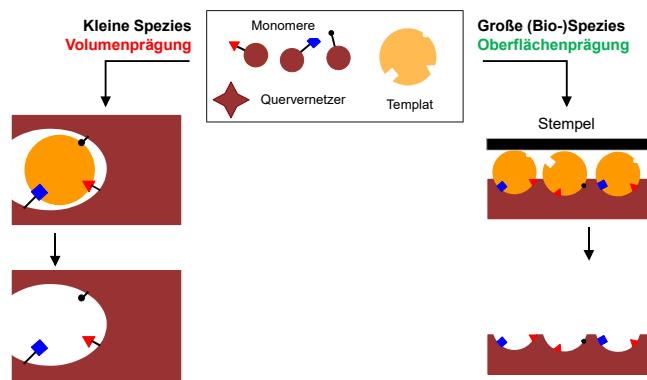


Abbildung 5: Prinzip des Molekularen Prägens

MIP) setzt man den Zielanalyten als Templat (Vorlage) ein. Während des Prägevorgangs entsteht das sich bildende Polymernetzwerk in einem Selbstorganisationsprozess um dieses Templat herum, das damit als Vorlage für Hohlräume im Material dient. Dabei spielen sowohl sterische Kriterien, als auch die Anordnung der funktionalen Gruppen des Polymers eine Rolle. Nach erfolgter Polymerisation wird der Analyt aus dem Polymer bzw. von der Polymeroberfläche entfernt, sei es durch Verdampfen oder Waschen bzw. Extraktion. Dadurch entstehen im Material Kavitäten, welche die funktionellen und sterischen Eigenschaften des Analyten widerspiegeln und diesen daher selektiv und reversibel binden können. Die Erkennung basiert auch in diesem Fall auf nichtkovalenten Wechselwirkungen, vor allem Wasserstoffbrücken, π - π -Wechselwirkungen sowie Van-der-Waals-Kräften. Die Methode führt zu vollsynthetischen, affinitäts-basierten Rezeptoren als kostengünstige Alternative zu ihren biologischen Vorbildern. Ein großer Vorteil der Methode ist die Tatsache, dass es kaum Einschränkungen hinsichtlich des Templates gibt: dieses kann ein bekanntes oder unbekanntes kleines Molekül, ein (Bio-)Makromolekül, oder sogar eine ganze Zelle bzw. ein einzelliger Organismus sein. Neben der Sensorik finden MIP vor allem Anwendung in Extraktionsprozessen, als chirale Selektoren in der Chromatographie, sowie als künstliche Enzyme bei der

großindustriellen Katalyse von chemischen Reaktionen.

Allen drei Strategien zur hochselektiven Erkennung ist gemein, dass sie überwiegend noch Gegenstand der (akademischen) Forschung sind und noch keine entsprechenden Chemosensoren kommerzialisiert werden konnten.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Fazit: Chemosensoren decken einen wichtigen und interessanten Aspekt der modernen Analytik ab, da sie üblicherweise direkt „am Ort des Geschehens“ eingesetzt werden können. Während die Forschungsliteratur jedes Jahr eine Vielzahl neuer Sensoren hervorbringt, konnten sich kommerziell bislang relativ wenige Systeme durchsetzen, wie eben die Lambdasonde oder der Sensor für die Blutzuckerbestimmung. Die Hindernisse auf dem Weg zur Kommerzialisierung weiterer Sensoren sind dabei nicht nur technischer Natur – wie die Entwicklung entsprechend robuster, langlebiger und reproduzierbarer Bauteile, sondern lassen sich auch auf kommerzielle Erwägungen zurückführen: um für einen Endkundenmarkt interessant zu sein, dürfen die Anschaffungskosten pro Sensor nur im Cent- bzw. niedrigen Eurobereich liegen, im Fall von Dienstanbietern sind auch einige zehn Euro möglich (zB Ärztinnen/Ärzte, Wasserwerke, Polizeibehörden, etc.). Dem stehen die Erfordernisse der Produktion gegenüber, die sich erst oberhalb bestimmter Umsatzgrenzen rentiert. Daher ist der exakte Einfluss des Gebiets auf den modernen Alltag noch nicht in allen Details vorhersehbar, aber in Anbetracht der zunehmenden Zahl an „smart gadgets“ wohl hoch einzuschätzen.

Dr. Christoph Jungmann Universität Wien, Institut für

Physikalische Chemie

Univ.-Prof. Dr. Peter A. Lieberzeit Universität Wien,

Institut für Physikalische Chemie

Literatur

- [1] Rieger, F., E. Linder, and P.J. Schmidt, Method and apparatus for monitoring the activity of catalytic reactors, 1976, Google Patents.
- [2] Naoyoshi, T., Gas detecting element and method of manufacturing same, 1972, Google Patents.
- [3] Clark, L., The control and monitoring of blood and tissue oxygen. Trans. Amer. Soc. Anat. Int. Org. 1956. 2: p. 41-48.
- [4] Clark, L.C. and C. Lyons, Electrode systems for continuous monitoring in cardiovascular surgery. Annals of the New York Academy of sciences, 1962. 102(1): p. 29-45.
- [5] Ferri, S., K. Kojima, and K. Sode, Review of glucose oxidases and glucose dehydrogenases: a bird's eye view of glucose sensing enzymes, 2011, SAGE Publications.
- [6] Ghulam Mustafa, P.A.L., MIP sensors on the Way to real-world Applications, in Designing Receptors for the Next Generation of Biosensors, M.J.W. Sergey A. Piletsky, Editor 2012, Springer: Heidelberg. p. 167-187.

Was ist drin in unserer Wurst?

Friedrich Bauer

„Der Magen einer Sau, das Herz einer Frau und der Inhalt einer Leberwurst bleiben für immer unerforscht“ lautet ein Sprichwort. Wenn man die Bevölkerung zur Wurstproduktion befragt, bekommt man die abenteuerlichsten Antworten, wie „es werden Abfälle verwendet“ oder „der Zusammenhalt kommt vom Mehl“. Bevor wir der Frage nachgehen, ob der Inhalt einer Wurst ein Geheimnis ist oder nicht, noch ein kurzer Exkurs in die Vergangenheit. Wie kommt der Mensch eigentlich auf die Idee, Fleisch, Innereien und Speck mehr oder weniger fein zerkleinert in einen Darm zu füllen? Wenn in der Vergangenheit – und das ist noch gar nicht so lange her – ein Schwein, Rind oder Schaf geschlachtet wurde, wurde weitgehend alles von dem Tier verwertet. Einige Fleischteile wurden sofort verzehrt, die anderen zugeschnitten und durch Salzen, Räuchern und Trocknen haltbar gemacht. Aber was wurde aus den Abschnitten, die beim Zuschnitt des Fleisches anfallen oder den Schweinshaxen, dem Kopf, den Därmen usw.? Dazu muss man wissen, dass bis in die Fünfziger und Sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts Fleisch besonders wertvoll war und man es sich nicht leisten konnte, etwas Genießbares vom Tier wegzwerfen. Und so machte man diese übriggebliebenen Teile des Tieres haltbar, indem man sie mehr oder weniger zerkleinerte, in einen geputzten Darm stopfte und anschließend erhitzte oder salzte und trocknete. So entstanden Würste wie die Bratwurst, Blutwurst, Presswurst, Leberwurst, aber auch die Salami. Die Methoden zur Konservierung, wie das Salzen, Räuchern oder Trocknen, sind seit Jahrhunderten überliefert. Die Menschen haben beobachtet, dass z. B. ein Fleischstück, das zum Trocknen nahe der Feuerstelle hing, länger hielt und auch nicht verschimmelte.

