

CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Magic Colours im Projekt „Make Science!“
- Superabsorber
- Goldkatalysatoren
- Experimente mit dem Heimwerker-Schweißgerät
- Der neue Süßstoff Stevia
- BASF 2020



NACHFOLGE IN GEFAHR?

The screenshot shows the DUB.de website interface. At the top, there's a navigation bar with 'Unternehmen kaufen', 'Unternehmen verkaufen', 'Firmennachfolge-News', 'Über dub.de', and 'myBÖRSE'. A search bar is on the right. Below the navigation, there's a header with 'Das Anzeigen- und Themenportal für Firmenverkäufe' and 'Unsere Kompetenzpartner: ERNST & YOUNG, COMMERZBANK'. A search filter box on the left allows users to filter by 'Verkaufsangebote' or 'Kaufgesuche', and includes dropdowns for 'Eingestellt', 'Branchen', 'Land', 'Mitarbeiter', and 'Umsatz (Mio. Euro)'. A central image of a smiling man is part of an advertisement titled 'Effizient anbieten'. Below this, there are sections for 'Dealticker' (listing company acquisitions like German Pellets GmbH), 'Top Objekt' (listing a 'Kommunikationsunternehmen' with financial details), and 'DUB-Objekte der Woche' (listing various business opportunities). A large circular badge on the right says '33% RABATT'.

Mit einem Inserat auf DUB.de erreichen Sie bis zu 1,2 Millionen potenzielle Nachfolger – **einfach, sicher und schnell.**

Service für „CLB“-Leser

DUB ZUM SONDERPREIS: Schalten Sie einfach Ihr Drei-Monats-Verkaufsangebot auf DUB.de zum Preis von zwei Monaten. Sie sparen 59 Euro. Es fallen keine weiteren Kosten an.

UND SO GEHT'S: Schreiben Sie eine E-Mail mit dem Betreff „CLB“ an kai.mueller@dub.de oder rufen Sie an unter 040/468832-661. Sie erhalten dann umgehend Ihre Zugangsdaten. So können Sie DUB.de ausprobieren und sparen.

WWW.DUB.DE

Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

über diese Personalia-Seite 478 freue ich mich: Die CLB hatte schon oftmals den richtigen Riecher, wenn es darum ging, gute Leute zu Wort kommen zu lassen: Helmut Schwarz und Peter Tass haben in individuellen Artikeln schon ihren Niederschlag in CLB gefunden, und Ferdi Schüth wird es bald, als Gastredner im Institut Dr. Flad. Was ich damit sagen will ist: Viel Arbeit steckt darin, die Informationsflut zu bewerten, zu selektieren und geordnet und für lange Zeit verfügbar darzustellen – so wie es Zeitschriften können.



Das soll jetzt nicht heißen: Ich bin gegen das Internet, ganz im Gegenteil. Es ermöglicht ganz neue Wissenserwerb- und damit auch Demokratiestrukturen. Nicht vergessen: Wissen war Herrschaftsprivileg, und das noch vor vielleicht 200 Jahren. Die Verbreitung von Wissen führt zu immer ausgefeilteren demokratischen Strukturen; irgendwie hat Stuttgart 21 dies deutlich gemacht, und die „Piraten“ werden folgen. Schon 1998 hatte ich als Chefredakteur der Hauszeitschrift der Gesellschaft für Informatik mit Prof. Klaus Haefner, Physiker, Biologe und Informatiker – und Berater des Bundesministers für Forschung und Technologie 1969-1982 – darüber diskutiert, eine Internet-Partei zu gründen. Damals riet er mir, einer bestehenden Partei beizutreten. Strukturen reformiere man am besten aus dem Inneren eines Systems. Die Realität zeigt, wenn eine Idee, eine Entwicklung reif ist, dann setzt sie sich aber auch außerhalb bestehender Strukturen durch.

Im Internet wird sich auch eine Qualitätskultur durchsetzen – aber das dauert noch. Nach langem Zögern habe ich mich jetzt erst entschlossen, einen Facebook-Account einzurichten. Wer die Möglichkeiten der Zeit nicht nutzt wird abgehängt. Ich hoffe allerdings, auch bei der Qualität von sozialen Netzen ändert sich was durch Konkurrenz. Google+ erscheint mir leichter bedienbar – nur tummeln sich in Facebook eine Vielzahl mehr an Nutzern.

Wahrscheinlich wird man bald nicht mehr umhin kommen, sich in mehreren sozialen Netzwerken zu engagieren, aber das kostet – Zeit.

In diesen Anforderungen sehe ich Chancen, dass sich das Printmedium doch ins Digitale Zeitalter hinüberretten kann. Die Arbeitsleistung des Journalisten als Bewerter und Extraktor sollte eben nicht unterbewertet werden. Die CLB wird dabei noch tatkräftig von Herausgebern und Stammautoren unterstützt. Geben Sie mir ggf. nun auch über Facebook Rückmeldung, was verbessert werden könnte.

Noch zwei Randbemerkung zum Wandel der Zeit: Wie sehr muss sich Sprache beugen, um Vermarktungsbemühungen zu unterstützen? Es ist ja schön, dass das global agierende Unternehmen BASF „The Chemical Company“ ist. Aber „We create chemistry“ als Strategie-Slogan ausgeben? Wird man nicht eher von der Chemie geschaffen? Geht es weiter mit „We create Physics“? Nun, Gott ist überall :)

Zudem: Wie ich auf Seite 504 anmerke war zumindest das Vorstandstrio auf der Strategie-Presskonferenz nicht perdu, aber per Du. Und dann warf ich noch einen Blick in die aktuelle Unternehmens-Strategiebroschüre – mit einem Gruppenfoto des Vorstands (s.u.): Acht Leute. Geradezu revolutionär dabei ist für mich nicht die einzige Frau in der Gruppe. Aber hat man es schon gesehen in der konservativen Chemiebranche in einem führenden DAX-Unternehmen, dass alle Vorstände ohne Kravatte auftreten? Der Schlipps – äh Bart – ist wohl ab. Ich höre mir jetzt erst nochmal „Winds of Change“ von den Scorpions an,

Ihr



INHALT

Aufsätze

Magic Colours – Die Chemie der Zaubermaler Ein Laborkurs im Rahmen des Projekts „Make Science!“ _____	480
2000-faches Volumen der Trockensubstanz Superabsorber: aufquellende Netzwerke von Polyacrylsäuren _____	488
Die Geheimnisse des Goldes Goldkatalysatoren mit verblüffenden Eigenschaften _____	494

Rubriken

Editorial _____	473
Impressum _____	475
F & E im Bild _____	475
Unternehmen _____	476
Personalia _____	478
Förderungen / Preise _____	479
Umschau _____	500
EU-Kommission genehmigt Süßstoff Stevia	
Forschung & Technik _____	502
Aktuelles Ereignis _____	503
10-Jahres-Strategie: BASF setzt sich ehrgeizige Ziele	
Der neueste Stand _____	505
Literatur _____	506
Neue Produkte _____	507
Bezugsquellenverzeichnis _____	519



Zum Titelbild: Das Bild weist hin auf den Artikel „Magic Colours – Die Chemie der Zaubermaler“ ab Seite 480 hin (Abb.: Ducci/Kickuth).

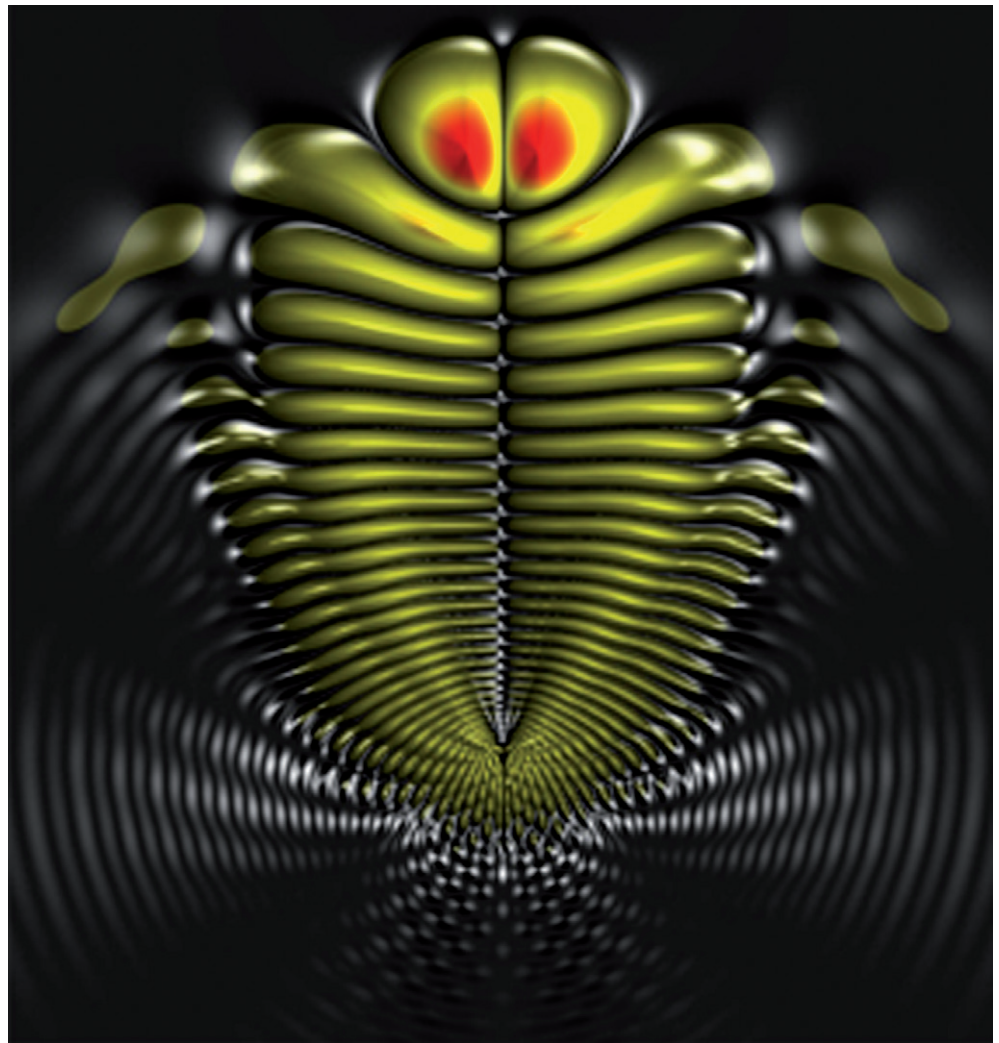
Erreichen & Erhalten

Ozonierung macht Abwasser sauberer Laubfäule des Bachflohkrebses Gammarus fossarum als Test _____	508
Glühen, Brennen, Schmelzen Zeitsparende Microscale-Experimente mit dem Heimwerker-Schweißgerät _____	510
Mineralöl aus der Verpackung ins Lebensmittel Das BfR hat eine neue Analyseverfahren für Mineralölreste gezeigt _	517

Was ist das?

- a) Die durch Bildverarbeitung optimierte Spezial-Röntgenaufnahme eines Trilobiten (ausgestorbene Klasse meeresbewohnender Gliederfüßer)?
- b) Das Beugungsmuster eines neuartigen Quasikristalls?
- c) Die vereinfachte Darstellung der Mundwerkzeuge unterhalb der Facettenaugen einer Heuschrecke?
- d) Die Thermoaufnahme eines besonders effizienten Mikro-Wärmeaustauschers?
- e) Die Ladungswolke eines speziellen zweiatomigen Systems?

Auflösung auf Seite 502
(Abb.: Uni Stuttgart)



Impressum

CLB
Chemie in Labor und Biotechnik

Verlag:
Agentur & Verlag Rubikon
für technische und wissenschaftliche
Fachinformation – Rolf Kickuth
Anschrift:
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Deutschland
E-Mail: redaktion@clb.de

Gründungsherausgeber:
Dr. Dr. h.c. Wilhelm Foerst (†)
Prof. Dr. Wilhelm Fresenius (†)

Herausgeber:
Prof. Dr. Dr. U. Fitzner, Ratingen
Prof. Dr. K. Kleinerhanns, Düsseldorf,
Prof. Dr. J. Schram, Krefeld
Prof. Dr. Georg Schwedt, Bonn
Dr. Wolfgang Schulz, Stuttgart
Prof. Dr. G. Werner, Leipzig.

Redaktion:
Rolf Kickuth (RK, verantwortlich;
E-Mail: kickuth@clb.de),
Dr. Christiane Soiné-Stark
(CS, E-Mail: stark@clb.de).

Ständige Mitarbeiter:
Raymond Blavatt (Grafik) San Diego (USA);
Dr. Maren Bulmahn, Bensheim;
Knut Burgdorf, Ried-Brig (CH);
Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, Hanau;
Dr. Mechthild Kässer, Diekholzen;
Dr. Annette von Kieckebusch-Gück, Liestal (CH);
Prof. Dr. Röbbbe Wünschiers, Quedlinburg.

VBTA-Verbandsmitteilungen:
Thomas Wittling,
Raiffeisenstraße 41, 86420 Diedorf
Telefon (0821)327-2330
Fax (08 23 8) 96 48 50
E-Mail: info@vbta.de

Anzeigenservice:
Natalia Bajramovic
CLB, Agentur & Verlag Rubikon
Bammentaler Straße 6–8
69251 Gaiberg bei Heidelberg
Telefon (0 62 23) 97 07 43
Fax (0 62 23) 97 07 41
E-Mail: service@clb.de

Abonnentenbetreuung:
Natalia Bajramovic
E-Mail: service@clb.de

Layout und Satz:
Agentur & Verlag Rubikon
Druck: Printec Offset, Ochshäuser Straße
45, 34123 Kassel

CLB erscheint monatlich.
© 2011 Agentur und Verlag Rubikon
Rolf Kickuth

Bezugspreise:
CLB Chemie in Labor und Biotechnik
Einzelheft – außerhalb des Abonnements
– 14,00 Euro, im persönlichen Abonne-
ment jährlich 109,00 Euro zuzüglich Ver-
sandkosten; ermäßigter Preis für Schüler,
Studenten und Auszubildende (nur ge-
gen Vorlage der Bescheinigung) jährlich
79,45 Euro zuzüglich Versandkosten, in-
kl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmenbzv.
Bibliothekenabonnements auf Anfrage.
Bezug durch den Buchhandel und den
Verlag. Das Abonnement verlängert sich
jeweils um ein weiteres Jahr, falls nicht 8
Wochen vor Ende des Bezugsjahres Kün-
digung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder
des VBTA, des VCO sowie des VDC erhal-
ten die CLB zu Sonderkonditionen.

Anzeigenpreisliste:
Nr. 46 vom 01. 12. 2006.

Bei Nichterscheinen durch Streiks oder
Störung durch höhere Gewalt besteht kein
Anspruch auf Lieferung.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen
einzelnen Beiträge und Abbildungen sind
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwer-
tung außerhalb der engen Grenzen des
Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustim-
mung des Verlags unzulässig und straf-
bar.
Für die Rückgabe unverlangt eingesand-
ter Buchbesprechungsexemplare kann
keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

BIS Group Mit dem Erwerb der Neo Group mit Hauptsitz in Surat im Nordwesten Indiens setzt die Bilfinger Berger Industrial Services Group (BIS Group) ihre Internationalisierungsstrategie fort und erschließt sich einen neuen attraktiven Wachstumsmarkt. Mit etwa 1600 Beschäftigten erzielt die Gesellschaft eine Jahresleistung von rund 60 Mio. Euro. Die Neo Group erbringt insbesondere für Kunden in der Öl- und Gasindustrie, der Petrochemie sowie der Energiewirtschaft Instandhaltungs-, Installations- und Montageleistungen.