Und diese Würste gibt es heute noch immer – nicht aus der Not heraus, sondern aus Tradition und sie bereichern das Wurstsortiment neben Würsten mit höherem Magerfleischanteil und weniger Schwarten.

Würste bestehen also aus Fleisch (Eiweiß), Speck (Fett) und oft auch Wasser als Hauptbestandteile. Dazu kommen noch Salz, einige Zusatzstoffe und bei manchen Produkten auch Stärke. Welcher Bestandteil in der Wurst ist heute für uns wertbestimmend? Das ist zweifellos das Fleisch, das zu fast einem Viertel aus Eiweiß und außerdem aus Wasser, Fett, Mineralstoffen und Vitaminen besteht. Das Fleischeiweiß wird wiederum in Muskel- und Bindegewebeeiweiß unterteilt, wobei das Muskeleiweiß das wertbestimmende ist. Muskeleiweiß enthält nämlich eine große Menge an Aminosäuren, die vom menschlichen Körper nicht selbst aufgebaut werden können, sogenannte essentielle Aminosäuren. Sieht man im Fleisch kein Fett, dann beträgt der Fettgehalt höchstens 2%. Um die Wurst beurteilen zu können, muss man also in erster Linie wissen,

wie hoch die Anteile von Wasser, Fett, Eiweiß und kollagenem Eiweiß sind (siehe auch Exkurs am Ende des Artikels).

Im Folgenden ist dargestellt, mit welchen Analysemethoden man die gewünschten Informationen erhalten kann.

1. Wie geht man vor, um ein Fleischerzeugnis zu untersuchen?

Die Grundlage der Methoden ist in der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §64 LFGB [1] beschrieben. Für weitere Information ist das Lehrbuch „Lebensmittelanalytik“ [2] sehr hilfreich.

1.1 Probenvorbereitung

Bevor die Fleischerzeugnisse chemisch analysiert werden können, müssen sie sorgfältig z. B. in einem kleinen Laborkutter (Schneidmischer) homogenisiert werden, um ein gleichmäßig verteiltes Probenmaterial zu erhalten. Es müssen gem. ÖLMB [3] mindestens 300g des zu untersuchenden Fleischerzeugnisses homogenisiert werden, um ausreichend Probenmaterial für eine Beurteilung zu erhalten.



Abbildung 1: Homogenisierung der Probe im Laborkutter

1.2 Bestimmung des Wassergehaltes bzw. der Trockenmasse

Es wird zwar immer vom Wassergehalt einer Probe gesprochen, eigentlich wird aber der Gehalt an Trockenmasse bestimmt. Erst aus der Differenz der Masse vor und nach dem Trocknen erhält man den Wassergehalt. Dabei wird die homogenisierte Probe zuerst mit Seesand verrührt, gewogen und bei 103°C getrocknet. Aus der Differenz der Wägung vor und nach dem Trocknen erhält man die Trockenmasse bzw. kann daraus den Wassergehalt ableiten.



Abbildung 2: Vermischen der Probe mit Seesand

1.3 Bestimmung des Gesamtfettgehaltes

Für die Beurteilung von Fleischerzeugnissen ist der Gesamtfettgehalt von Bedeutung. Um diesen Wert zu bestimmen, wird aus der nach dem oben beschriebenen Verfahren getrockneten Probe das Fett mit Diethylether in einer Extraktionsapparatur nach SOXHLET extrahiert, gewogen und daraus der Gesamtfettgehalt berechnet.



Abbildung 3: Die getrocknete Probe (Mitte), Extraktionshülsen (unten), Kolben für Ether

1.4 Bestimmung des Gesamteiweißgehaltes

Der Gesamteiweißgehalt wird aus dem nach KJELDAHL bestimmten Stickstoffgehalt durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 berechnet und in g/100g der Probe angegeben. Der Faktor 6,25 ergibt sich aus dem durchschnittlichen Gehalt an Stickstoff in Proteinen von 16%, d.h. in 100 g Eiweiß sind 16 g Stickstoff enthalten. Wenn also der Stickstoffgehalt bekannt ist, wird durch eine einfache Schlussrechnung der Gesamteiweißgehalt berechnet. Für einzelne Eiweißstoffe können sich daher andere Faktoren ergeben, wie z. B. bei Gelatine 5,55.



Abbildung 4: Extraktionsapparatur nach SOXHLET



Abbildung 5: Destillation der Probe am Beginn (links, Indikator ist violett) und am Ende der Destillation (rechts, Indikator ist grün)

Den organisch gebundenen Stickstoff erhält man dadurch, dass man die Probe mit konzentrierter Schwefelsäure, Kupfersulfat als Katalysator und Kaliumsulfat zur Erhöhung des Siedepunktes versetzt, erhitzt und dadurch aufschließt. Der organisch gebundene Stickstoff wird dabei in Ammoniumsulfat übergeführt. Nach Versetzen mit Natronlauge im Destillationskolben wird aus Ammoniumsulfat flüchtiges Ammoniak, das durch Destillation in eine Vorlage mit gesättigter Borsäure-Lösung übergetrieben und anschließend mit einer Salzsäure-Maßlösung titriert wird. Auf dieses Weise lässt sich der Stickstoffgehalt und letztlich der Proteingehalt bestimmen.

1.5 Bestimmung des Kollagengehaltes in Fleischerzeugnissen

Das kollagene Eiweiß enthält im Gegensatz zum Muskelprotein die seltene Aminosäure Hydroxyprolin und zwar in konstanter Menge von 12,5%, so dass durch Multiplikation des Hydroxyprolingehaltes mit 8 der Anteil an Bindegewebe Eiweiß berechnet werden kann.

Die Probe wird durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure hydrolysiert, wobei die einzelnen Aminosäuren freigesetzt werden. Das Hydroxyprolin wird mit Chloramin T zu Pyrrolidin oxidiert und mit 4-Dimethylaminobenzaldehyd zu einer rotgefärbten Verbindung kondensiert. Die Extinktion dieser Messlösung wird photometrisch bei 558 nm bestimmt. Sie ist der Hydroxyprolinkonzentration direkt proportional.



Abbildung 6: Hydroxyprolin-Standardlösungen nach der Farbreaktion

1.6 Bestimmung der Asche

Unter der Asche von Fleisch und Fleischerzeugnissen wird der bei vollständiger Verbrennung verbleibende Rückstand, also die Mineralstoffe, verstanden. Bei Fleischerzeugnissen handelt es sich dabei in erster Linie um das zugesetzte Kochsalz. Kochsalz wird Würsten nicht nur wegen des Geschmackes zugesetzt, sondern ist für die Wasserbindung unbedingt notwendig. Die fein zerkleinerte Probe wird getrocknet und im Muffelofen bei nicht mehr als 550°C vorsichtig verascht. Die Temperatur von 550°C soll deswegen nicht überschritten werden, da Natriumchlorid, das bei Fleischerzeugnissen die Hauptmenge an Mineralstoffen ausmacht, über 550°C schon merkliche Verdampfungsverluste aufweist. Die Masse des so erhaltenen Rückstandes wird durch Differenzwägung bestimmt. Die Asche ist für die Überprüfung der Plausibilität der Analyse von Bedeutung, da die Summe der Bestandteile Wasser, Eiweiß, Fett, Asche und ggf. auch Stärke 100% ergeben soll.



Abbildung 7: Probe nach Veraschung im Muffelofen

1.7 Beurteilung der Proben

Nachdem die Zusammensetzung der Wurst ermittelt wurde, müssen die erhaltenen Werte auch interpretiert und beurteilt werden. Grundlage dafür sind die Grenzwerte im Kapitel B14 des Österreichischen Lebensmittelbuches.

Die Grenzwerte sind zum Teil in Verhältniswerten angegeben, wie z. B. das Wasser/Eiweiß-, Fett/Eiweiß- und Wasser+Fett/Eiweiß-Verhältnis und der Kollagenwert, und zum Teil in Absolutwerten, wie die Gehalte an Stärke, kollagenfreiem Eiweiß und Fett. Es muss geklärt werden, ob es sich dabei um Minimal- oder Maximalwerte handelt, und welcher dieser Stoffe der wertbestimmende Inhaltsstoff ist, d. h. welcher

Inhaltsstoff erwartet wird. Bei Würsten wird erwartet, dass die Wurst aus Fleisch hergestellt wird und in Fleisch ist das Eiweiß der wertbestimmende Stoff.

Beim Wasser/Eiweiß-Verhältnis ist der wertbestimmende Stoff natürlich das Eiweiß. Unabhängig, ob zu wenig Eiweiß (Fleisch) oder zu viel Wasser zugesetzt wird, der Quotient wird immer größer werden – daher ist dieser Wert ein Höchstwert und darf nicht überschritten werden. Grundsätzlich sind im ÖLMB für jede Wurst oder Gruppe von Würsten Grenzwerte festgelegt, die eingehalten werden sollen und legen damit die Minimalanforderungen an die Zusammensetzung fest. Liegt der analysierte Wert genau am Grenzwert, ist das in Ordnung. Bei Fett/Eiweiß gilt dieselbe Überlegung – der wertbestimmende Stoff ist das Eiweiß, der nicht wertbestimmende das Fett. Ein etwas seltsam anmutender Wert ist das Wasser+Fett/Eiweiß-Verhältnis, da dieser ja nichts anderes ist als die Summe von Wasser/Eiweiß- und Fett/Eiweiß-Verhältnis. Sieht man sich jedoch den Grenzwert an, wird man sehen, dass dieser niedriger ist als die Summe der beiden. Der Grund dafür ist, dass der Hersteller selbst entscheiden kann, ob die Wurst fett ist und damit weniger Wasser enthält oder umgekehrt. Dabei geht es vor allem um den sensorischen Eindruck. Diesen Grenzwert gibt es nur bei den Brätwürsten, also den Brühwürsten mit homogener Schnittfläche, wie Frankfurter oder Extrawurst. Der Kollagenwert gibt den prozentualen Anteil von kollagenem Eiweiß im Gesamteiweiß an, d. h. ein Wert von 20 bedeutet, dass 20% kollagenes Eiweiß im Gesamteiweiß vorhanden ist. Da das kollagene Eiweiß ernährungsphysiologisch nicht so wertvoll ist, wie das Muskeleiweiß, ist dies ebenfalls ein Höchstwert. Bildet man die Differenz zwischen kollagenem Eiweiß und Gesamteiweiß, so erhält man einen Wert für das kollagenfreie Eiweiß, der eigentlich für den Anteil an reinem Muskeleiweiß steht. Es wird deswegen so genannt, weil das kollagene Eiweiß und das Gesamteiweiß analysiert werden und dann die Differenz gebildet wird. Dieser Wert ist ein Mindestwert, der nicht unterschritten werden darf. Die Angaben für Stärke und Fett sind dagegen Höchstwerte. Stärke darf in gewissen Brühwürsten wie Extrawurst, Knacker oder Frankfurter enthalten sein und trägt zur besseren Wasserbindung bei. Der Codex erlaubt bei gewissen Werten wie dem Wasser/Eiweiß- und Fett/Eiweiß-Verhältnis (jeweils +0,2) und dem Kollagenwert (+10%), dem kollagenfreien Eiweiß (-3%) und Fett (+2 oder 3 %-Punkte) eine Toleranz, auf jeden Fall ist aber die Messunsicherheit zu berücksichtigen, die bei jeder Methode unterschiedlich groß ist.

1.8 Lebensmittelrechtliche Begutachtung der Proben

Bei diesen Untersuchungen und dem darauffolgenden Vergleich mit den Grenzwerten im ÖLMB gilt es festzustellen, ob die Probe als verfälscht gem. §5(1)2 LMSVG beurteilt wird. Nach §5(5)3 sind Lebensmittel „verfälscht, wenn ihnen wertbestimmende Bestandteile, deren Gehalt vorausgesetzt wird, nicht oder nicht ausreichend hinzugefügt oder ganz

oder teilweise entzogen wurden, oder sie durch Zusatz oder Nichtentzug wertvermindernder Stoffe verschlechtert wurden, oder ihnen durch Zusätze oder Manipulationen der Anschein einer besseren Beschaffenheit verliehen oder ihre Minderwertigkeit überdeckt wurde, oder wenn sie nach einer unzulässigen Verfahrensart hergestellt wurden“. Wird ein Grenzwert überschritten oder bei kollagenfreiem Eiweiß unterschritten, liegt eine Verfälschung vor, wenn „dieser Umstand [nicht] deutlich und allgemein verständlich kenntlich gemacht ist“ (§5(1)2 LMSVG).

2. Exkurs

Die Zusammensetzung von Fleischerzeugnissen unterliegt sowohl nationalem als auch gemeinschaftlichem Recht. EU-weit sind die Hygiene, die Kennzeichnung und die Zusatzstoffe in verschiedenen EU-Verordnungen geregelt. Die Zusammensetzung der Fleischerzeugnisse hinsichtlich Eiweiß-, Fett-, Kohlenhydrat- und Wassergehalt obliegt mit einer Ausnahme den Nationalstaaten. Diese Ausnahme ist das Faschierte, das in allen EU-Mitgliedsstaaten dieselbe Zusammensetzung hinsichtlich Fett- und Kollagengehalt (Kollagenwert) haben muss. In Österreich ist das Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG - BGBl. I Nr. 13/2006 i.d.g.F) [4] für alle Lebensmittel betreffenden Belange zuständig, sofern dies nicht schon in einer EU-Verordnung geregelt ist. EU-Verordnungen erlangen unmittelbar nach ihrem Inkrafttreten in allen Mitgliedsstaaten Gültigkeit. In § 76 des LMSVG heißt es: „Dem Bundesminister für Gesundheit obliegt die Herausgabe des Österreichischen Lebensmittelbuches (Codex Alimentarius Austriacus). Es dient der Verlautbarung von Sachbezeichnungen, Begriffsbestimmungen, Untersuchungsmethoden und Beurteilungsgrundsätzen sowie von Richtlinien für das Herstellen und Inverkehrbringen von Waren und kann in elektronischer Form veröffentlicht werden“ [4]. Unter „Richtlinien für das Herstellen und Inverkehrbringen von Waren“ fällt auch die substantielle Zusammensetzung von Lebensmittel mit Ausnahme der Zusatzstoffe. Das Österreichische Lebensmittelbuch (kurz ÖLMB oder einfach Codex) ist in zwei Teile A und B aufgeteilt. Teil A enthält Kapitel, die alle Lebensmittel betreffen und beinhaltet z.B. Beurteilungsgrundsätze. In Teil B werden die einzelnen Lebensmittel geregelt, beginnend beim Trinkwasser über Fruchtsäfte und Teigwaren bis hin zu Fleisch, Fisch und Milch sowie deren Produkte. Aber auch für Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel, die ebenfalls unter das LMSVG fallen, gibt es Kapitel. Was viele vielleicht verwundert, ist, dass auch Vorschriften für Bier und Spirituosen im Codex geregelt sind, nicht jedoch für Wein, der in der EU einem gesonderten Recht unterliegt. Das Ziel des ÖLMB ist die Garantie einer guten und gleichmäßigen Qualität. Es soll die berechtigte Verbrauchererwartung und den herrschenden Handelsbrauch erfüllen und damit den Konsumenten vor Täuschung und den Produzenten vor unlauterem Wettbewerb schützen. Alle Kapitel des ÖLMB wie auch andere lebensmittelbezogenen