Evonik Industries hat in Hanau ein Labor für hochpotente Wirkstoffe (HPAPI, Highly Potent Active Pharmaceutical Ingredient) in Betrieb genommen und gleichzeitig bei Tippecanoe Laboratories am Standort Lafayette (Indiana, USA) ihre cGMP-Kapazitäten für diese Wirkstoffe im Kilogrammmaßstab erweitert. Mit dem neuen Labor kann das Unternehmen nun auch in Deutschland Synthesen für derartige Wirkstoffe entwickeln und optimieren. Mit der Kapazitätserweiterung verfügt Evonik über ein Reaktorvolumen für HPAPI von insgesamt 170 Kubikmetern.

BASF plant den weltweiten Hauptsitz des Geschäftsbereichs Dispersions & Pigments in Hongkong anzusiedeln. Zum 1. Januar 2012 werden die Leitung des Geschäftsbereichs sowie rund 50 Stellen für die weltweite Steuerung des Geschäfts von Ludwigshafen und Basel nach Hongkong verlegt. Der Umzug wird schrittweise innerhalb eines Zeitraums von rund zwölf Monaten erfolgen.

Leica Microsystems erwirbt Labindias Mikroskopie- und Histopathologie-Divisionen. Labindia hat mehr als 20 Jahre lang Leica Produkte in Indien vertrieben. Über 130 Mitarbeiter von Labindia haben zu Leica Microsystems gewechselt.

Inscreenex GmbH, ein Start-up in Braunschweig, das maßgeschneiderte Zellen für die biopharmazeutische Industrie entwickelt, hat vom BMBF den Zuschlag für eine dreijährige, projektbasierte Förderung erhalten.

Siemens Durch die Übernahme von Vistagy Inc. mit Sitz in Waltham, Massachusetts, USA, erweitert Siemens sein Industriesoftware-Portfolio mit einem der führenden Anbieter von spezieller Software für das Design und die Fertigung moderner Verbundwerkstoffe.

Carl Zeiss Mit Beginn des neuen Geschäftsjahrs 2011/12 stellt Carl Zeiss seine Mikroskopiesparte neu auf: 2500 Mitarbeiter von Carl Zeiss MicroImaging und Carl Zeiss Nano Technology Systems bilden den neuen Unternehmensbereich Mikroskopie.

Axel Semrau GmbH & Co. KG arbeitet jetzt mit Spark Holland BV zusammen und kann so in Deutschland online SPE-LC/MS-Lösungen anbieten.

Sartorius schließt Vertrag zur Übernahme des Liquid Handling-Geschäfts des finnischen Laborzulieferers Biohit. Die Sparte, in der rund 400 Mitarbeiter tätig sind, erzielte im Geschäftsjahr 2010 einen Umsatz von rund 38 Millionen Euro und eine EBITDA-Marge von rund 13 Prozent. Der Kaufpreis beläuft sich auf 68 Millionen Euro.

Gute Chancen in Deutschland Ausbau der „Weißen“ Biotechnologie untersucht

Inwieweit die Fermentationsindustrie, also die Herstellung von Produkten durch die mikrobielle Fermentation von Kohlenhydraten, in Deutschland im internationalen Vergleich wettbewerbsfähig ist, untersuchte die ECO SYS GmbH in einer Studie. Im Ergebnis schneidet Deutschland gut ab: Neben Brasilien, der restlichen EU und teilweise den USA bietet die Bundesrepublik demnach besonders günstige Rahmenbedingungen, nicht zuletzt aufgrund global angeglicherer Rohstoffpreise.

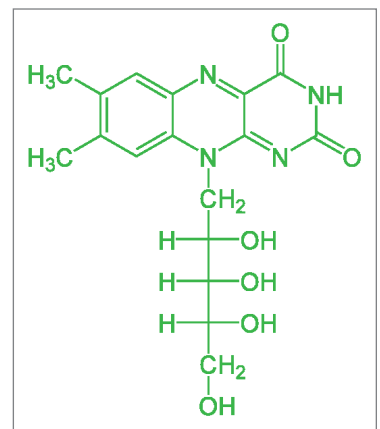
Die Fermentationsindustrie stellt Produkte im industriellen Maßstab mit Hilfe von Mikroorganismen her, die Kohlenhydrate verstoffwechseln. Die ‚Marktanalyse Wachsende Rohstoffe‘ der FNR prognostiziert dieser Branche hohe Wachstumsraten. Noch partizipiert Deutschland daran nur gering. Nur 1,5 Mio. Tonnen der jedes Jahr weltweit in diesem Bereich verbrauchten 160 Mio. Tonnen Kohlenhydrate werden hierzulande verarbeitet. Weltweit führend sind Brasilien, die USA, China und Thailand. Voraussetzung für Ausbau und Neuansiedelung entsprechender Industrien in Deutschland ist die günstige Verfügbarkeit der Rohstoffe. Unter hiesigen klimatischen Bedingungen kommen dafür Saccharose aus Zuckerrüben oder Stärkehydrolysate aus Mais und Weizen in Frage, außerhalb Europas werden auch Zuckerrohr und Maniok verarbeitet. Hier fand in den letzten Jahren eine deutliche Verschiebung der globalen Wettbewerbsverhältnisse statt: Aufgrund der gestiegenen Nachfrage haben sich die internationalen Zuckerpreise seit 2009/2010 dem europäischen Niveau angenähert. Auch im Bereich der Stärkehydrolysate stiegen weltweit die Rohstoffpreise

und glichen sich weiter an. Bei der Verwendung von Weizen sind hier nach Einschätzung von ECO SYS in der EU und Deutschland inzwischen vergleichbare Herstellungskosten wie in den USA möglich.

Insgesamt analysiert die ECO SYS-Studie anhand von 40 Einzelkriterien sowie für 24 Produkte aus 10 Produktgruppen unterschiedliche Standorte für die Weiße Biotechnologie. Deutschland schneidet in der Bewertung generell gut ab. So bieten sich beispielweise der Wiederaufbau einer L-Lysin- und einer Zitronensäureproduktion an. Außerdem empfiehlt die Studie, die Entwicklung von Verwertungsoptionen für Lignocellulose weiter zu entwickeln, um Rohstoffengpässen bei Zucker und Stärke vorzubeugen.

Gefördert wurde die Studie vom deutschen Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz über dessen Projektträger, die Fachagentur Wachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

Komplexe Verbindungen wie Riboflavin (Vitamin B₂) sind mit biotechnologischen Methoden einfacher herzustellen als durch chemische Verfahren. Riboflavin wird als gelber Lebensmittelfarbstoff (E101) eingesetzt.

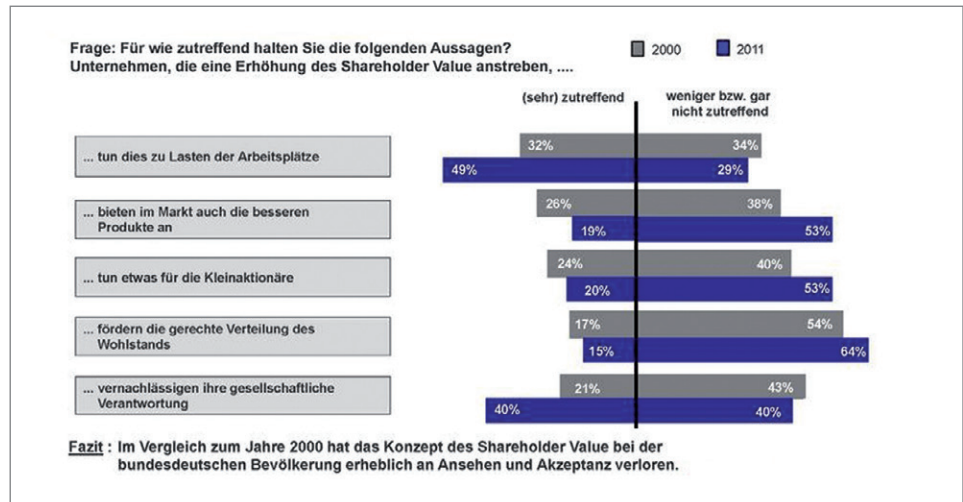


Shareholder Value massiv an Akzeptanz verloren

Studie von HHL/TNS Infratest zum Konzept der Unternehmenswert-Steigerung

Laut einer aktuellen repräsentativen Umfrage der Handelshochschule Leipzig (HHL) in Kooperation mit dem Marktforschungsinstitut TNS Infratest kennen den Begriff Shareholder Value nur etwas mehr als ein Viertel (28 Prozent) der bundesdeutschen Bevölkerung. Gegenüber dem Jahr 2000, in dem die Umfrage erstmalig durchgeführt wurde, ist der Bekanntheitsgrad dieses unternehmerischen Führungskonzepts, das vereinfacht ausgedrückt den Unternehmenswert und den davon abhängigen Wert der Aktienanteile zum Gegenstand hat, um nur sieben Prozent gestiegen.

An Ansehen und Akzeptanz hat das Konzept des Shareholder Value bei der Bevölkerung im Vergleich zum Jahr 2000 indes deutlich verloren. Während der Aussage „Unternehmen, die eine Erhöhung des Shareholder Value anstreben, tun dies zu Lasten der Arbeitsplätze“ im Jahr 2000 nur 32 Prozent der Befragten zustimmten, tun dies heute bereits 49 Prozent. Dass Unternehmen, die eine Erhöhung des Shareholder Value anstreben, etwas für die Kleinaktionäre tun, hielten im Jahr 2000 40 Prozent der Befragten für wenig bzw. gar nicht zutreffend. Heute sind es bereits 53 Prozent. Eine drastische Verschiebung in der Bevölkerungsmeinung zeigt sich bei der Aussage „Unternehmen, die eine Erhöhung des Shareholder Value anstreben, vernachlässigen ihre gesellschaftliche Verantwortung“.



Das Meinungsbild der Deutschen über „Shareholder Value“. Die HHL/TNS-Infratest-Umfrage wurde am 9. und 10. November mit 1005 Bürgern durchgeführt (Abb.: Prof. Manfred Kirchgeorg / HHL).

liche Verantwortung“. Stimmt dem 2000 nur 21 Prozent der Bundesbürger zu, so sind dies heute bereits knapp doppelt so viel (40 Prozent).

Mit steigendem Bildungsgrad nimmt die Akzeptanz des Shareholder Value-Konzepts bei den Bundesbürgern ab. Deutlich wird dies im Vergleich der Antworten der Befragten mit Abitur bzw. Universitätsabschluss zu denen des Bevölkerungsdurchschnitts. So befürchten heute 68 Prozent der Personen mit abgeschlossenem Abitur/Hochschulausbildung und 54 Prozent des Bevölkerungsdurchschnitts, dass Shareholder Value-Orientierung nicht zu einer gerechten Wohlstandsverteilung führt. 41 Prozent der Bürger mit höherer Bildung im Vergleich zu 32 Prozent der durchschnitt-

lichen Bevölkerungsgruppe stimmen zudem der Aussage zu, dass Shareholder Value-Orientierung Arbeitsplätze gefährdet.

Prof. Andreas Pinkwart, Rektor der Handelshochschule Leipzig (HHL), kommentierte die Umfrageergebnisse am Donnerstag auf dem HHL-Forum 2011 zum Thema „Unternehmensführung neu denken – Was lernen wir aus den jüngsten Krisen“: „Die Studie zum Shareholder Value gibt keinen Anlass dazu, die soziale Marktwirtschaft oder gar die Wirtschaftswissenschaften grundlegend infrage zu stellen. Gleichwohl sollte künftig den am nachhaltigen Unternehmenserfolg orientierten, ganzheitlichen Führungskonzepten mehr Aufmerksamkeit zuteilwerden. Der Trend geht ganz deutlich weg von der kurzfristigen Gewinnmaximierung, die dem Shareholder Value-Konzept eigen ist, hin zu einer nachhaltigen Unternehmensführung. Investieren sollten wir zukünftig in Regeln, die helfen sollten, die Gier Einzelner zu minimieren. Als Ergebnis könnte das heute vielfach verlorengegangene Vertrauen in das Wirtschaftssystem zurückkehren.“

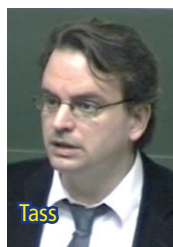
„Genau betrachtet ist Shareholder-Value die blödeste Idee der Welt. Shareholder-Value ist ein Ergebnis, keine Strategie; die wichtigsten Interessensgruppen sind die eigenen Mitarbeiter, die eigenen Kunden und die eigenen Produkte.“

John Francis „Jack“ Welch Jr. (* 19. November 1935 in Peabody, Massachusetts) war von April 1981 bis September 2001 CEO von General Electric – und Mitbegründer des Shareholder-Value...

BASF **Michael Ceranski** (47) wird zum 1. Januar 2012 als Senior Vice President neuer Leiter der globalen Geschäftseinheit Human Nutrition der BASF mit Sitz in Lampertheim. Ceranski ist derzeit als Vice President für die Geschäftsleitung Pflanzenschutz Deutschland, Österreich, Schweiz und Benelux zuständig.



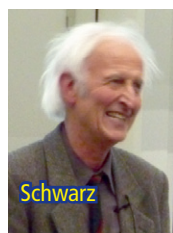
FEBS **Prof. Dr. Wolfgang Nellen** wurde in das „Education Committee“ der Federation of European Biological Sciences (FEBS) berufen. Aufgabe des Komitees ist es, die Lehre in Biochemie und Molekularbiologie auf der europäischen Ebene zu fördern, neue Konzepte zu erarbeiten, Materialien zu entwickeln und europäische Workshops zu Bildungsfragen durchzuführen.



GWK Im Jahr 2012 wird die Bundesministerin für Bildung und Forschung, **Prof. Dr. Annette Schavan**, der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) vorsitzen. Zur stellvertretenden Vorsitzenden der GWK für das Jahr 2012 wurde die Staatsministerin für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz, **Doris Ahnen**, gewählt. Die Wahlperiode beträgt zwei Jahre; im Jahr 2013 wechselt der Vorsitz turnusmäßig auf die Länderseite.



GDCh Ab 1. Januar 2012 wird erstmals eine Präsidentin an der Spitze der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) stehen: **Prof. Dr. Barbara Albert** von der Technischen Universität Darmstadt. Das beschloss der GDCh-Vorstand in seiner letzten Sitzung. Ihr zur Seite stehen als stellvertretende Präsidenten der derzeitige Präsident, Prof. Dr. Michael Dröscher, Dorsten, und Prof. Dr. François Diederich, ETH Zürich. Schatzmeister bleibt Dr. Thomas Geelhaar, Merck KGaA, Darmstadt. Barbara Albert gehört dem GDCh-Vorstand seit 2008 an, seit 2010 ist sie Vizepräsidentin der GDCh. Von 2006 bis 2010 war sie Vorsitzende der GDCh-Fachgruppe Festkörperchemie und Materialforschung.



EHRUNGEN

Die Akademie der Wissenschaften in Hamburg zeichnet Professor Dr. **Ferdi Schüth**, Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr, mit dem **Hamburger Wissenschaftspreis 2011** aus. Er ist mit 100 000 Euro der höchstdotierte Preis einer deutschen Wissenschaftsakademie und wurde gestiftet von der Hamburgischen Stiftung für Wissenschaften, Entwicklung und Kultur Helmut und Hannelore Greve. Mit ihrem Preis würdigt die Akademie die wegweisende Katalysatorforschung von Professor Schüth vor allem in den Bereichen Speicherung von Wasserstoff, Erdgasnutzung sowie der Nutzung von Biomasse zur Synthese von Kraftstoffen und Basischemikalien.

Der Wissenschaftsjournalist **Günter Paul** erhält die „**Medaille für Naturwissenschaftliche Publizistik**“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG). Seit gut dreieinhalb Jahrzehnten informiert Günter Paul eine große Leserschaft über ein breites naturwissenschaftliches Themenspektrum und hat durch seine publizistischen Verdienste zur Darstellung und Reflektion naturwissenschaftlicher und insbesondere physikalischer Inhalte in herausragender Weise zur Vermittlung und Verankerung von Physik und Naturwissenschaften in unserer Gesellschaft beigetragen.