Rechtsmaterien sind auf der Homepage des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen kostenfrei abrufbar (<https://www.verbrauchergesundheit.gv.at/>).

Mit Fleisch und Fleischerzeugnissen beschäftigt sich Kapitel B14. Im ersten Teil dieses Kapitels sind Richtlinien für unbehandeltes Fleisch zu finden und zwar über die Zerlegung der Tierkörper, die Bezeichnung der Fleischteile, über Faschiertes, Formfleisch und Schlachtgeflügel. Die Fleischerzeugnisse sind im zweiten Teil definiert und beschrieben. Weiters findet man Richtlinien für Herstellung, Untersuchung und Beurteilung sowie die

Grenzwerte, die eingehalten werden müssen, um in Österreich als verkehrsfähig zu gelten. Damit sind diese Produkte auch in allen EU-Mitgliedsstaaten nach dem Chassis de Dijon-Prinzip verkehrsfähig. Das Chassis de Dijon-Prinzip besagt, dass ein Lebensmittel in allen EU-Ländern verkehrsfähig ist, wenn es in einem Mitgliedsstaat rechtmäßig hergestellt wurde.

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Friedrich Bauer

*Veterinärmedizinische Universität Wien; Institut für
Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelwissenschaft*

Literatur

- [1] BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENS-MITTELSICHERHEIT (BVL) (2011): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §64 LFGB Vorläufiges Tabakgesetz, §28b GenTG. Band 1 (L) Verfahren zur Probenahme und Untersuchung von Lebensmitteln. Beuth Verlag GmbH, Berlin Wien Zürich.
- [2] Matissek, R., Steiner, G. & Fischer, M. (2014) Lebensmittelanalytik, Springer Spektrum Berlin Heidelberg, 5. Auflage. ISBN 978-3-642-34828-0
- [3] Bundesministerium für Frauen und Gesundheit (Hrsg.) (2006) Das Österreichische Lebensmittelbuch Kapitel B14 Fleisch und Fleischerzeugnisse <http://www.lebensmittelbuch.at/>
- [4] Bundesgesetz über Sicherheitsanforderungen und weitere Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände und kosmetische Mittel zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz - LMSVG) BGBl. I Nr. 13/2006 i.d.g.F.

Gesetzlich nicht geregelte Schimmelpilzgifte in unserer Nahrung: ein unterschätztes Gesundheitsrisiko?

Moderne Analysemethoden helfen bei der Klärung dieser Frage

Georg Aichinger & Doris Marko

1. Mykotoxine – allgegenwärtige Schimmelpilzgifte

Schimmelpilze stehen schon länger im Fokus der Lebensmitteltoxikologie. Ihre toxischen Stoffwechselprodukte (Metaboliten), die Schimmelpilzgifte, werden in der Fachsprache auch als Mykotoxine bezeichnet. Manche Schimmelpilze können bereits auf dem Feld Nutzpflanzen befallen. Aber auch während der Verarbeitung oder Lagerung können sich Schimmelpilze ansiedeln. Auf diese Weise können Mykotoxine als Verunreinigungen, sogenannte Kontaminanten, in die Nahrungskette gelangen und in Folge unerwünschte Effekte im Menschen verursachen. Insbesondere der vermutete Zusammenhang dieser Lebensmittelkontaminanten mit der Entstehung von Krebserkrankungen führte dazu, dass für eine Reihe von Mykotoxinen gesetzliche Grenzwerte eingeführt wurden, deren Einhaltung im Zuge der Lebensmittelüberwachung kontrolliert wird. Prominente Beispiele sind Aflatoxine, Ochratoxin A oder Zearalenon.

Allerdings ist die Problematik der Mykotoxine sehr komplex. Erstens handelt es sich bei dieser Stoffklasse um eine sehr heterogene Gruppe mit ca. 300-400 Vertretern mit teilweise sehr unterschiedlichen Wirkungsspektren, von denen nur die Wichtigsten ausreichend erforscht und gesetzlich reglementiert sind [1]. Zweitens sind manche Schimmelpilzarten in der Lage, viele verschiedene Metaboliten zu produzieren, während einige Mykotoxine durchaus von unterschiedlichen Arten gebildet werden können. Und drittens sind Lebensmittel auch oft mit verschiedenen Schimmelpilzarten zugleich kontaminiert. Diese Umstände stellen große wissenschaftliche Herausforderungen, u. a. an die Lebensmittelanalytik. Waren bis vor einigen Jahren die meisten analytischen Methoden noch auf ein einzelnes oder einige wenige Mykotoxine ausgerichtet, geht der Trend nun in Richtung auf Massenspektrometrie basierende Methoden, die die simultane Bestimmung einer Vielzahl von Kontaminanten erlauben, den sogenannten Multimethoden [1].

Durch die neuen Möglichkeiten der Analytik ergeben sich aber auch neue Anforderungen an die Toxikologie, da sich zunehmend zeigt, wie häufig komplexe Mischungen von Schimmelpilzgiften auftreten. Bei der Festlegung der derzeit geltenden gesetzlichen Grenzwerte wurden jedoch in der Regel toxikologische Daten zur Wirkung einzelner Mykotoxine zugrunde gelegt. Mögliche kombinatorische Wirkungen wurden bislang in der Sicherheitsbewertung nicht berücksichtigt. Allerdings zeigen die aktuellen Multimethoden auch, dass neben

den bereits gesetzlich geregelten Mykotoxinen auch eine ganze Reihe weiterer Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen auftreten, deren Wirkungen bislang weitestgehend ungeklärt sind. Ein Beispiel für eine Gruppe dieser sogenannten „aufkommenden Mykotoxine“ (engl. „emerging mycotoxins“) sind Alternaria Toxine.

2. Alternaria Toxine – Gifte aus schwarzem Schimmel

Als Alternaria wird eine Gattung von Schimmelpilzen bezeichnet, die unter verschiedenen Wachstumsbedingungen gedeiht und dementsprechend weit verbreitet ist. Man findet diesen charakteristisch schwarz gefärbten Schimmel auf Früchten, wie z. B. auf im Kühlschrank gelagerten Tomaten, auf Getreide, aber auch an den Wänden feuchter Räume. Während er in letzteren wegen der allergenen Wirkung seiner Sporen (Abbildung 1) Relevanz besitzt, führt er im Falle einer Lebensmittelkontamination zur Bildung eines sehr komplexen Profils an Stoffwechselprodukten. In den letzten Jahren wurden für einige dieser Stoffwechselprodukte toxische Wirkungen beschrieben, so dass sie nunmehr als Mykotoxine einzuordnen sind und als Alternaria Toxine bezeichnet werden.

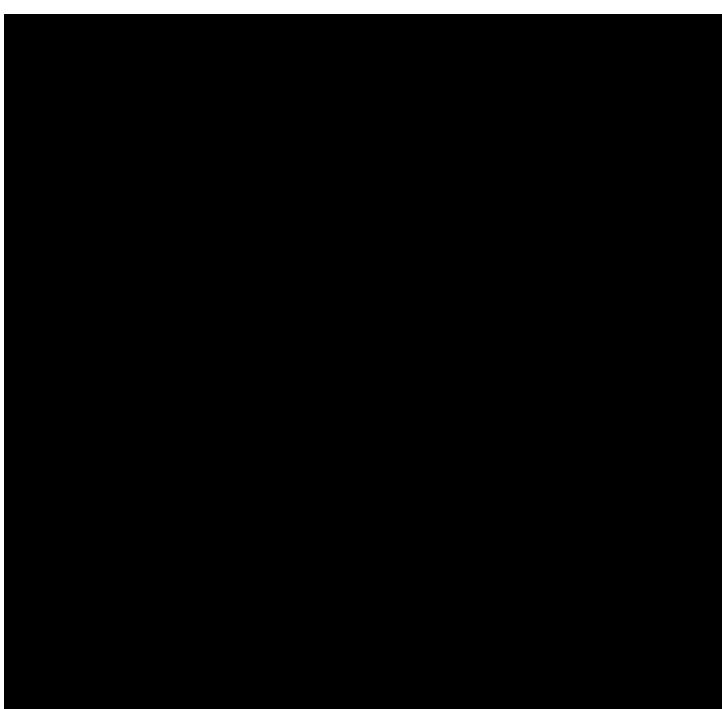


Abbildung 1: Sporen von *Alternaria alternata* [Rolf Geisen, Max-Rubner-Institut, Karlsruhe]

Die Art und die relative Menge der gebildeten Alternaria Toxine hängt stark von den Wachstumsbedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Substrat, Lichtverhältnisse) ab [2]. Wichtige Alternaria Toxine sind zum Beispiel Alternariol (AOH) und dessen Monomethylether (AME) sowie Tenuazonsäure und die Altertoxine I-III (ATX I-III) (Abbildung 2). Nachdem diese gesetzlich bislang nicht geregelt sind, schwankt ihr Vorkommen in Lebensmitteln stark. Generell sollte dieses aber nicht unterschätzt werden. So fand eine Studie aus dem Jahr 2005, in deren Rahmen diverse Früchte aus US-amerikanischen Supermärkten analysiert wurden, besonders hohe Kontaminationsraten bei Heidelbeeren (fast 50% der analysierten Proben), roten Trauben, Orangen und Zitronen [3]. Bei Messungen in unseren eigenen Labors konnten wir Alternaria Toxine in Dosentomaten, aber auch in Speiseölen, die allesamt in heimischen Supermärkten gekauft wurden, nachweisen (Daten noch nicht veröffentlicht).

3. Die Genotoxizität – Schimmelpilzgifte können das Erbgut schädigen

Die Alternaria Toxine AOH, AME sowie ATX II wurden kürzlich als genotoxisch eingestuft, d. h. sie schädigen die DNA, was schlimmstenfalls zu Mutationen und Krebs führen könnte [4, 5]. Um dies festzustellen, wurde die Methode der „Einzelzellgelektrophorese“, auch „Comet assay“ genannt, angewandt. Der Comet assay ist eine Methode, die es ermöglicht, an Säugerzellen in Zellkultur (in vitro) DNA-Schädigung zu erfassen. Die Auswahl der jeweiligen Zelllinie erfolgt anhand der Hypothese, welche Organe des Menschen voraussichtlich am stärksten einer möglichen toxischen Wirkung ausgesetzt werden. Ein unerwünschter Stoff, der über die Nahrung

aufgenommen wird, kommt als erstes mit den Zellen des menschlichen Verdauungstraktes in Kontakt. Aufgrund der relativen kurzen Verweilzeit sind Mund und Speiseröhre im Hinblick auf die toxische Wirkung von Mykotoxinen eher wenig im Fokus. Auch der Magen ist ein Organ, das keine große Rolle bei der Aufnahme von Stoffen aus dem Speisebrei in das Gewebe bzw. die Blutbahn (Resorption) spielt. Der Hauptort der Resorption ist der Dünndarm. Dort in das Gewebe aufgenommene Stoffe werden ins Blut abgegeben und über die Pfortader in die Leber transportiert. Die Leber ist das Organ mit der höchsten Kapazität Fremdstoffe chemisch so umzuwandeln (metabolisieren), dass sie wieder ausgeschieden werden können. Viele Schimmelpilzgifte sind aufgrund ihrer Struktur eher fett- als wasserlöslich. Sie werden deshalb im Darm meist verhältnismäßig gut resorbiert und in der Folge dann in der Leber metabolisiert. Damit bietet es sich an, bei der Auswahl von Zelllinien für *in vitro* Untersuchungen auf solche zurück zu greifen, die aus dem Darm bzw. der Leber gewonnen wurden. Hierbei sollte erwähnt werden, dass gesunde Zellen des Menschen nicht dauerhaft im Brutschrank gehalten werden können. Gesunde Zellen benötigen einerseits ihren natürlichen Zellverband und die organspezifische Umgebung an Wachstumssignalen zum Überleben. Jede gesunde Zelle unterliegt einem natürlichen Alterungsprozess und Lebenszyklus, der verhindert, dass sich diese Zelle dauerhaft vermehrt. Als Ausweg bedient man sich Zellen, die aus Tumoren gewonnen wurden. Für nahezu alle Organe des Menschen stehen heute Zelllinien zur Verfügung, die aus entsprechenden Tumoren von Patienten gewonnen wurden. Tumorzellen unterliegen nicht dem natürlichen Alterungsprozess und können unter geeigneten Kulturbedingungen nahezu unbegrenzt in Kultur gehalten werden.