Die European Academy of Sciences (EURASC) ehrt Prof. Dr. **Helmut Schwarz** vom Institut für Chemie der TU Berlin mit der **Blaise Pascal Medaille für Chemie 2011** und würdigt damit seine wegweisenden Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Massenspektrometrie und ihren Anwendungen zur Lösung chemischer und biologischer Probleme. Helmut Schwarz war eines der Gründungsmitglieder der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und von 1989 bis 2003 deren Vize-Präsident. Von 2001 bis 2007 war er

Vizepräsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und ist seit Januar 2008 Präsident der international agierenden Alexander von Humboldt-Stiftung.

Der **Deutsche Innovationspreis für Medizin** geht in diesem Jahr an den Jülicher Wissenschaftler **Prof. Peter Tass**. Der Forscher erhielt den mit 100 000 Euro dotierten Preis der Herbert-Worch-Stiftung für seine Entwicklung der Akustischen CR-Neuromodulation zur Behandlung von chronisch-tonalem Tinnitus. Tass ist Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin des Forschungszentrums Jülich und Lehrstuhlinhaber an der Universität zu Köln. Zusammen mit Volker Sturm von der Universität Köln erhielt er 2005 den Schrödinger-Preis. Im folgenden Jahr waren beide für den Zukunftspreis des Bundespräsidenten nominiert.

Bei der zehnten Verleihung des **DIN-Preises „Nutzen der Normung“** am 4. November 2011 in Berlin erhielt Dr. **Günter Etzrodt** (BASF) den ersten Preis und 15 000 Euro Preisgeld für einen Beitrag über ein genormtes Prüfverfahren in der Kunststoffverarbeitung. Dank des Druckfiltertests nach DIN EN 13900-5 lassen sich weltweit Einsparungen entlang der gesamten Verarbeitungskette von rund 500 Millionen Euro pro Jahr erzielen.

Den diesjährigen **Dechema-Preis der Max-Buchner-Forschungsförderung** erhält **Prof. Dr. Andreas Hierlemann** für seine wegweisenden interdisziplinären Arbeiten zur Entwicklung innovativer Sensorsysteme durch die Verknüpfung von Mikroelektronik mit chemischen und biologischen Systemen. Andreas Hierlemann arbeitet und forscht am Department für Biosysteme der ETH in Basel. Der Preis ist mit 20 000 Euro dotiert. Hierlemann arbeitet mit seinem Team an der Schnittstelle von lebenden Zellen, Chemie und Mikroelektronik.

„nanospots“: Kurzfilm-Wettbewerb

Klappe, die erste... Der Startschuss für „nanospots“ ist gefallen. Es handelt sich um den Wettbewerb zum 1. Nano-Kurzfilm-Festival für (Nachwuchs-)Wissenschaftler, mitinitiiert von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und gefördert von der Volkswagenstiftung. Als Hauptgewinn winken 5000 Euro für den besten Spot zum Thema „Leben mit Nano: Der Mensch zwischen Natur und Hightech“. Einsendeschluss ist am **30. April 2012**. Die Preisverleihung findet im Rahmen des 1. Nano-Kurzfilmfestivals am 5. Juli 2012 in Halle statt.

Ergebnisse können Nano-Kurzfilme unterschiedlicher Art und mit unterschiedlichen Materialien sein. Ziel der Initiative „nanospots“, die von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der science2public – Gesellschaft für Wissenschaftskommunikation e.V. initiiert wird, ist es, in einen Dialog mit der interessierten Öffentlichkeit zu treten, sie in die Welt des Nanokosmos einzuführen und mit ihr die Phänomene des Nanokosmos offen und auch kritisch zu diskutieren.

Ab sofort können Studierende, Absolventen und (Nachwuchs-)Wissenschaftler an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und anderen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen in Deutschland, Österreich, der Schweiz und anderen europäischen Ländern, die sich mit Nanotechnologie beschäftigen, Nano-Kurzfilme zum Thema „Leben mit Nano: Der Mensch zwischen Natur und Hightech“ einreichen und bis zu 5000 Euro gewinnen. Mit dem Aufruf werden explizit auch interdisziplinäre Teams aus Nanowissenschaft, Journalismus/Medien und Film angesprochen. Neben realen Filmen aus dem Nanokosmos sind auch Simulationen und Nano-Zeichentrickfilme sowie 3D-Filme erlaubt, die die Nanowelt realistisch darstellen.

Für den 1. Platz sind 5000 Euro ausgelobt (gefördert von Carl Zeiss Microscopy), für den 2. Platz 3000 Euro, für den 3. Platz 2000 Euro.

Teichler-Preis für Hochschulforschung

Die 2006 gegründete Gesellschaft für Hochschulforschung (GfHf) verleiht im Rahmen ihrer 7. Jahrestagung 2012 zum fünften Mal die von Prof. Ulrich Teichler gestifteten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Nachwuchspreise:

- Ulrich-Teichler-Preis für hervorragende Dissertationen in der Hochschulforschung
 - Preis der Gesellschaft für Hochschulforschung für hervorragende Abschlussarbeiten (Diplom, Master)
- Die Gesellschaft für Hochschulforschung möchte mit den Nachwuchspreisen besonders wichtige Arbeiten junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Öffentlichkeit herausstellen. Die prämierten Arbeiten sollen einen fundierten Beitrag zur fachlichen und professionellen Weiterentwicklung der Hochschulforschung als Disziplin leisten. Zu den Kriterien

der Preisvergabe zählt der Erkenntnisgewinn für die Hochschulforschung in theoretischer, methodischer oder empirischer Hinsicht. Außerdem wird Wert auf die Relevanz der Forschungsergebnisse für die Hochschulpraxis gelegt.

Der Preis für die prämierte Dissertation besteht aus einem Druckkostenzuschuss in Höhe von maximal 2000 Euro sowie zusätzlich einem Preisgeld von 1000 Euro. Die Höhe des Preisgeldes für die prämierte Abschlussarbeit beträgt 1000 Euro.

Die Preise werden an Doktorandinnen und Doktoranden sowie Absolventinnen und Absolventen von Hochschulen aus dem deutschsprachigen Raum (D, A, CH, LI) verliehen. Die Verfasserinnen und Verfasser müssen keine Mitglieder der Gesellschaft für Hochschulforschung sein. Die Arbeiten (deutsch oder englisch) müssen zum Zeitpunkt der Einreichung abgeschlossen und begutachtet sein; eingereicht werden können Arbeiten, die in den Jahren 2010 und 2011 abgeschlossen und begutachtet wurden. Vorschlagsberechtigt sind sowohl die Verfasserinnen und Verfasser der Arbeiten selbst als auch Personen, die mit der Arbeit gut vertraut sind.

Vorschläge für die Prämierung 2012 können ausschließlich in elektronischer Form bis zum **31. Januar 2012** beim Vorstand der Gesellschaft für Hochschulforschung eingereicht werden.

Achema-Medienpreis

Gut recherchierte und verständlich aufbereitete journalistische Beiträge sind die Grundlage, um Wissenschaft und Technik für die Gesellschaft transparent und im Alltag erlebbar zu machen. Dies ist auch ein Anliegen der Dechema Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. Sie vergibt deshalb im Rahmen der Achema (18. - 22. Juni 2012) den Achema-Medienpreis.

Dieser mit 10000 Euro dotierte Preis wird an einen Autor oder das Autorenteam eines deutschsprachigen journalistischen Originalbeitrags verliehen, der Themen der chemischen Verfahrenstechnik, Biotechnologie, Chemie oder des technischen Umweltschutzes einer breiten Öffentlichkeit in verständlicher Weise vermittelt.

Eingereicht werden können Beiträge, die zwischen dem 1. Januar 2009 und dem 31. Dezember 2011 erschienen sind. Erstmals sind Beiträge aus Printmedien, Fernsehen, Hörfunk oder Online-Medien (als Text, Videocast oder Podcast) zugelassen. Über die Vergabe des Achema-Medienpreises entscheidet der Dechema-Vorstand auf Vorschlag einer Jury, der Vertreter aus Industrie, Hochschulen und Medien angehören.

Vorschlagsberechtigt sind natürliche oder juristische Personen. Eine eigene Bewerbung der Autoren ist zulässig und erwünscht. Ausschreibungsrichtlinien und Bewerbungsbogen sind als pdf-Datei unter www.dechema.de/medienpreis abrufbar. Der Beitrag ist bis spätestens **16. Januar 2012** einzureichen.

Magic Colours – Die Chemie der Zaubermarker

Ein Laborkurs im Rahmen des Projekts „Make Science!“

Stefan Zajonc, Sonja Gocke und Matthias Ducci

An der Pädagogischen Hochschule (PH) Karlsruhe wurde im Jahre 2011 mit der Entwicklung des Projekts „Make Science!“ begonnen. Das Projekt richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II an Gymnasien. Im Rahmen des Projekts finden ab Frühjahr 2012 Laborkurse an der PH Karlsruhe als außerschulischer Lernort statt. Inhaltlicher Schwerpunkt sind aktuelle Themen interdisziplinärer, naturwissenschaftlicher Forschung, die einen hohen Alltagsbezug aufweisen und im Rahmen einer begleitenden Dissertation für die Schülerinnen und Schüler aufbereitet und im Hinblick auf ihre Interessen fördernde Wirkung evaluiert werden. Beispielhaft seien an dieser Stelle die Themen „Lignin – ein Biokunststoff“ und „Fresh Tags – Frischeindikatoren für Lebensmittel“ genannt.

Das Hauptziel des Projekts „Make Science!“ ist es, Jugendliche an die faszinierende Welt der Chemie auf altersgemäßer Ebene heranzuführen und in einer für sie erlebbaren Form zu vermitteln. Hiermit soll bei ihnen Interesse, Akzeptanz und Begeisterung für naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen und Lösungen geweckt werden, auch im Hinblick auf ihre spätere Berufsorientierung.

Im Folgenden wird die neu entwickelte, experimentelle Konzeption des Laborkurses „Magic Colours – Die Chemie der Zaubermarker“ vorgestellt, der bereits mit mehreren Schülergruppen im Vorfeld des Projekts zur Erprobung des Konzepts durchgeführt wurde.

Die Autoren

Prof. Dr. Matthias Ducci studierte Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Oldenburg. Daran schloss sich eine Promotion in Chemie an (Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie der Uni Oldenburg). Ab 2002 Lehrer an der Kooperativen Gesamtschule Rastede und Geschäftsführer des GDCh-Lehrerfortbildungszentrums Bremen–Oldenburg; ab April 2004 Lehrbeauftragter für Didaktik der Chemie an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, ab Dezember 2004 Professur für Chemie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Der Autor erhielt mehrere Preise, u.a. den Manfred und Wolfgang Flad-Preis der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh (1999); e-Mail: ducci@ph-karlsruhe.de.

Sonja Gocke ist Diplomchemikerin und Chemisch-technische Assistentin in der Abteilung Chemiedidaktik an der PH Karlsruhe.

Stefan Zajonc ist Doktorand in der Abteilung Chemiedidaktik an der PH Karlsruhe.



Abbildung 1: Carioca-Zauberstifte.

Das Konzept

Seit einigen Jahren sind in vielen Ländern Fasermarker im Handel, die eine ganz besondere Eigenschaft besitzen: Wird ihre Farbe mit einem beigefügten „Magic Pen“ oder „Magic Marker“ übermalt, entstehen neue Farben (Abbildung 1). Dieser motivierende Effekt wird im Laborkurs aufgegriffen und die Frage nach den Ursachen für dieses Phänomen gestellt. Gemäß der nun folgenden experimentellen Konzeption kann dieser geheimnisvolle Farbwechsel von Schülerinnen und Schülern erforscht werden.

Ausgangspunkt der Untersuchungen ist der Magic Marker. Die Schülerinnen und Schüler sollen zunächst überprüfen, welche Wirkung dieser Stift auf handelsübliche Fasermarker hat, die sich in ihren Federmäppchen befinden. Dabei stellen sie fest, dass der Magic Marker auch bei einigen dieser Stifte einen Farbwechsel hervorrufen kann. Ein zunächst überraschendes Ergebnis wird erhalten, wenn blaue Tinte mit dem Magic Marker übermalt wird: Diese wird nämlich in den farblosen Zustand überführt. An dieser Stelle vermuten schon viele Schüler, dass der Magic Marker ähnliche Inhaltsstoffe wie ein

handelsüblicher Tintenlöschstift („Tintenkiller“) besitzt. Diese Vermutung wird auch dadurch untermauert, dass beim Übermalen der Magic Colour-Farben mit einem Tintenlöschstift dieselben Farbwechsel erfolgen wie beim Übermalen mit dem Magic Marker (Abbildung 2).

Die Schüler sollen nun, z. B. im Rahmen einer Internetrecherche, die Inhaltsstoffe handelsüblicher Tintenlöschstifte und für diese entsprechende Nachweisreaktionen herausfinden. Den Internetseiten von Firmen, die solche Tintenlöschstifte herstellen, kann ein Teil der notwendigen Informationen entnommen werden. So heißt es z. B. auf der Homepage der Firma Pelikan: „Die Löschtinte eines Tintenlöschstiftes enthält Wasser, Reduktionsmittel und Soda.“ [1]

Aus diesen Informationen können die Schüler schlussfolgern, dass die Flüssigkeit des Magic Marker aufgrund des Carbonat/Hydrogencarbonat-Gleichgewichts alkalisch ist, sofern die gleichen Inhaltsstoffe wie im Tintenlöschstift verwendet werden. Diese Annahme wird experimentell überprüft und bestätigt, indem Indikatorpapier mit der Magic Marker-Flüssigkeit benetzt wird. Der pH-Wert der Flüssigkeit im Magic Marker liegt bei 11. Der Nachweis des Reduktionsmittels kann z. B. mit einer Kaliumpermanganat-Lösung erfolgen, die durch das Reduktionsmittel entfärbt wird. Durch die anschließende Zugabe von Bariumchlorid-Lösung, die die Entstehung eines weißen Niederschlags aus Bariumsulfat bewirkt, kann auf Sulfid-Ionen in der Ausgangslösung geschlossen werden (vgl. Abschnitt 3, Versuch 1). Somit ist gezeigt, dass der Magic Marker wie ein handelsüblicher Tintenlöschstift mit einer alkalischen, reduzierenden Lösung gefüllt ist (Abbildung 3).

Nun konzentrieren sich die experimentellen Untersuchungen auf die Stifte, deren Farbe verändert werden kann. Von den Schülern wird häufig die Vermutung geäußert, dass die Farbstoffe möglicherweise durch den hohen pH-Wert der Magic Marker-Flüssigkeit ihre Farbe ändern, also Säure-Base-Indikatoren sind. Demnach müsste der Farbwechsel durch eine alkalische Lösung auch ohne Reduktionsmittel herbeigeführt werden können und durch Ansäuern reversibel sein. Dies ist tatsächlich bei einigen, wenigen Stiften der Fall; die meisten Stifte zeigen jedoch entweder keinen oder nicht den vom Hersteller gewünschten Farbwechsel im alkalischen Milieu (vgl. Abschnitt 3, Versuch 2 bzw. Abbildung 4).

Ein weiterer Schülervorschlag, um hinter das Geheimnis des Farbwechsels zu kommen, ist die Durchführung einer Papier- oder Dünnschichtchromatographie. In den Chromatogrammen ist zu erkennen, dass in den meisten Stiften Farbstoffgemische bestehend aus zwei oder mehre-



Abbildung 2: Farbe eines Carioca-Zauberstiftes übermalt mit dem Magic Marker (links) und einem handelsüblichen Tintenlöschstift (rechts; siehe auch das Titelbild).