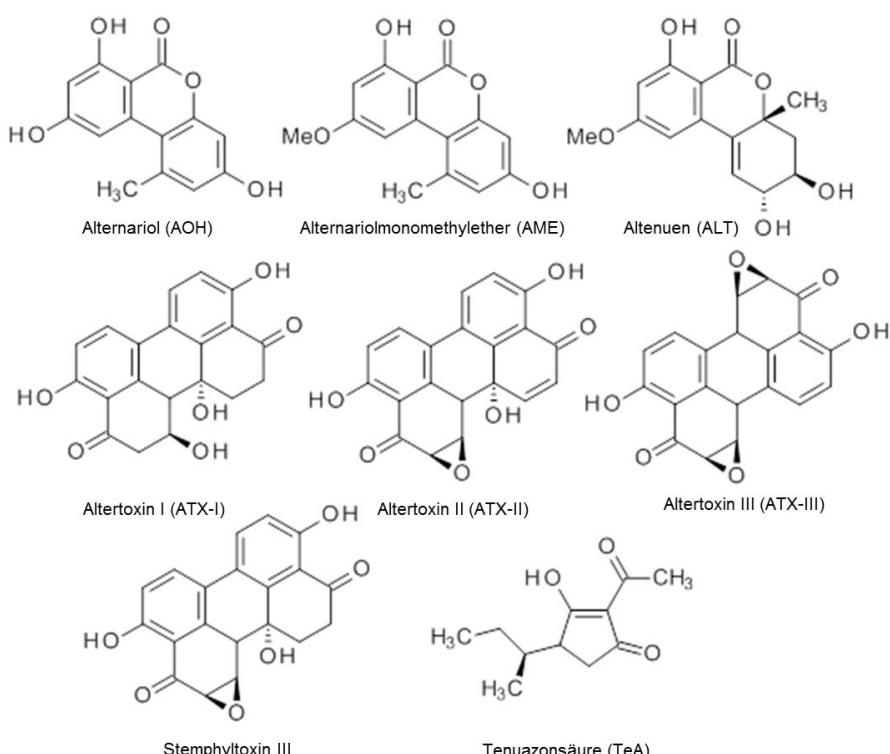


Abbildung 2: Eine Auswahl an Alternaria Toxinen

Zur Testung der möglichen DNA-schädigenden, d. h. genotoxischen Wirkung einer Substanz im Comet assay können beispielsweise HT29 Zellen, die einem menschlichen Dickdarmtumor entstammen, oder HepG2 Zellen, die ursprünglich aus einem Lebertumor etabliert wurden, herangezogen werden. Das Zellkulturmedium wird hierzu mit der zu testenden Substanz versetzt und bei den üblichen Bedingungen (Brutschrank 37°C, 5% CO₂) für einen definierten Zeitraum (z. B. 1 Stunde) inkubiert. Anschließend wird die Substanz weggewaschen, die Zellen werden vereinzelt und in ein Agarosegel eingebettet. Agarose ist der Hauptbestandteil von Agar. Nach Erhitzen in wässriger Lösung bildet Agarose Gele aus, die in der Elektrophorese zur Auf trennung von DNA verwendet werden können. Die in das Agarosegel eingebetteten Zellen werden nunmehr in einen Behälter mit Lysepuffer gestellt, der verschiedene Detergenzien enthält, die die Membranen der Zellen und der Zellkerne vollständig auflösen – d. h. die DNA liegt jetzt frei im porösen Gel. Wird nun elektrische Spannung angelegt, wird die negativ geladene DNA von der Anode (Pluspol) angezogen. Ungeschädigte chromosomal DNA ist zu hochmolekular, um durch die Poren des Gels zu wandern. Wurde das Erbgut jedoch geschädigt, sind kleinere DNA-Fragmente vorhanden, die in das Gel eintreten und im elektrischen Feld wandern können. Nach dem Anfärben der DNA mit Ethidiumbromid sind diese Fragmente unter dem Mikroskop als eine Art Kometenschweif (daher der Name „Comet assay“) sichtbar und somit kann die DNA-schädigende Wirkung einer Substanz nachgewiesen werden (Abbildung 3). Die Auswertung erfolgt computergestützt am Fluoreszenzmikroskop. Hierbei wird die Menge der Fluoreszenz im Schweif (geschädigte DNA) im Verhältnis zur Gesamt-DNA-Menge ermittelt. Allerdings ist zu sagen, dass für die Risikobewertung noch dringend Daten aus Tierversuchen benötigt werden, ein Umstand, an dem im Moment intensiv gearbeitet wird.

4. Die östrogene Wirkung – was Schimmelpilzgifte mit Hormonen zu tun haben

Estradiol, das wohl wichtigste weibliche Geschlechtshormon, ist maßgeblich an der Entwicklung der weiblichen Geschlechtsorgane beteiligt. Es wirkt über die Bindung an Östrogenrezeptoren in den Gewebezellen, die dadurch aktiviert werden und dann ihrerseits eine Zellantwort – sehr oft ein Wachstumssignal – auslösen. Stoffe, die strukturelle Ähnlichkeiten mit diesem Hormon aufweisen, sind manchmal ebenfalls in der Lage, an die Rezeptoren zu binden, und dadurch ein ungewolltes, „künstliches“ östrogenes Signal auszulösen. Oft entpuppen sich diese sogenannten „xenoöstrogenen“ Substanzen als endokrine Disruptoren, d. h. als Substanzen, die den menschlichen Hormonhaushalt stören und dadurch zu toxischen Effekten wie z. B. einer verminderten Fruchtbarkeit oder Entwicklungsstörungen führen. Prominente Beispiele dafür wären z. B. Bisphenol A, das in Kunststoffen zur Anwendung kommt und 2011 für die Verwendung in Babyflaschen verboten wurde (Richtlinie 2011/8/EU), oder aber auch das Mykotoxin Zearalenon, das zwar vor allem wegen toxischer Effekte in der Viehzucht bekannt wurde, aber durchaus auch für den Menschen relevant und daher ebenfalls gesetzlich reglementiert ist.

Kürzlich wurde in einer Studie an Krebszellen beobachtet, dass auch das Alternaria Toxin AOH in der Lage ist, an menschliche Östrogenrezeptoren zu binden und diese zu aktivieren [6]. Um dies nachzuweisen wurde der sogenannte „Alkalische Phosphatase Assay“ verwendet, der sich besondere Zellen, die „Ishikawa“ Krebszellen zu Nutze macht. Diese Gebärmutterzellen verfügen über beide bislang bekannten Formen des Östrogenrezeptors (ER α und ER β), und zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass die Bildung eines Enzyms, der alkalischen Phosphatase (ALP), an eine Aktivierung dieser Rezeptoren gekoppelt ist. Inkubiert man also Ishikawa-Zellen mit östrogen wirksamen Substanzen, wird über die Aktivierung