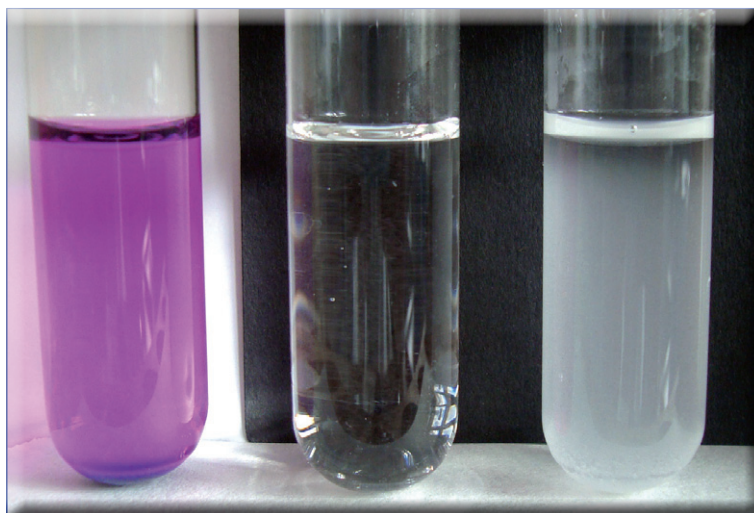
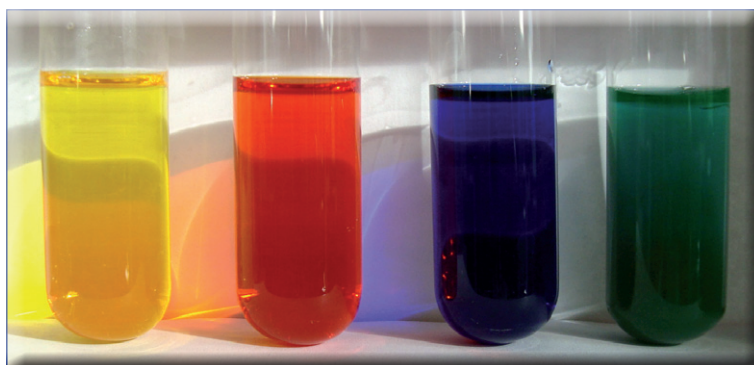


Abbildung 3: Kaliumpermanganat-Lösung (links), Lösung nach Zugabe von Magic Marker-Flüssigkeit (Mitte), weißer Niederschlag nach Zugabe von Bariumchlorid-Lösung (rechts).

Abbildung 4: Von links nach rechts: Gelbe Farbstofflösung, die gleiche Lösung nach Zugabe von Natronlauge (dieser Farbwechsel ist vom Hersteller so vorgesehen); blaue Farbstofflösung, die gleiche Lösung nach Zugabe von Natronlauge (beim Übermalen der blauen Farbe mit dem Magic Marker erfolgt jedoch ein Farbwechsel von blau nach gelb). Beide Farbwechsel sind reversibel.



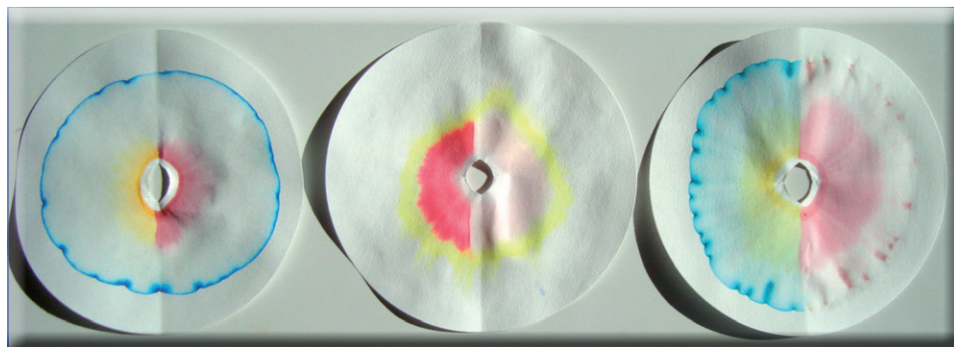


Abbildung 5: Papierchromatogramme und Benetzung der jeweils rechten Hälfte des Chromatogramms mit alkalischer Natriumsulfit-Lösung oder Magic Marker-Flüssigkeit (von links nach rechts: grüner Stift mit Farbwechsel nach lila (Herlitz), roter Stift mit Farbwechsel nach gelb (Carioca), grüner Stift mit Farbwechsel nach rot (Carioca)).

ren Komponenten enthalten sind. Wenn nun die eine Hälfte des Chromatogramms mit dem Magic Marker übermalt oder mit einer Natriumsulfit-Lösung benetzt wird, kommen die Schüler dem Geheimnis der Zauberstifte schon deutlich näher.

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass die Farbänderungen auf unterschiedlichen Effekten beruhen. So führt die Benetzung mit der alkalischen Natriumsulfit-Lösung bei einigen Chromatogrammen zur Farbänderung einzelner Komponenten des Farbstoffgemisches (z. B. Abbildung 5, links), bei anderen werden einzelne Komponenten in den farblosen Zustand überführt (z. B. Abbildung 5, Mitte) oder sowohl die „Löschung“ einzelner Farben als auch eine Farbänderung einer oder mehrerer Komponenten liegen gleichzeitig vor (z. B. Abbildung 5, rechts).

Somit enthalten die Stifte gegenüber hohen pH-Werten und/oder gegenüber Sulfit-Ionen empfindliche sowie unter diesen Bedingungen stabile Farbstoffe („stabil“ im Sinne der Beibehaltung der ursprünglichen Farbe). Zur erstgenannten Gruppe gehören beispielsweise viele Triphenylmethanfarbstoffe sowie zahlreiche Azofarbstoffe. Demgegenüber sind z. B. Xanthenfarbstoffe, zu denen u. a. die Rhodamine zählen, weitgehend resistent gegenüber den genannten Einflüssen.

Mit diesem Wissen ausgestattet werden nun die Farbstoffe einiger Fasermaler identifiziert. Eine mögliche Vorgehensweise soll im Folgenden am

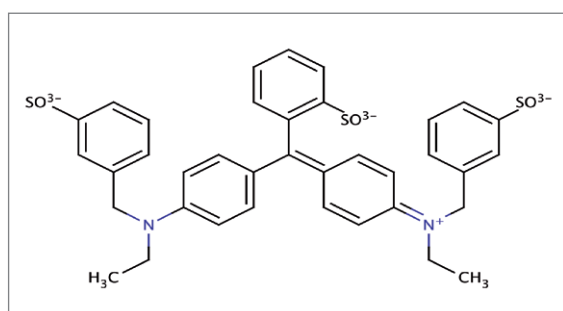


Abbildung 6:
Strukturformel
von Brillantblau
FCF.

Beispiel des grünen Stiftes, der einen Farbwechsel nach lila zeigt (Herlitz, „Magic Colour“), exemplarisch vorgestellt werden. Das Papierchromatogramm dieses Stiftes ist in Abbildung 5 (links) zu sehen. Das Chromatogramm zeigt, dass dieser Stift einen gelben und einen blauen Farbstoff enthält, wobei der gelbe nach dem Benetzen mit der alkalischen Natriumsulfit-Lösung einen Farbwechsel nach rot aufweist. Zur genaueren Analyse werden beide Farbstoffe voneinander getrennt. Dies kann z. B.

mit Hilfe der Säulenchromatographie geschehen. Im Chemieunterricht ist es jedoch praktikabler, zunächst das Papierchromatogramm zu nutzen, auf bzw. mit dem erste Voruntersuchungen vorgenommen werden können.

Zur Untersuchung des blauen Farbstoffs wird das Papierchromatogramm zerschnitten und die blau gefärbten Bereiche in 5 mL dest. Wasser gegeben. Der Farbstoff zeigt eine sehr gute Wasserlöslichkeit und ändert beim Ansäuern seine Farbe nach grün. Sehr ähnliche Eigenschaften haben z. B. die Farbstoffe Patentblau V sowie Brillantblau FCF. Die Aufnahme von Absorptionsspektren dieser Farbstoffe in neutraler Lösung sowie der Probenlösung ergeben für Brillantblau FCF und für den zu identifizierenden Farbstoff identische Absorptionsmaxima bei 630 nm, wohingegen das Absorptionsmaximum für Patentblau V bei 639 nm liegt. Somit kann Brillantblau FCF als der gesuchte Farbstoff angenommen werden (Abbildung 6).

Abbildung 7: Ausschnitt aus dem Papierchromatogramm des grünen Herlitz-Stiftes mit aufgetropften Pufferlösungen (links pH 7-, Mitte pH 8- und rechts pH 9-Pufferlösung).



Anmerkung: Alle Absorptionsspektren wurden von verdünnten, durchscheinenden wässrigen Farbstofflösungen mit dem Spektralphotometer Novaspec Plus aufgenommen (Schichtdicke: 1 cm).

Durch Auftropfen einer Lauge auf die gelben Bereiche des Papierchromatogramms kann festgestellt werden, dass der gelbe Farbstoff nach rot umschlägt. Dieser Farbwechsel kann durch Ansäuern umgekehrt werden. Zur ungefähren Bestimmung des Umschlagsbereichs werden verschiedene Pufferlösungen aufgetropft. Wie Abbildung 7 zu entnehmen ist, liegt der Umschlagsbereich dieses Indikators zwischen pH 7 und pH 9.

Vergleichende Untersuchungen mit Farbstoffen, die ein ähnliches chemisches Verhalten zeigen, deuten darauf hin, dass es sich um Brillantgelb, einen Azofarbstoff, handeln könnte (Abbildung 8).

Weiteren Aufschluss über den gelben Farbstoff gibt die Aufnahme eines Absorptionsspektrums des Farbstoffgemisches aus dem grünen Herlitz-Stift. Hierzu wird der Tintenspeicher entnommen und 1 Tropfen der farbigen Lösung in 10 mL einer pH 5-Pufferlösung gegeben. Das Absorptionsspektrum zeigt zwei Maxima bei 406 nm und 630 nm (Abbildung 9, blaue Linie). Das Absorptionsspektrum eines Gemisches aus Brillantgelb und Brillantblau FCF weist ebenfalls zwei Maxima bei genau denselben Wellenlängen auf (Abbildung 9, rote Linie).

An dieser Stelle soll noch ein weiterer Versuch ergänzend erwähnt werden, der den gelben Farbstoff als Azoverbindung entlarvt.

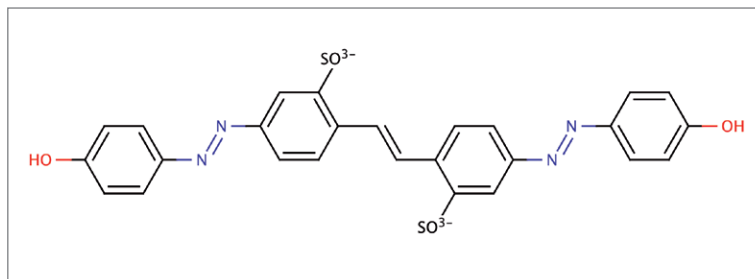


Abbildung 8: Strukturformel von Brillantgelb.

Azofarbstoffe können unter bestimmten Bedingungen durch starke Reduktionsmittel zu aromatischen Aminen gespalten werden. Und tatsächlich ändert sich die Farbe der grünen, wässrigen Lösung des Farbstoffgemisches aus dem Herlitz-Stift nach dem Zugabe einer sauren Natriumdithionit-Lösung nach blau (Abbildung 10, Versuch 3).

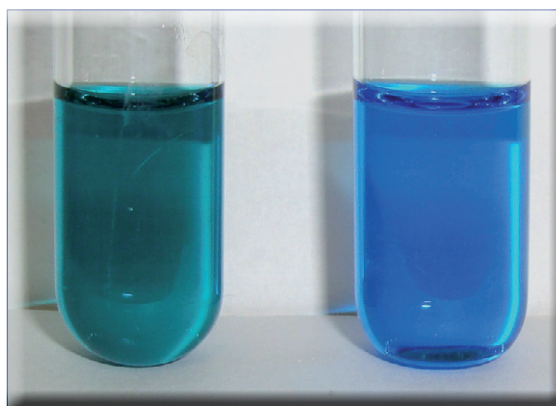


Abbildung 10: Wässrige Farbstofflösung vor (links) und nach Zutropfen von saurer Natriumdithionit-Lösung.

Abbildung 9: Absorptionsspektrum der wässrigen Farbstofflösungen (blaue Linie: Farbstoffe aus dem Herlitz-Stift; rote Linie: Wässrige Lösung aus Brillantgelb und Brillantblau FCF).

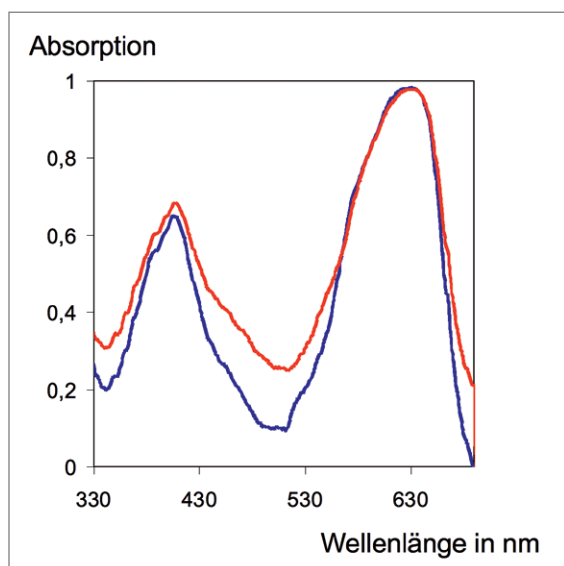


Abbildung 11: Absorptionsspektren vor (grüne Linie) und nach (blaue Linie) der Zugabe von Natriumdithionit zur wässrigen Farbstofflösung aus dem grünen Herlitz-Stift.

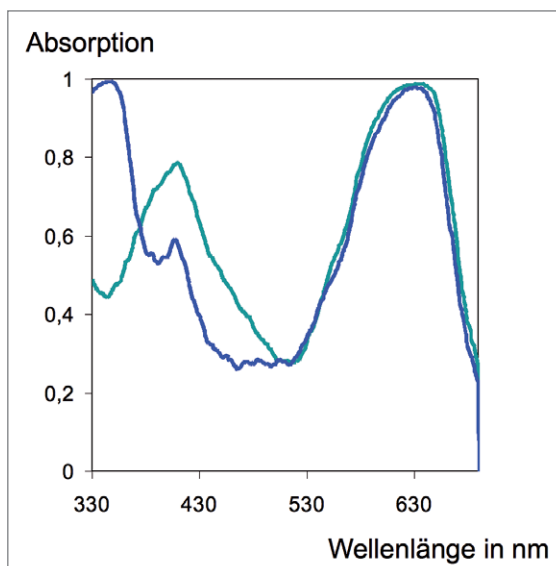




Abbildung 12: Violette Farbe eines selbst hergestellten Fasermalers, die mit einem Tintenlöschstift übermalt wurde.

Die Absorptionsspektren der Lösungen vor und nach der Reaktion zeigen bestätigend an, dass der Peak bei 406 nm deutlich kleiner geworden ist. Gleichzeitig hat sich bei ca. 340 nm einer neuer Peak gebildet, der auf die Reduktionsprodukte von Brillantgelb zurückzuführen ist (Abbildung 11).