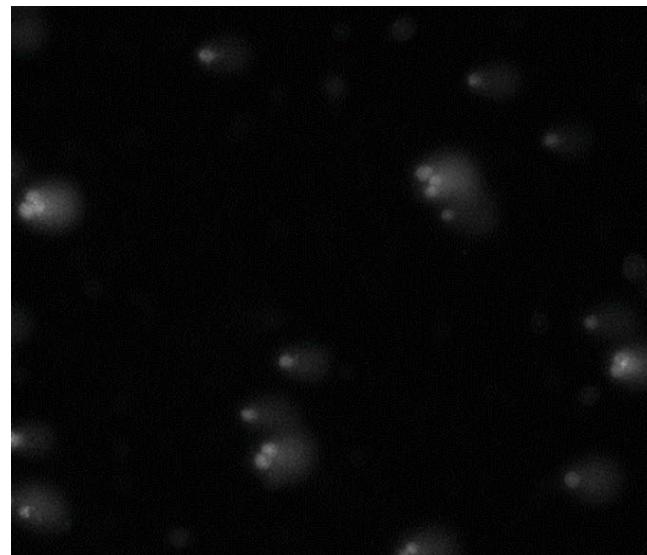
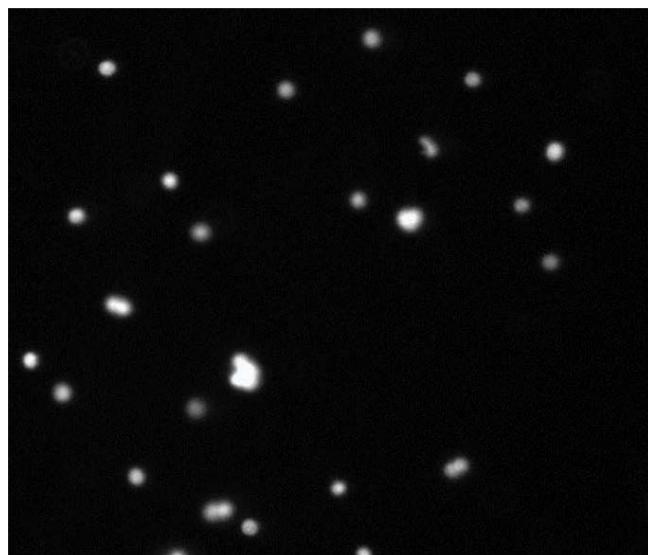


Abbildung 3: Die Ergebnisse eines „Comet Assays“. Links: ungeschädigte Zellen. Rechts: Zellkerne nach einstündiger Inkubation mit dem Mykotoxin ATX-II, wobei die Schädigung der DNA anhand der ausgeprägten „Kometen“ gut sichtbar ist.

der Östrogenrezeptoren vermehrt AIP in der Zelle gebildet, was zu einer erhöhten intrazellulären Aktivität des Enzyms führt. Die Enzymaktivität der AIP ist damit ein Maß für das Einwirken von östrogen aktiven Substanzen. Die Aktivität der AIP kann mit Hilfe eines photometrischen Tests erfasst werden. AIP ist in der Lage, das Substrat 4-Nitrophenylphosphat zu einem gelben Farbstoff, dem 4-Nitrophenol umsetzen (Abbildung 4). Zusammengefasst: Je stärker der gelbe Farbton, desto höher die östrogene Aktivität der eingesetzten Substanzen. Um sicherzustellen, dass ein Anstieg an AIP-Aktivität tatsächlich kausal mit der Einwirkung einer östrogen wirksamen Substanz verknüpft ist, wird im Kontrollexperiment überprüft, ob das gleichzeitige Einwirken eines potenteren Antiöstrogens wie ICI182.780, den Stimulus erfolgreich unterdrücken kann.

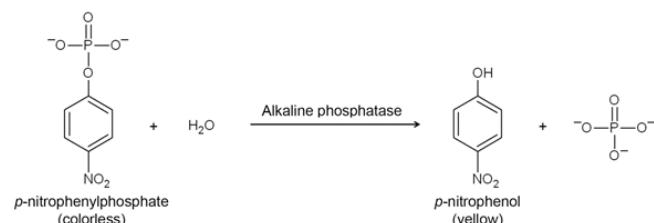


Abbildung 4: Die vom Enzym Alkalische Phosphatase katalysierte Farbreaktion



Abbildung 5: Die kombinatorische östrogene Wirkung von AOH und Zearalenon im AIP Assay. Die angegebenen Zahlen entsprechen dem relativen östrogenen Effekt von 1nM Estradiol in % (1 nM Estradiol: 100%). In der obersten Reihe findet sich die östrogene Wirkung einer Konzentrationsreihe mit Zearalenon, in der Spalte ganz links die einer Konzentrationsreihe mit AOH. In der Mitte finden sich die kombinatorischen Effekte der jeweiligen Konzentrationen der Einzelsubstanzen. Zu sehen sind teilweise stark synergistische Effekte, beispielweise ist AOH bei einer Konzentration von nur 500 nM – in der es selbst kaum östrogen wirkt – in der Lage, den östrogenen Effekt von Zearalenon bei 10 nM um fast 30% zu erhöhen. Teilweise werden durch die Kombination auch östrogene Effekte über 100% - d.h. die stärker als die des natürlichen Östrogens sind – erreicht.

Die Forschung zu AOH als xenoöstrogenem Stoff steht erst am Anfang. Was aber Anlass zur Beunruhigung gibt, ist, dass es nicht nur selbst als Östrogen wirkt, sondern offenbar auch in Lage ist, synergistisch mit anderen Xenoöstrogenen in Wechselwirkung zu treten. So konnten wir – ebenfalls mittels AIP Assay – kürzlich nachweisen, dass AOH die östrogene Wirkung der Mykotoxine Zearalenon und α -Zearalenol, aber auch des sekundären Lebensmittelinhaltstoffes Genistein, empfindlich verstärkt [7, 8]. Hierbei wurden sogar Effekte gemessen, die jene des natürlichen Östrogens Estradiols übersteigen, was durch Applikation der Einzelsubstanzen nicht möglich ist (Abbildung 5). Solche kombinatorischen Effekte erhöhen natürlich die Komplexität der Thematik erneut, sollten aber bei der Risikobewertung unbedingt berücksichtigt werden.

5. Was folgt aus diesen Erkenntnissen?

Aufgrund der Vielzahl an gebildeten Stoffwechselprodukten und ihrer unterschiedlichen Wirkungsspektren, der Wechselwirkung mit anderen Kontaminanten, aber auch der bislang mangelhaften Datenlage sowohl zur Exposition als auch zu den toxischen Auswirkungen *in vivo* gestaltet sich die Risikobewertung von *Alternaria* Toxinen sehr schwierig. Allerdings sollte sie unbedingt forciert und die entsprechenden Gesetzeslücken geschlossen werden, um die umfassende Sicherheit unserer Lebensmittel zu gewährleisten. Die europäische Lebensmittelbehörde EFSA hat bereits dahingehende Schritte eingeleitet.

Generell ist für den Verbraucher und die Verbraucherin große Vorsicht geboten, wenn entweder bereits Schimmel am Lebensmittel zu erkennen ist oder aber das Lebensmittel ein ungewöhnliches Aroma aufweist, wie man dies vielleicht z. B. von angeschimmelten Haselnüssen kennt. Die sichtbare Menge an Schimmel sagt nichts aus über die Menge und die Giftigkeit möglicherweise enthaltener Mykotoxine. Oberflächliches Entfernen ist nicht ausreichend wenn beispielsweise Porenstrukturen, wie z. B. in Brot oder Käse, eine Verbreitung der Schimmelpilze und damit auch deren Gifte im Innern des Lebensmittels erlauben. Mit den häufigsten Quellen für Schimmelpilzgifte stellen Trockenfrüchte (z. B. Feigen) und Nüsse (Pistazien etc.) dar.

Der schulische Unterricht könnte einen wichtigen Beitrag zur Aufklärung der Bevölkerung über die Gefahren von Schimmelpilzen und auch darüber, dass die aktuelle Gesetzeslage evtl. nicht ausreichend vor deren Vorkommen in Lebensmittel schützt, liefern.