Der Farbwechsel dieses Stiftes kommt also dadurch zustande, dass infolge der Deprotonierung der Hydroxygruppe der Azofarbstoff Brillantgelb in den roten Zustand überführt wird, während Brillantblau FCF seine Farbe beibehält. Somit kann dieser Farbwechsel auch allein durch Laugezugabe erreicht werden. Dies ist wie bereits erwähnt nicht bei allen Stiften der Fall. Ein Beispiel hierfür ist der blaue Stift von Carioca, der einen Farbwechsel nach gelb-fluoreszierend zeigt. Bei dem blauen Farbstoff handelt es sich um Methylblau oder das strukturell sehr ähnliche Wasserblau, der gelbe Farbstoff konnte als Pyranin identifiziert werden, welcher im Sauren farblos ist und im Alkalischen eine in-

tensive gelbe Fluoreszenz aufweist [2]. Um den gewünschten Farbwechsel zu erzielen, muss jedoch der blaue Triphenylmethanfarbstoff in den farblosen Zustand überführt werden. Dies gelingt in ausreichender Geschwindigkeit nur mit Hilfe von Sulfid-Ionen, die sich an das zentrale Kohlenstoffatom anlagern. Dabei wird das große System der delokalisierten π -Elektronen zerstört, da dieses Kohlenstoffatom nun vier Einfachbindungen aufweist. Der Stoff verliert die Fähigkeit, sichtbares Licht zu absorbieren.

Mit diesem Wissen über die chemischen Prinzipien, die den Zauberstiften zugrunde liegen, können nun in der Schule bzw. Hochschule derartige Fasermaler von den Schülern und Studenten selbst hergestellt werden. Die Vorgehensweise und zahlreiche Beispiele für selbst hergestellte Zauberstifte sind in [3] aufgeführt. Ergänzend wird in Versuch 4 die Herstellung eines Zauberstiftes beschrieben, der beim Übermalen mit dem Magic Marker (oder einem Tintenlöschstift) einen eindrucksvollen Farbwechsel von lila nach gelb-fluoreszierend zeigt (Abbildung 12).

Versuchsanleitungen

Versuch 1: Untersuchung der Magic Marker-Flüssigkeit

GERÄTE UND CHEMIKALIEN: 3 Reagenzgläser, 10-mL-Standzylinder, 1-mL-Messpipette, Magic Pen (z. B. von Carioca), Kaliumpermanganat, Essigsäure, $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \text{ mol/L}$, Bariumchlorid-Lösung, $w(\text{BaCl}_2) = 5 \%$.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG: Zunächst werden einige Kristalle Kaliumpermanganat in 10 mL destilliertem Wasser gelöst, so dass eine schwach gefärbte Lösung entsteht, und mit 1 mL der Essigsäure angesäuert. Aus einem Magic Pen

Abbildung 13: Reduktive Spaltung von Brillantgelb.

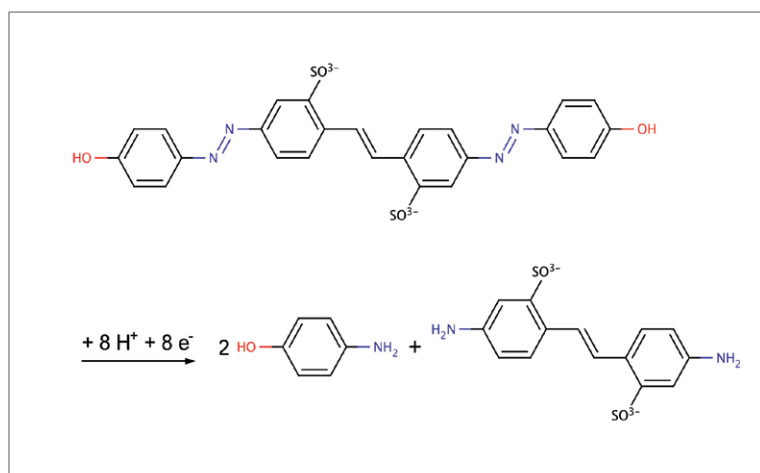
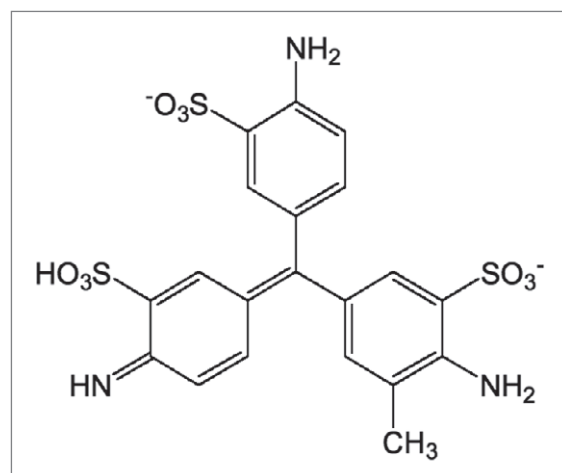


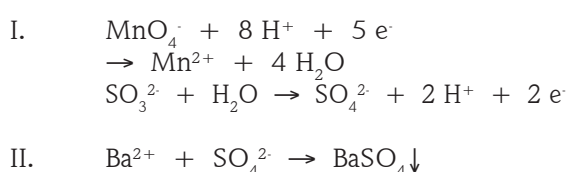
Abbildung 14: Strukturformel von Säurefuchsin.



wird der Tintenspeicher entnommen und der Kaliumpermanganat-Lösung ca. 5 Tropfen der Magic Pen-Flüssigkeit durch Drücken auf den Tintenspeicher hinzugefügt. Anschließend werden wenige Tropfen der Bariumchlorid-Lösung zugegeben.

BEOBSACHTUNG: Nach Zugabe der Magic Pen-Flüssigkeit entfärbt sich die Lösung vollständig. Der Zusatz von Bariumchlorid-Lösung führt zum Ausfallen eines weißen Niederschlags, der eine Trübung der Lösung bewirkt (Abbildung 3).

Deutung: Aus den Beobachtungen kann gefolgert werden, dass die Magic Pen-Flüssigkeit Sulfit-Ionen enthält. Diese werden bei Umsetzung mit Permanganat-Ionen zu Sulfat-Ionen oxidiert und anschließend als Bariumsulfat ausgefällt:



Versuch 2: Verhalten ausgewählter Magic Colour-Farben im alkalischen und sauren Milieu

GERÄTE UND CHEMIKALIEN: 4 Reagenzgläser, Tropfpipetten, 2 Zaubermarker (gelber bzw. blauer Stift mit Farbwechsel nach rot bzw. gelb von Carioca), Natronlauge, $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$, Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG: Die ausgewählten Stifte werden am hinteren Ende geöffnet und die Minen entnommen. Danach werden je zwei Tropfen der Farbstofflösungen durch leichtes Drücken auf den Tintenspeicher in jeweils ein Reagenzglas gegeben und mit 10 mL dest. Wasser aufgefüllt. Nun werden zunächst 2 Tropfen der Natronlauge und anschließend 3 Tropfen der Salzsäure hinzu gegeben.

BEOBSACHTUNG UND DEUTUNG: Das Experiment zeigt, dass bei dem gelben Stift die gewünschte Farbänderung nach rot allein durch Natronlauge hervorgerufen wird, die durch Ansäuern wieder rückgängig gemacht werden kann (Abbildung 4). Die blaue Lösung ändert (reversibel) ihre Farbe nach grün, beim Übermalen mit dem Magic Marker entsteht jedoch eine gelbe Farbe. Zu den Inhaltsstoffen dieser Stifte vergleiche [2].

Versuch 3: Reduktive Spaltung des gelben Farbstoffs aus dem grünen Herlitz-Stift (Farbwechsel nach lila)

GERÄTE UND CHEMIKALIEN: Herlitz-Stift (grüner Stift mit Farbwechsel nach lila), Kneifzange, Reagenzgläser, Tropfpipetten, Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol/L}$, Natriumdithionit.

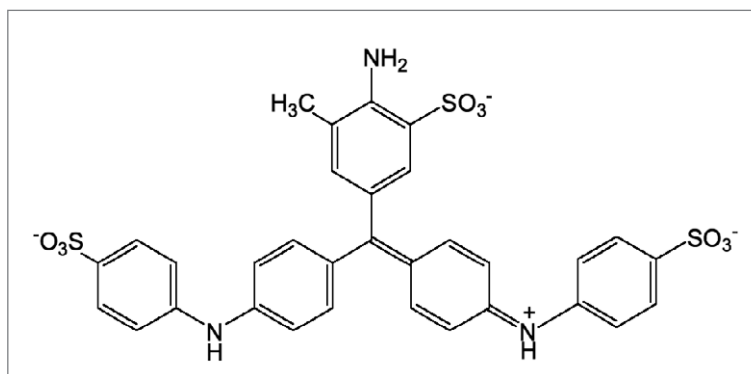


Abbildung 15: Strukturformel von Wasserblau.

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG: Der Tintenspeicher wird aus dem Herlitz-Stift genommen (dieser muss hierbei z. B. mit einer Kneifzange zerbrochen werden) und ein Tropfen des Farbstoffgemisches in 5 mL dest. Wasser gegeben. Die Lösung wird auf zwei Reagenzgläser aufgeteilt.

Danach wird eine Lösung aus 5 mL der Salzsäure sowie 0,25 g Natriumdithionit hergestellt. 5-10 Tropfen dieser Lösung werden in eines der Reagenzgläser zur grünen Farbstofflösung gegeben.

BEOBSACHTUNG: Das Zutropfen der sauren Natriumdithionit-Lösung führt zur Blaufärbung der Lösung (Abbildung 10).

DEUTUNG: Die Blaufärbung zeigt an, dass der gelbe Farbstoff durch reduktive Spaltung (Entstehung von Aminen) zerstört wird (Abbildung 13). Dies kann durch Aufnahme von Absorptionsspektren bestätigt werden (Abbildung 11).

Versuch 4: Herstellung eines Zaubermarkers

GERÄTE UND CHEMIKALIEN: 2 50-mL-Bechergläser, handelsüblicher Fasermaler (z. B. didago-Fasermaler, Bezugsquelle: www.didagoshop.de/Buntstifte-und-Filzstifte.96-Fasermaler-im-Eimer.html), Tintenkiller, Waage, 25-mL-Messzylinder, 2-mL-Messpipette, Schnappdeckelgläschen, Ethylenglykol, Lösungsvermittler LV 41 (Bezugsquelle: Naturkosmetikgeschäft), Zitronensäure, Säurefuchsin, Wasserblau, Pyranin (Bezugsquelle der Farbstoffe: www.chroma.de).

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG: Der Fasermaler wird gereinigt, indem seine Mine entnommen und der Farbstoff unter fließendem Wasser herausgedrückt wird. Die Spitze wird ebenfalls durch Spülen mit Wasser gereinigt. Es wird unter Rühren ein Gemisch aus 1,7 g Ethylenglykol und 3,5 g Lösungsvermittler hergestellt, die mit einer Zitronensäure-Lösung (0,4 g Zitronensäure in 7,5 mL Wasser) vermischt und gut vermischt wird. (zur Funktion der einzelnen Lösungsbestandteile vgl. z. B. [3]). In 2 mL dieser Lösung werden im Schnappdeckelgläschen 20 mg Säure-

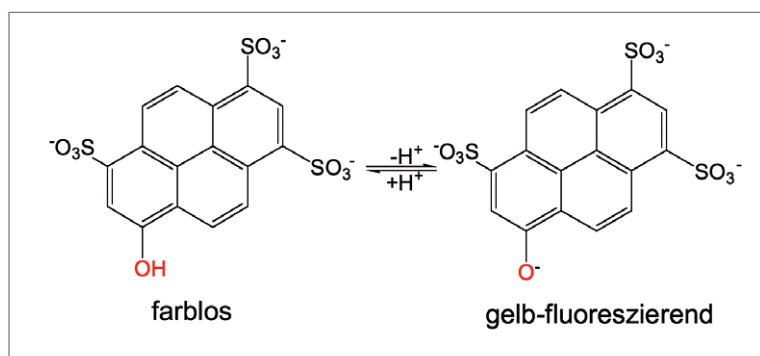


Abbildung 16:
Pyranin.

refuchsin, 30 mg Wasserblau und 40 mg Pyranin gelöst. Die gesäuberte Mine wird für ca. 20 min in die Farbstofflösung gestellt und anschließend wieder in den Stift eingesetzt. Die Spitze des Stiftes wird ebenfalls kurz in die Farbstofflösung getaucht.

BEOBACHTUNG: Der Stift malt lilafarben, beim Übermalen mit einem Tintenkiller ändert sich die Farbe nach gelb-fluoreszierend (Abbildung 12).

DEUTUNG: Säurefuchsin sowie Wasserblau sind Triphenylmethanfarbstoffe, die ein lilafarbenes Farbstoffgemisch ergeben (Abbildung 14 und 15). Beim Übermalen mit einem Tintenlöschstift, der u. a. gelöstes Natriumsulfit enthält, wird an das zentrale Kohlenstoffatom die Sulfitgruppe angelagert. Dadurch verlieren diese beiden Farbstoffe ihre Farbigekeit.

In der zunächst sauren Lösung des Zaubermalers ist Pyranin farblos. Die Erhöhung des pH-Werts durch das Übermalen mit dem Tintenkiller führt zur Deprotonierung der OH-Gruppe

des Pyranins, welches hierdurch eine gelb-fluoreszierende Farbe zeigt. (Abbildung 16).

Zusammenfassung

Anhand dieser Thematik lassen sich in hervorragender Weise sowohl die Grundprinzipien der Farbigekeit von Stoffen als auch die Struktur-Eigenschaftsbeziehungen als eines der wichtigen Basiskonzepte der Chemie exemplarisch thematisieren.

Die Schülergruppen waren stets hochmotiviert, diesem spannenden Phänomen der Colour Changing Markers auf die Spur zu kommen und sichtlich stolz, wenn sie am Ende des Erkenntnisprozesses zunächst unerklärlich erscheinende Phänomene durchschaut hatten und auf chemische Prinzipien zurückführen konnten. **CLB**

Literatur:

- [1] http://www.pelikan.com/pulse/Pulsar/de_DE.CMS.displayCMS.46944./tintenkiller-die-inhaltsstoffelehrer-aktion-september-2003 (letzter Zugriff am 11.10.2011)
- [2] C. Herriger, M. Klauck, M. Ducci, Color Changing Markers – Ein spannendes Thema für den forschend-entwickelnden naturwissenschaftlichen Unterricht. PdN/ChiS 58/7 (2009) 44-49 u. 51-52
- [3] C. Herriger, M. Klauck, M. Ducci, Herstellung von Zaubermalern. CHEMKON 17/2 (2010) 83-84

SI-Einheiten				
Physikalische Basisgröße	Basiseinheit Name	Symbol	SI-Einheiten	andere bzw. USA-Einheiten
Länge l	Meter Millimeter Mikrometer	m	SI-Basiseinheit mm μm	100 cm; 1,09361 yd; 3,2808 ft 0,1 cm; 0,03937 in 10,000 Å
Fläche A	Quadratmeter Quadratmillimeter		m^2 mm^2	0,01 ar; 10,764 sq ft 0,01 cm^2 ; 0,00155 sq in
Volumen V	Kubikmeter Liter	l	m^3 dm^3	35,3145 cu ft 0,2642 gal
Zeit t	Sekunde	s	SI-Basiseinheit	day = $8,64 \cdot 10^4$ sec.
Masse m	Kilogramm	kg	SI-Basiseinheit	2,2046 lb
Kraft F	Newton	N	kg m s^{-2}	0,102 kp; 10 dyn; 0,2247
Druck p	Pascal Megapascal	Pa MPa	N/m^2 $\text{N/mm}^2 = 10 \text{ Bar}$	0,0075 Torr; 2,05 lb/sq ft 10,2 at; 142,23 lb/sq in (Psi)
Energie E	Joule	J	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} (= \text{Nm}^2)$	0,2388 cal; 0,9476 BTU
Leistung P	Watt	W	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3} (= \text{J s}^{-1})$	$1,36 \cdot 10^{-3}$ PS
Stoffmenge n	Mol	mol	SI-Basiseinheit	val; äq; eq
Massenkonzentration ρ_B			kg m^{-3} ; g/l^{-1} ; mg/l	[% w/v; ppm] obsolete
Massenverhältnis ω_B			kg/kg; g/kg; mg/kg	[% w/v; ppm] obsolete
Volumenverhältnis φ_B			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$; 1; ml/l; $\mu\text{l/l}$	[vol%; %v/v; ppm] obsolete
Molarität C_B			mol m^{-3} ; mol/l; mmol/l	[M; N; m; n; äq/l] obsolete
Molalität m_B			mol kg^{-1} ; mmol/kg	
Katalytische Aktivität	Katal Microkatal Nanokatal	kat μkat nkat	mol s^{-1} $\mu\text{mol s}^{-1}$ nmol s^{-1}	$6 \cdot 10^7 \mu\text{mol/min} = 6 \cdot 10^7 \text{ U}$ 1 $\mu\text{kat} = 60 \text{ U}$; 1 U = 0,0167 μkat 16,67 nkat = 1 U = 1 $\mu\text{mol/min}$
Viskosität		η	$\text{Pa} \cdot \text{s} = \text{N m}^{-2} \text{s}$	1000 cP
Lichtabsorption		A	$-\log I/I_0$	E; OD; %A = $100 (1 - 10^{-A}) = 100\% T$

CLB

FAX: 06223-9707-41

Wollen Sie die CLB nicht erst als 4., 5. oder 6. in Ihrer Firma lesen?

Für nur 109 Euro pro Jahr erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem Ausbildungs- und Umweltbezogenen Teil Erreichen&Erhalten.

Abo-Bestellcoupon

- JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 109 Euro zzgl. Versandkosten (Inland: 13,60 Euro, Ausland: 24,40 Euro). Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugsjahres gekündigt wird.

Datum / 1. Unterschrift

Name / Vorname

Widerrufsrecht: Diese Vereinbarung kann ich innerhalb von 20 Tagen beim Agentur und Verlag Rubikon Rolf Kickuth, Bammertaler Straße 6–8, 69251 Gaiberg, schriftlich widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs. Gesehen, gelesen, unterschrieben. Ich bestätige die Kenntnisnahme des Widerrufsrechts durch meine 2. Unterschrift.

Straße / Postfach

Land / PLZ / Ort

Datum / 2. Unterschrift

Telefon oder e-Mail

2000-faches Volumen der Trockensubstanz

Superabsorber: aufquellende Netzwerke von Polyacrylsäuren

Wolfgang Hasenpusch, Universität Siegen

Weil vernetzte Polyacrylsäuren mit Wasser bis auf das 2.000-fache Volumen der Trockensubstanz aufquellen, haben sie sich den Beinamen „Superabsorber“ zu recht verdient. Sie fanden bisher Anwendungen in Windeln, Kosmetika, landwirtschaftlich genutzter Bodenbefeuchtung, Kabel-Ummantelungen, Kationenaustauscher und Feuchtigkeitsbekämpfungen verschiedener Art.

Warum aber ist diese hohe Aufnahme-Fähigkeit nur bei reinstem Wasser möglich? – Und welche weiteren Anwendungsmöglichkeiten von vernetzten Polyacrylsäuren sind des Überlegens wert?

Vernetzte Polyacrylsäuren: Was sind das?

Das Molekül der Acrylsäure, die auch rationell „Propensäure“ heißt, besteht aus drei Kohlenstoff-Atomen, wobei zwei durch eine Doppelbindung aneinandergelagert sind und eines in einer Carboxyl-Gruppe einbezogen ist: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$. Es handelt sich um eine ungesättigte Carbonsäure.

Ihre großtechnische Synthese verläuft über eine zweistufige katalysierte Oxidation: zunächst reagiert Propen mit Luft bei 300 °C am Wismut-Molybdänoxid-Kontakt zu Acrolein, um in einem zweiten Oxidationsschritt bei der gleichen Temperatur am Molybdän-Vanadiumoxid-Katalysator zur Acrylsäure weiter zu reagieren.

In der chemischen Formelsprache lassen sich die beiden Reaktionsgleichungen wie folgt darstellen:

- $$2 \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- $$2 \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$$

Der Autor

Prof. Dr. Wolfgang Hasenpusch, beschäftigt in der Chemischen Industrie als Referent für Sicherheit und Umwelt, hält darüber hinaus eine Honorar-Professur an der Universität Siegen in Industrieller Anorganischer Chemie mit den Schwerpunkten Innovationsmanagement, Recycling und Bionik. Das weite Spektrum an bearbeiteten Themen resultiert aus der vielfachen Dozenten-Tätigkeit am Deutschen Institut für Betriebswirtschaft, den Schulen der Berufsgenossenschaft Chemie sowie Universitäten.

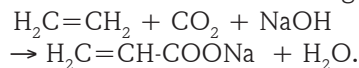


Eine weitere Synthese-Möglichkeit verläuft über die Reaktion von Acetylen mit Kohlenmonoxid und Wasser (Abbildung 1). Diese Alternative findet derzeit jedoch keine industriell bedeutsame Anwendung.

Die stechend, mit der Essigsäure vergleichbar riechende, farblose Flüssigkeit im Temperaturbereich zwischen 13 und 141 °C weist eine Dichte von 1,05 g/cm³ auf sowie vollständige Mischbarkeit mit Wasser, Ethanol und Diethylether auf. Nach der Gefahrstoff-Einstufung ist die Acrylsäure entzündlich, ätzend, gesundheitsschädlich und umweltgefährlich [1].

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert derzeit eine Kooperation zwischen BASF, der TU München sowie der Universität Stuttgart mit 2,2 Millionen Euro, bei der Kohlendioxid im industriellen Maßstab nachhaltig in Form der Natriumacrylat-Synthese nutzbar gemacht werden soll.

Der Herstellungsprozess, der auch zur Synthese von Superabsorbentien dienen soll, geht von den Rohstoffkomponenten Ethen (früher: Ethylen), Kohlendioxid und Natronlauge aus:



Forscher am gemeinsamen Labor der BASF und der Universität Heidelberg entwickeln dafür spezielle homogene und heterogene Katalysatoren [2].

Zur Herstellung von Superabsorbentien müssen die Acrylsäuren und Natriumacrylate polymerisieren (Abbildung 2) und mit sogenannten Kernvernetzern („Core-Cross-Linker“) untereinander verbrückt werden [3]. Als Vernetzer stehen beispielsweise Ethylenglycol- und Glycerin-Derivate, Pentaerythrit in Konzentrationen von 0,1 bis 10 %, bezogen auf das Monomer-Gewicht zur Verfügung [4]. Diese Brücken machen das Polymer wasserunlöslich (Abbildung 3).

Die entstehenden Hydrogel-Pulver stellen makromolekulare Netzwerke dar, die wässrige Lösungen unter Aufquellen absorbieren. Wasser kann nur noch sehr langsam aus dem Netzwerk verdunsten.

Wenn vernetzte Natriumpolyacrylate mit Wasser in Berührung kommen, solvatisieren sie sowohl die Natrium- als auch die Carboxyl-Anionen. Halten die Natrium-Kationen im festen Superabsorber noch die eng aneinander stehenden Car-

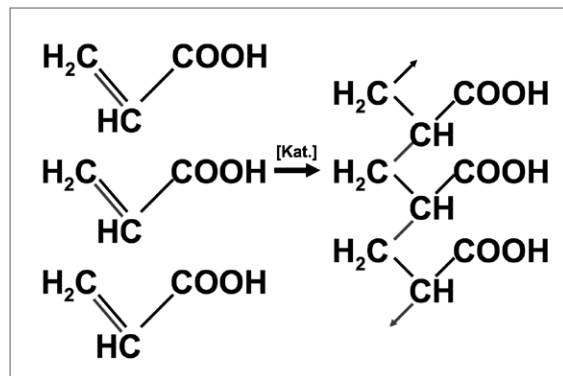
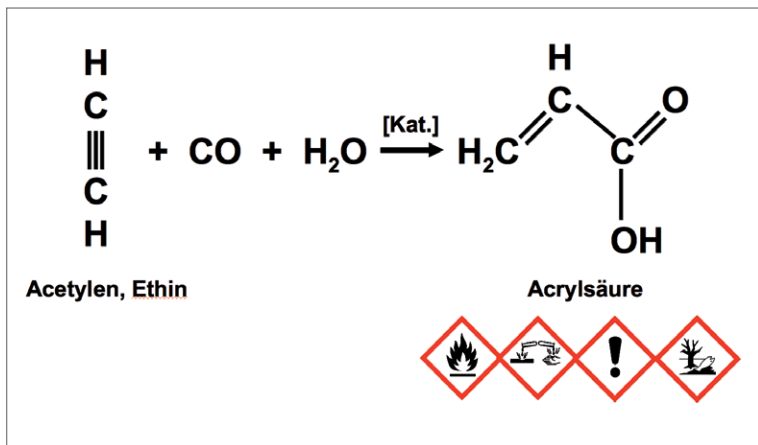


Abbildung 2: Polymerisation von Acrylsäure.

Abbildung 1: Synthese-Variante der Acrylsäure aus Acetylen (Ethin) und ihre GHS-Piktogramme.

boxylgruppen durch Neutralisation zusammen, so wirken sich im hydrolysierten Zustand die abstoßenden Kräfte der -COO⁻-Gruppen in den geknäult vernetzten Polymer-Strängen dahingehend aus, dass sie das Netzwerk aufblähen und mit Wasser auffüllen (Abbildung 4).

Damit das Wasser auch unter Druck nicht schnell entweichen kann, wird eine Oberflächen-Nachvernetzung notwendig. Dabei entsteht unter Hitzeeinwirkung auf der Oberfläche des Polymerkorns ein dichteres Netzwerk.

Diese Anforderung stellten die Verwender der Superabsorber als Windelmaterial an die Windel-Produzenten, wie Procter & Gamble, Kimberly-Clark oder auch die Paul Hartmann AG in Deutschland: denn auch unter dem Körpergewicht soll der aufgenommene Urin (Harn) nicht wieder dem Windelmaterial entweichen.

Aus dem Sicherheitsdatenblatt für quervernetztes Natriumpolyacrylat gehen keine besonderen Gefahren hervor [5]. Die Verbindung ist nicht kennzeichnungspflichtig.

Der geruchlose Superabsorber in der Körnung von 100 bis 1000 Mikrometer weist eine Dichte von 0,70 g/cm³ auf. Die Schüttdichte schwankt um 0,67 g/cm³ bzw. 670 kg/m³.

Verschüttetes Produkt verursacht mit Wasser oder Feuchtigkeit große Rutschgefahr. Geringe Reste sind der biologischen Abwasseraufbereitung zuzuführen.

Gegen elektrostatische Aufladungen sollten Maßnahmen getroffen werden: zwar ist das Produkt selbst nicht explosionsfähig, der Feinstaub-Anteil kann jedoch mit Luft explosive Mischungen bilden.

Die „European Disposables and Nonwovens Association“

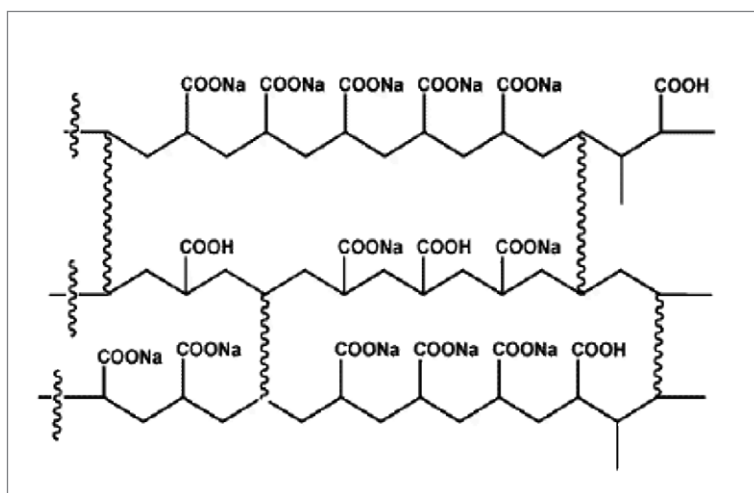
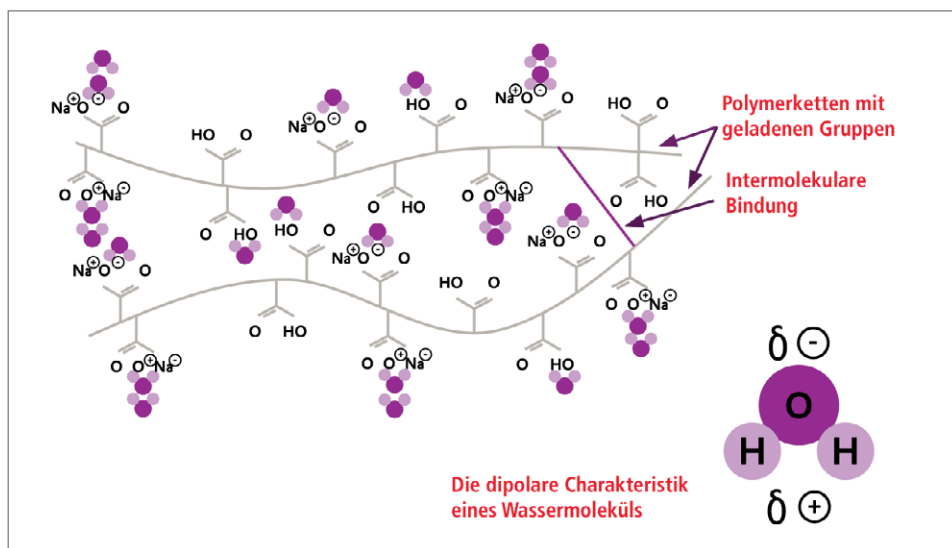


Abbildung 3: Vernetztes Polyacrylat-Gerüst der Superabsorber.

Abbildung 4: Quellvorgang der Superabsorber durch intermolekulare Bindung von Wassermolekülen zwischen die Polymerketten (Abb.: Evonik).



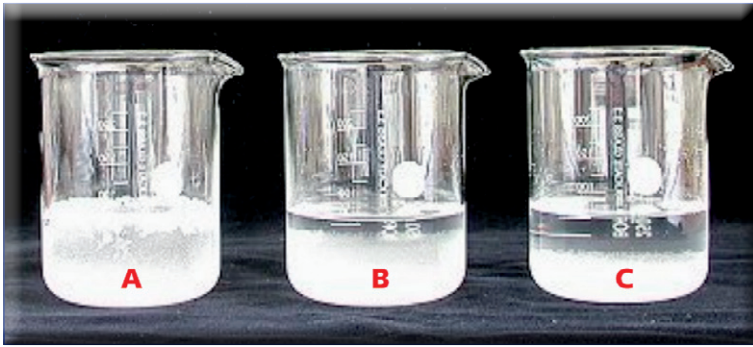


Abbildung 5: Superabsorber mit destilliertem Wasser (A), physiologischer Kochsalz-Lösung von 0,9 % (B) und einer konzentrierteren NaCl-Lösung von 5 % (C; nach Prof. Rüdiger Blume, www.chemieunterricht.de/dc2/tip/09_05.htm).