Dr. Georg Aichinger MSc. Universität Wien, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie

Univ.-Prof. Dr. Doris Marko Universität Wien, Institut für Lebensmittelchemie und Toxikologie

Literatur

- [1] "Chromatographic methods for the simultaneous determination of mycotoxins and their conjugates in cereals" F. Berthiller, M. Sulyok, R. Krška and R. Schuhmacher (2007) *Int J Food Microbiol* 119(1-2), 33-7; 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.022.
- [2] "Alternaria mycotoxins: an overview of chemical characterization, producers, toxicity, analysis and occurrence in foodstuffs" V. Ostry (2008) *World Mycotoxin J* 1(2), 175-188; doi:10.3920/WMJ2008.x013.
- [3] "Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits" V.H. Tournas and E. Katsoudas (2005) *Int J Food Microbiol* 105(1), 11-17; <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.05.002>.
- [4] "Characterization of a genotoxic impact compound in Alternaria alternata infested rice as Altern toxin II" C. Schwarz, C. Tiessen, M. Kreutzer, T. Stark, T. Hofmann and D. Marko (2012) *Arch Toxicol* 86(12), 1911-1925; 10.1007/s00204-012-0958-4.
- [5] "Alternariol acts as a topoisomerase poison, preferentially affecting the IIalpha isoform" M. Fehr, G. Pahlke, J. Fritz, M.O. Christensen, F. Boege, M. Altemöller, J. Podlech and D. Marko (2009) *Mol Nutr Food Res* 53(4), 441-51; 10.1002/mnfr.200700379.
- [6] "Estrogenic and clastogenic potential of the mycotoxin alternariol in cultured mammalian cells" L. Lehmann, J. Wagner and M. Metzler (2006) *Food Chem Toxicol* 44(3), 398-408; 10.1016/j.fct.2005.08.013.
- [7] "Synergistic estrogenic effects of Fusarium and Alternaria mycotoxins in vitro" K. Vejdovszky, K. Hahn, D. Braun, B. Warth and D. Marko (2017) *Arch Toxicol* 91(3), 1447-1460; 10.1007/s00204-016-1795-7.
- [8] "Combinatory estrogenic effects between the isoflavone genistein and the mycotoxins zearalenone and alternariol in vitro" K. Vejdovszky, V. Schmidt, B. Warth and D. Marko (2017) *Mol Nutr Food Res* 61(3)10.1002/mnfr.201600526.

Weiterführende Links zum Nachlesen und Stöbern:

- http://www.bfr.bund.de/cm/350/mykotoxine_in_lebens_und_futtermitteln.pdf
- https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/schimmelpilzgifte/et_hoechstmengen_mykotoxine.htm
- <http://derstandard.at/2000054209154/Schimmel-Bakterien-und-Co-Welche-verdorbenLebensmittel-giftig-sind>

Der Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts trauert um Herrn Mag. Theodor Duenbostl.

Am 13. Oktober 2017 verstarb Mag. Theodor Duenbostl, Professor i.R. am BG und BRG Wien 10, langjähriges Vorstandsmitglied im Verein, langjähriger Betreuer der Studierenden im Praktikum für Schulversuche an der Fakultät für Physik der Universität Wien und langjähriger Leiter der Arbeitsgemeinschaft für Physiklehrerinnen und -lehrer an den Wiener AHS.

Er war Dozent am Pädagogischen Institut der Stadt Wien, Autor zahlreicher Lehrbücher und CD-ROM für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Referent an den Pädagogischen Hochschulen Österreichs und Konsulent von Lehrmittelfirmen.

2006 erhielt Theodor Duenbostl den Roman Ulrich Sexl-Preis der ÖPG für besonders erfolgreiche und motivierende Lehre. Er ist auch Träger des Goldenen Ehrenzeichens für Verdienste um die Republik Österreich.

Theodor Duenbostl begann 1964 sein Studium an der Universität Wien für das Lehramt aus Physik und Mathematik nach Absolvierung der Matura an einem Humanistischen Gymnasium in Wien. Nach Abschluss des Studiums startete er seine Lehrtätigkeit am BG und BRG Wien 10 in der Ettenreichgasse, wo er bis zu seiner Pensionierung verblieb.

1974 wurde er vom Stadtschulrat Wien dem damaligen Institut für Experimentalphysik der Universität teilzugeteilt, wo er, neben seinen zahlreichen anderen Aktivitäten, als Betreuer der Studierenden im Praktikum für Schulversuche bis zu seiner Überleitung in den Ruhestand im Herbst 2009 tätig war.

Im Verein war Theodor Duenbostl mehr als 30 Jahre aktiv und bekleidete über viele Jahre hinweg verschiedene Vorstandssämter. Er brachte sich mit seiner Expertise und seiner Erfahrung immer wieder als Autor für die vereinseigene Zeitschrift Plus Lucis ein und motivierte viele junge KollegInnen dem Verein beizutreten.

Er selbst bezeichnete den neuen Abschnitt als Pensionist immer als (Un-)Ruhestand, da er weiterhin als Lektor an der Universität Wien im Praktikum für Schulversuche und als Vortragender im In- und Ausland aktiv blieb. So arbeitete er in diesem Jahr z.B. noch intensiv an der Verfassung eines neuen Physik-Lehrbuches für die Unterstufe mit.

Theodor Duenbostl wird vielen Kollegen als angenehmer, lustiger Mensch und den Studierenden als inspirierender Lehrer in Erinnerung bleiben.

Informationen aus dem Verein

Liebe Vereinsmitglieder, am Ende des ereignisreichen Jahres 2017 gibt es wieder kurze Mitteilungen aus dem Verein.

1. Generalversammlung des VFPC: Bei der Generalversammlung des Vereins wurde zunächst vom Obmann über die erfolgreiche Fortbildungswöche 2017 mit über 300 TeilnehmerInnen berichtet. Das Vereinsjahr 2017 war bezogen auf den Mitgliederstand ein sehr erfolgreiches. Mehr als 60 überwiegend junge LehrerInnen traten dem Verein bei. Finanziell steht der Verein nach wie vor ausgewogen da und der Vorstand wurde im Rahmen der Versammlung entlastet. Neu in den Vorstand wurden als stellvertretende Obfrau Anja Lembens und als stellvertretende Schriftührerin Marianne Körner einstimmig gewählt.

2. Werner Rentzsch Fotowettbewerb: Wir möchten nochmal an den Preis und den damit verbundenen Einsendeschluss der Fotografien am 18.1.2018 erinnern. Weitere Informationen auf der Homepage: <http://vfpc.pluslucis.org/>

3. Mitgliedsbeitrag: Der jährliche Mitgliedsbetrag wurde nicht verändert und ist nach dem Erhalt der Zahlschein ehestmöglich einzuzahlen.

Am Ende wünschen wir Ihnen allen frohe und erholsame Feiertage und einen guten Start ins Jahr 2018

Thomas Plotz und Brigitte Wolny



Österreichische Post AG
SP 17Z041123 S

Verein zur Förderung des physikalischen
und chemischen Unterrichts,
Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien

DVR 0558567
VRN 668472729

Impressum: Medieninhaber (Verleger) und Hrsg.: Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts. Druck: Fa. Wograndl GmbH, Mattersburg

Retouren an: AECC Physik Universität Wien, Porzellangasse 4, Stiege 2, 1090 Wien.