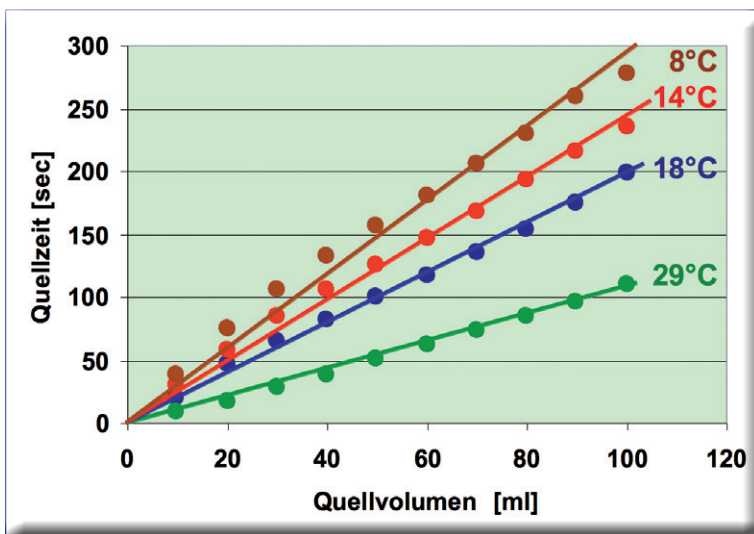
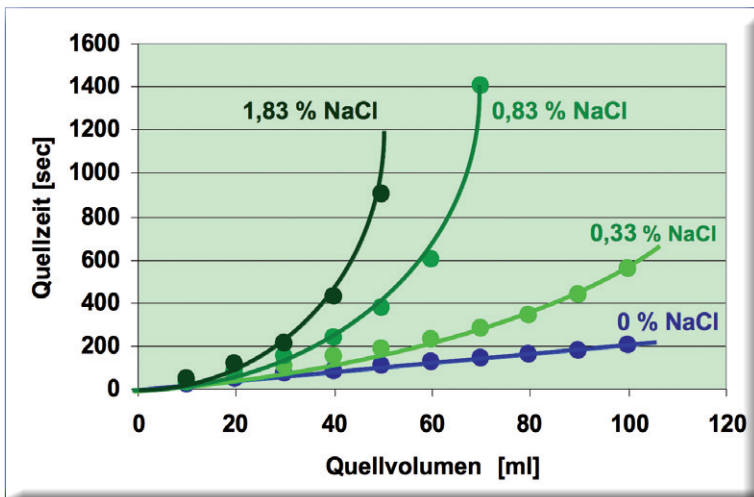


Abbildung 6: Quellgeschwindigkeit des Superabsorbers in Abhängigkeit von der Temperatur in gefiltertem Regenwasser.

Abbildung 7: Quellgeschwindigkeit des Superabsorbers in Abhängigkeit von der NaCl-Konzentration.



(EDANA) empfiehlt einen Arbeitsgrenzwert für Superabsorber-Staub in der Arbeitsplatzluft von $0,05 \text{ mg/m}^3$. Es ist daher für ausreichende Lüftung und das Tragen von Schutzbrille zu sorgen. Akute und dermale Toxizität sind nach entsprechenden Tierversuchen an Ratten nicht gegeben. Auch Hautreizung und Sensibilisierungen sind nicht bekannt.

Eigenschaften der Superabsorber

Da Superabsorber nicht über den Chemikalien-Handel zu beziehen sind, bleibt dem Experimentierwilligen mit diesem Material nichts anderes übrig, als das staubfeine weiße Pulver aus einer Windel zu entnehmen. Der Marktpreis für die Großabnahme von vernetztem Polyacrylat schwankt um 5 Euro/kg.

Ein Gramm Superabsorber, ein gestrichener Teelöffel, vermag rund einen Liter destilliertes Wasser zu binden. Beim Leitungswasser sind es nur noch 300 ml und bei einer 1%igen Kochsalzlösung bestenfalls 50 ml.

Die unterschiedliche Quell-Kapazität in destilliertem Wasser, einer physiologischen Kochsalzlösung sowie einer konzentrierteren NaCl-Lösung zeigt die Abbildung 5.

Das Gel-Pulver nimmt also ein Vielfaches seines Gewichtes an Wasser auf, indem es eine haftfähige, Hitze abschirmende Gallerte ohne Luft einschließt. Diese Eigenschaft ist für Anwendungen im Brandschutz von Interesse.

Die Wasseraufnahme ist deutlich temperaturabhängig; auch dazu lassen sich sehr leicht Versuche durchführen: Abbildung 6 zeigt die nahezu geradlinigen Beziehungen zwischen der Zunahme des Absorbervolumens in einem 100 ml-Meßzylinder, wenn man bei verschiedenen Temperaturen jeweils von 1 g Absorber ausgeht. Steht kein destilliertes Wasser zur Verfügung, eignet sich auch über mehrfache Filter gereinigtes Regenwasser, das auch bei den vorliegenden Versuchen zum Einsatz kam. Die quellende Absorberfront ist im Messzylinder gut zu erkennen.

Nach diesen Versuchen lässt sich das Absorberpulver durch Trocknen an der Luft wieder zurückgewinnen. Wem das wochenlange Warten bis zum trockenen Produkt zu lange ist, kann den Trockenschrank oder die Abwärme von Heizungen nutzen.

Eine Zugabe von Natrium- oder anderer Ionen verhindert die „Entfaltung“, das Aufquellen, des Polyacrylat-Anions: die Wasseraufnahme findet daher nur sehr beschränkt statt. Auch dazu lassen sich sehr leicht Experimente anstellen:

Aus Herstellerangaben und aus der Literatur ist die verminderte Quellung des Superabsorbers hinreichend bekannt. Schon die physiologische Kochsalzlösung von 0,9 Gew.-% vermindert nicht

nur die Gesamtaufnahme durch den Superabsorber, sondern verlangsamt auch die Aufnahme-Geschwindigkeit.

Abbildung 7 verweist auf die Quell-Geschwindigkeit des Superabsorbers bei verschiedenen Kochsalz-Konzentrationen. Bei einer Konzentration über 1 % Kochsalz ist die Anfangsgeschwindigkeit noch recht hoch, die Aufnahmefähigkeit des Absorbers endet jedoch etwa unterhalb des 60-fachen Aufnahmegewichtes.

Da die Superabsorber zum großen Teil in Baby-Windeln sowie in Inkontinenz-Packungen für Erwachsene, die ihren Harn nicht mehr willkürlich zurückhalten können, zum Einsatz kommen, ist die Salz-Konzentration im Harn von Bedeutung. Sie ist umso niedriger, je mehr Getränke auf den täglichen Nahrungsplan stehen.

Zur Orientierung enthält der 24-Stunden-Harn von ca. 1,5 Litern eines Erwachsenen neben anderen Stoffen im Mittel 20 g Harnstoff. Das Römpp-Chemielexikon verweist noch zusätzlich auf etwa 26 g an mineralischen Bestandteilen, entsprechend 1,73 % in 1,5 l Harn.

Die Desorption des reinen Wassers aus Superabsorbentern kann auch durch Zugabe von Salz geschehen. Die Gallerte ballt sich zu einem kleinen feinkörnigen Pulverhäufchen zusammen, während die überstehende Salzlösung klar und niedrigviskos wie eine verdünnte Salzlösung ist.

Aber nicht nur ionische Lösungen vermindern die Wasser-Aufnahme von Superabsorbentern, Zucker beispielsweise beschränkt auch das Aufquellen erheblich.

Als interessant erweist sich auch die Aufnahme von Schwermetallionen. So fixiert der Superabsorber den größten Teil der Kupferionen aus einer blauen Kupfersulfatlösung und verfärbt sich dabei zum Grün. Kobaltchlorid verfärbt den kaum aufquellenden Superabsorber rot, Eisen(III)chlorid wird mit orangegelber Farbe absorbiert und eine grüne Chrom(III)chlorid-Lösung verfärbt das vernetzte Polyacrylat in ein taubenfarbenes Blaugrau (Abbildung 8).

Mit Kochsalz oder Essigsäure lassen sich nur die zweiwertigen Metalle wieder geringfügig in Lösung bringen, wie die gefärbten Lösungen über den abgesetzten Absorbentern erkennen lassen (Abbildung 9).

Einsatz von Superabsorbentern

Die Hauptanwendung der Superabsorbentern liegt in der Befüllung von Babywindeln. Eingearbeitet in Windeln sorgen Superabsorbentern dafür, dass Baby-Popos trocken bleiben. Die pulverförmigen vernetzten Polyacrylate können unter Bildung eines stabilen Gels bis zum 300-fachen ihres Eigengewichtes an Baby-Urin aufnehmen, der einer 0,9-prozentigen Kochsalz-Lösung entspricht.



Abbildung 8: Superabsorbentern mit Metall-Ionen: Cu^{2+} , Cr^{3+} , Co^{2+} , Fe^{3+} .

Waren Windeln früher noch dicke Zellstoff-Pakete, so wogen sie in den 1980-iger Jahren noch über 100 g. Dass sie im neuen Jahrtausend nur noch 45 g wiegen, zählt mit zu den Errungenschaften, die für den Fortschritt in der Entwicklung der Superabsorbentern stehen [6].

Superabsorbentern sind jedoch auch in Produkten für die Damenhygiene und in Inkontinenz-Material sowie Verbandmaterial und Wundpflastern enthalten.

In geringen Mengen befindet sich das vernetzte Polyacrylat auch in Kabelummantelungen, besonders von Tiefsee-Leitungen.

Neueren Datums ist der Einsatz in „Gel-Betten“ und als Zusatz für Pflanzenerde, um Wasser über einen längeren Zeitraum zu speichern. Eine entsprechende Anwendung wird in wasserarmen Wüstenregionen zur Nutzpflanzen-Bewässerung praktiziert.

Während Superabsorbentern in Windeln das Wasser festhalten sollen, kommt im „Geohumus“ ein Gemisch aus Gesteinsmehl und Polyacrylat zum Einsatz, das die 40-fache Menge seines Eigenge-

Abbildung 9: Superabsorbentern mit Metall-Ionen nach NaCl-Zugabe: Cu^{2+} und Co^{2+} gehen bei Raumtemperatur etwas in Lösung.



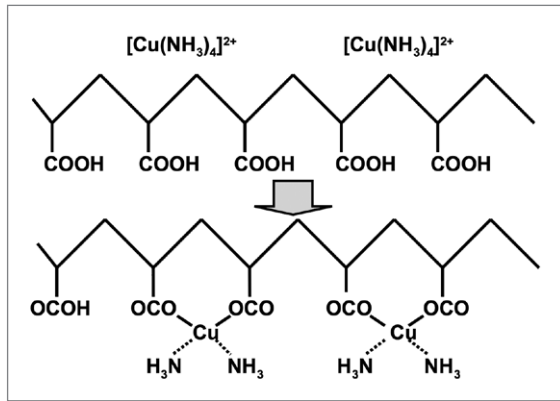


Abbildung 10: Absorption von Metall-Ionen an Polyacrylate.

wichts an Wasser aufnehmen und langsam wieder abgeben kann.

Bei einem Forschungs-Projekt in Ägypten ließen sich in Zusammenarbeit mit der Universität in Ismailia die Mango-Ernten um 34 % steigern bei einer gleichzeitigen Wasser-Ersparnis von 40 % [7].

In Löschmitteln zur Brandbekämpfung eignet sich der Superabsorber als Wasser-Gel-Gemisch, da es auch an Decken und senkrechten Flächen gut haftet. Dieses Hitze absorbierende und Feuer hemmende Gemisch bildet eine sehr wirksame Barriere, die eine Ausbreitung des Feuers in die Tiefe verhindert.

Das langsame Herabfließen an Wänden im Vergleich zu reinem Löschwasser bietet einen längeren Schutz.

Ein konkretes Beispiel wirkt in dieser Hinsicht recht überzeugend: Ein Haufen von 300 kg brennender Auto-Reifen benötigt für das Löschen mit 465 Liter eines Wasser-Schaum-Gemisches 3:45 Minuten. Ein Wasser-Superabsorber-Gemisch dagegen braucht nur 206 Liter in 1:27 Minuten für den vergleichbaren Löschvorgang. In beiden Fällen beschränkt sich der Schaum- oder Superabsorber-Zusatz zum Löschwasser auf 1 % [8, 9]. Diesen Vorteil nutzen auch Löschflugzeuge zur Bekämpfung von Waldbränden.

In der Abfall-Behandlung dienen Superabsorber zur Verfestigung medizinischer und industrieller Abfälle. Sie regeln auch die Flüssigkeits-Aufnahme und Geruchs-Bekämpfung in Katzen-Toiletten.

Ausgelaufene Behälter und Leckagen können ebenso den Einsatz von Superabsorbentern notwendig machen, wie vom Regenwasser vollgelaufene Kellerräume oder Undichtigkeiten von Absperr-Einrichtungen in Überschwemmungs-Gebieten.

Eine nützliche Anwendung der Polyacrylate hat die Metall-Aufarbeitung entdeckt: die Polymere haben unter bestimmten Randbedingungen die Eigenschaft, verschiedene Metall-Ionen quantitativ aus Prozess- und Abwasserströmen zu isolieren (Abbildung 10).

Damit dürfte die Anwendungs-Palette aber noch lange nicht erschöpft sein. Es bleibt spannend, welche Verbesserungen sich die Hersteller-Unternehmen noch einfallen lassen und welche neuen Einsätze von Superabsorbentern von findigen Köpfen entdeckt oder entwickelt werden.

Die größten Hersteller für Superabsorber heißen BASF, Evonik Industries in Krefeld und Nippon Shokubai.

CLB

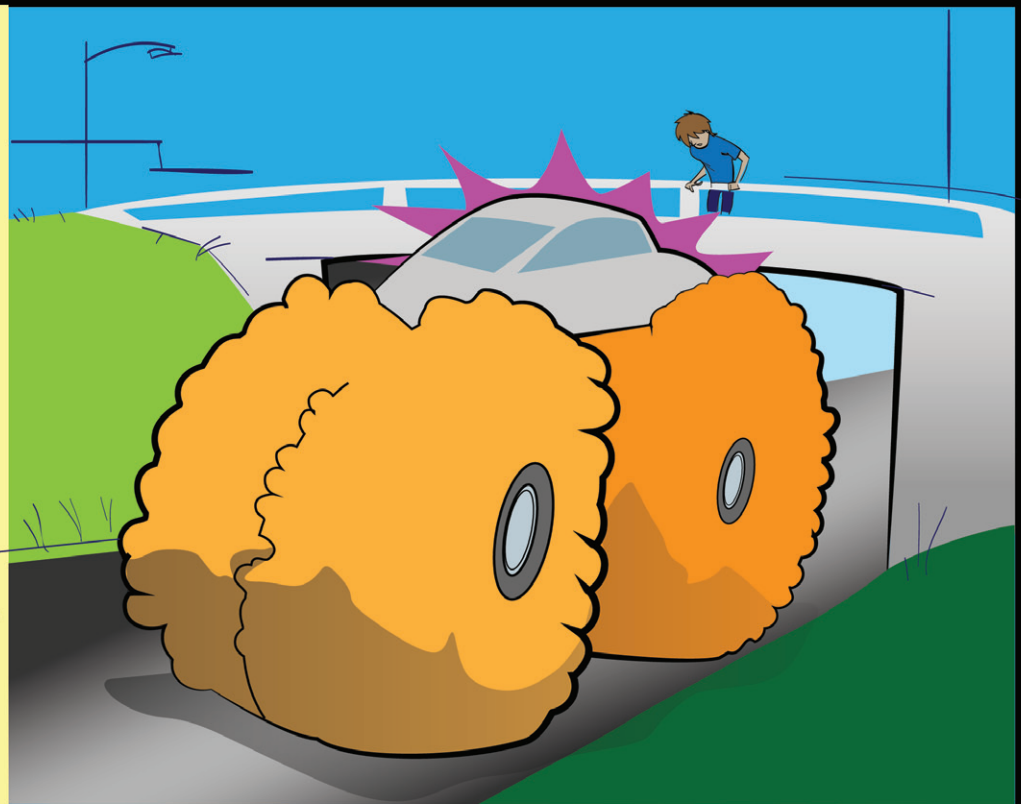
Literatur

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Acrylsäure>
- [2] <http://www.materialsgate.de/de/mnews/12686/Forscher+wollen+Superabsorber+aus+Kohlendioxid+herstellen.de>
- [3] <http://de.wikipedia.org/wiki/Superabsorber>
- [4] US-Patent 5314420, publ. 24.05.1994
- [5] Sicherheitsdatenblatt für quervernetztes Natriumpolyacrylat nach EG/1907/2006 vom 16.03.2011 der Evonik Industries
- [6] Evonik Industries, „Mit FAVOR©-Superabsorbentern experimentieren“, Krefeld
- [7] <http://derstandard.at/1277338376321/Superabsorber-Mehr-Mangos-weniger-Wasser> (21.07.2010)
- [8] <http://www.rtl2.de/55832.html>, „Welt der Wunder“
- [9] Zohuriaan-Mehr, M. J. u.a., „Advances in non-hygienic application of superabsorbent hydrogel materials“, J. Mater. Sci., 45 (2010) 5711-5735

Das ist die neueste Entwicklung der Reifenindustrie: Autoreifen mit integrierten Superabsorbent. Damit fährt man praktisch immer sicher, weil es nur über trockene Straßen geht.



Ein Problem muss aber noch gelöst werden: Der Umfangszuwachs führt derzeit noch dazu, dass bei Regen die Autos unter Brücken hängen bleiben...



Die Geheimnisse des Goldes

Goldkatalysatoren mit verblüffenden Eigenschaften

A. Stephen K. Hashmi, Universität Heidelberg

Gold ist ein einzigartiges Element, das die Menschen von jeher fasziniert. Augenfällig ist Gold als Schmuck und Zahlungsmittel, doch auch in Mobiltelefonen und Computern ist das edle Metall versteckt. Wer aber weiß, dass zu den Geheimnissen des Goldes auch katalytische Eigenschaften zählen? Möglicherweise lassen sich Goldkatalysatoren bald in vielfältiger Weise zur Umwandlung von Stoffen nutzen, beispielsweise um neuartige Medikamente herzustellen – ein Beitrag im internationalen Jahr der Chemie.

Gold fasziniert die Menschen. Und das schon seit sehr langem, wie Funde aus prähistorischer und frühgeschichtlicher Zeit beweisen. Auch Sagen, wie die von König Midas, der sich wünschte, dass alles, was er berühre, zu Gold werde, und dem sein Wunsch zum Fluch wurde, oder die Legende vom Schatz der Nibelungen, belegen die sprichwörtliche Faszination des Goldes. In den Naturwissenschaften sind wichtige Meilensteine mit Gold verbunden. So bereiteten die Alchemisten mit ihren Versuchen, Gold herzustellen, letztlich der Chemie als Naturwissenschaft den Weg.

Gold ist selten. In der uns zugänglichen Erdkruste und der Wasserhülle des Planeten finden sich lediglich 0,0000005 Massenprozent (0,005 ppm). Seine Seltenheit macht Gold zum idealen Zahlungsmittel, denn anders als beispielsweise grün gefärbte Geldscheine ist es nicht beliebig



Abbildung 1: Gold ist Schmuck, Zahlungsmittel – und mehr..

Der Autor

A. Stephen K. Hashmi ist Professor am Organisch-Chemischen Institut der Universität Heidelberg. Er studierte Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München, im Jahr 1991 arbeitete er als Postdoktorand an der Stanford University. Die Arbeiten zur Habilitation erfolgten an der Freien Universität Berlin und den Universitäten von Frankfurt und Wien; Lehr- und Forschungsaufgaben übernahm Stephen Hashmi an der University of Tasmania und der Universität Marburg. Im Jahr 2001 erhielt Stephen Hashmi eine Professur an der Universität Stuttgart, 2007 wechselte er nach Heidelberg. Für seine Pionierarbeiten auf dem Gebiet der homogenen Goldkatalyse wurde Stephen Hashmi jüngst mit dem mit 150.000 Euro dotierten „Hector-Forschungspreis“ ausgezeichnet.



vermehrbar. Die Karriere des Goldes als Zahlungsmittel begann mit den ersten Goldmünzen in Ägypten etwa 3400 Jahre v. Chr.; was folgte war die Eroberung ganzer Kontinente und diverse „Goldräusche“, die nach Gold suchende Menschen in die entlegensten Gebiete unseres Planeten führten.

Heute erlebt das Edelmetall eine Renaissance, findet doch derzeit eine nie zuvor beobachtete Flucht der Kapitalmärkte in das „sichere“ Gold statt (Abbildung 1). Diese Flucht – und nicht etwa eine größere Nachfrage nach goldenen Ringen und Ketten, gestiegene Förderkosten oder neue Anwendungen – hat dazu geführt, dass sich der Goldpreis in der letzten Dekade verdreifacht hat.

Offen sichtbar ist die Anwendung von Gold in Form von Schmuck. Weitere große, aber vergleichsweise „versteckte“ Anwendungen finden sich in der Galvanik, in der Mikroelektronik und Medizintechnik. Im letzten Jahrzehnt hat sich zu diesen Anwendungen die „homogene Goldkatalyse“ hinzugesellt – die durch lösliche Goldverbindungen ermöglichte Veränderung von Stoffen.

Vier Nobelpreise für die Katalyseforschung in der letzten Dekade

Die Katalyse ist eine chemische Schlüsseldisziplin, die aufgrund intrinsischer Eigenschaften wie einer verbesserten Selektivität und Energieeffizienz den Anforderungen einer nachhaltigen ressourcen- und energieschonenden Chemie des 21. Jahrhunderts entspricht.

Die Bedeutung der Katalyse wird von der Tatsache unterstrichen, dass nicht weniger als vier Chemienobelpreise in den letzten zehn Jahren für Errungenschaften in der Katalyseforschung vergeben wurden (Nobelpreise für Chemie 2001, 2005, 2007 und 2010).

Die ersten zaghaften Untersuchungen auf dem Feld der Goldkatalyse unternahm der berühmte englische Naturforscher Michael Faraday. Nach ihm hat sich lange Zeit kaum mehr ein Forscher der Goldkatalyse angenommen. Erst unsere Arbeiten aus dem Jahr 2000 entfachten wieder einen Boom (Abbildung 2). Ganz allgemein aktivieren Goldkatalysatoren Kohlenstoff-Kohlenstoff-Mehrfachbindungen für die Addition von einem Nucleophil, einem Molekül mit einem freien Elektronenpaar. Ein Nucleophil kann beispielsweise Wasser, aber auch eine viel komplexere Verbindung sein.

Sind Goldkatalysatoren abwesend, erfolgt meist keine Reaktion: Andere Metalle sind als Katalysatoren für diese Reaktionen entweder deutlich weniger oder gar nicht aktiv. Der Begriff Aktivität bezieht sich auf die Geschwindigkeit der Reaktion, die mit physikalischen Messmethoden, beispielsweise mit der Infrarot- oder Kernresonanz-Spektroskopie, bestimmt werden kann. Diese Methoden liefern quantitative Daten, deren zeitlicher Verlauf es ermöglicht, die Reaktionsgeschwindigkeit direkt zu bestimmen.

Dabei zeigt sich, dass Goldkatalysatoren anderen Katalysatoren in vielen Reaktionen hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit um mehrere Größenordnungen überlegen sind – eine tausendfach höhere Reaktionsgeschwindigkeit ist nicht selten. Häufig wird die höhere Geschwindigkeit der Goldkatalysatoren ergänzt von ihrer deutlich besseren Selektivität. Infolgedessen werden viel weniger unerwünschte Nebenprodukte gebildet, was Abfälle vermeidet und Ressourcen schont.

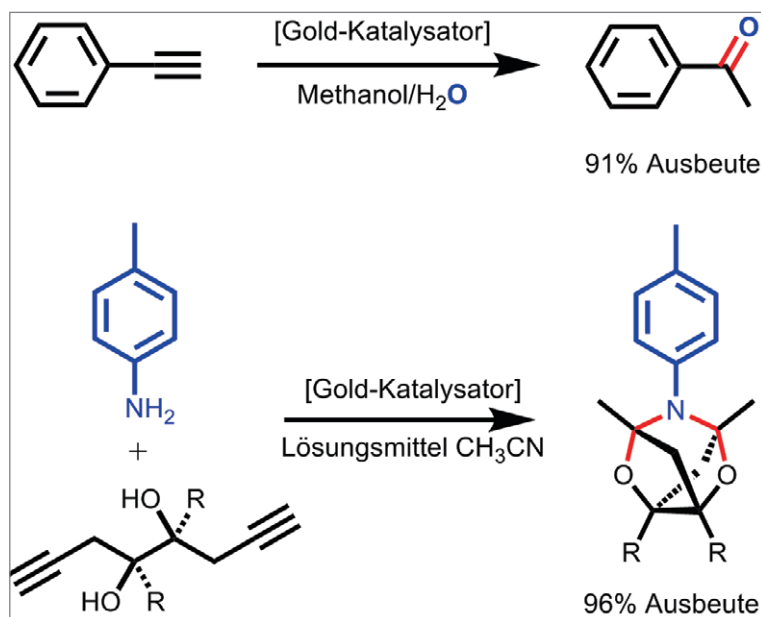


Abbildung 2: Eine der ersten Anwendungen der Goldkatalyse war die Addition von Wasser an Alkine mit ihren Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen. Heute werden auch Reaktionen mit deutlich größerer molekularer Komplexität untersucht.

Relativistische Effekte von Bedeutung

Und genau hier beginnen die Herausforderungen: Es ist ein Leichtes, die Reaktionsgeschwindigkeit von Goldkatalysatoren zu messen; die Frage aber, warum Goldkatalysatoren anderen Katalysatoren so haushoch überlegen sind, ist mit den Mitteln der experimentellen Chemie nicht zu beantworten. Diese Antwort kann nur die theoretische Chemie geben. Die Untersuchungen erfordern besondere Methoden, weil spezielle und schwierig zu berücksichtigende Eigenschaften – die relativistischen Effekte – beim Gold ein Maximum erreichen.

Die relativistischen Effekte verdanken ihren Namen folgendem Phänomen: Bestimmte „innere“ (energetisch tiefliegende) Elektronen des Goldes bewegen sich aufgrund der hohen Kernladung des schweren Elements – 79 Protonen und 118 Neutronen im Kern – fast mit Lichtgeschwindigkeit. Da die Lichtgeschwindigkeit nicht überschritten werden kann, erfahren die Elektronen zur Aufnahme einer zusätzlichen kinetischen Energie nach der Einstein'schen Relativitätstheorie $E = mc^2$ einen Massenzuwachs. Makroskopisch – also für uns direkt erfassbar – spiegelt sich dieser quantenmechanische Effekt beispielsweise im ungewöhnlichen goldgelben Glanz des Goldes. Die meisten anderen Metalle sind grau- bis silberfarbig.

Die relativistischen Effekte sind mit den normalen theoretischen Methoden der Computerchemie nicht erfassbar. Verwendet man aber

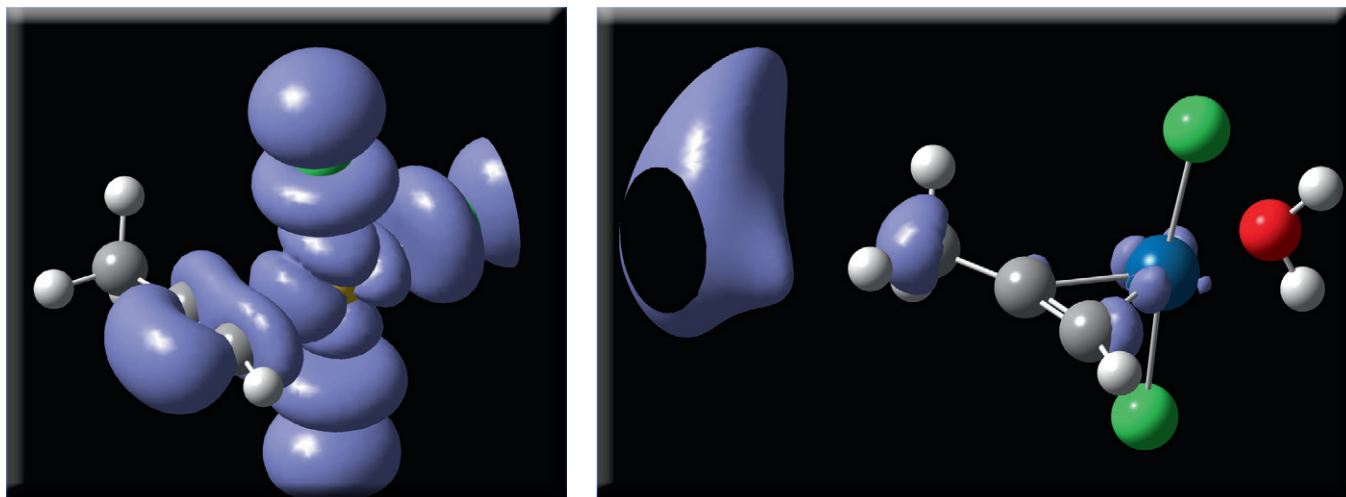
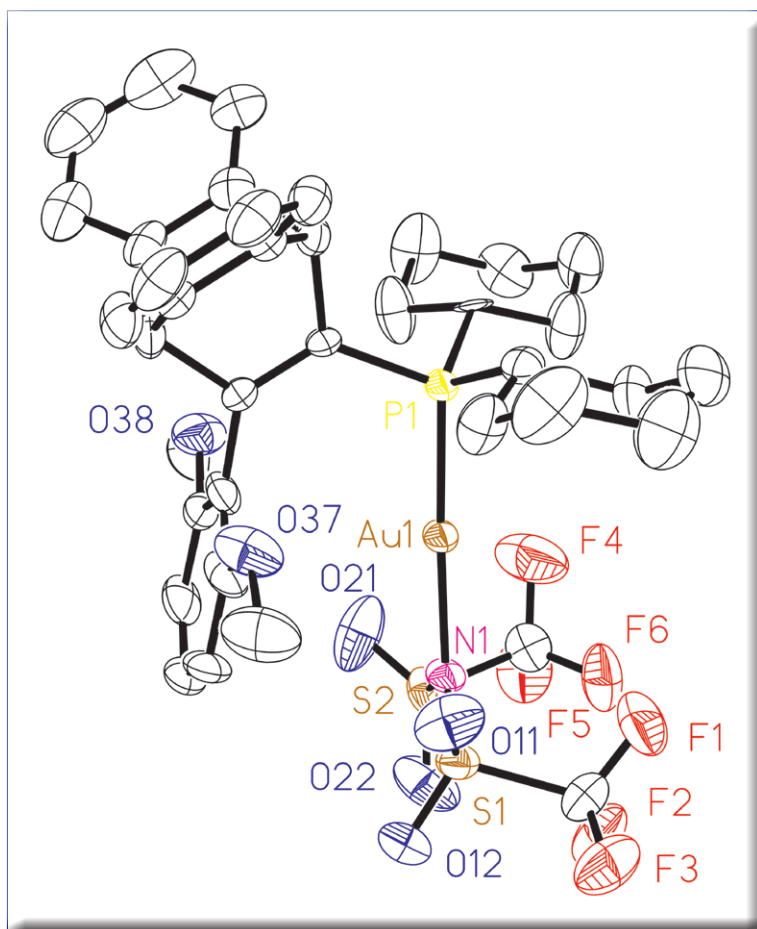


Abbildung 3 und 4: Das räumliche Modell links zeigt das entscheidende Orbital für den Angriff eines Moleküls mit einem freien Elektronenpaar (Nucleophil) wie Wasser an ein Alkin, das durch den Gold-Katalysator aktiviert wurde. Das Orbital ist deutlich ausgeprägter als das entsprechende Orbital des chemisch nahe verwandten Platins (Molekülmodell rechts).

Abbildung 5: Die molekularen Strukturen homogener Gold-Katalysatoren und ihre Packung im Festkörper lassen sich durch Röntgen-Kristallstrukturanalyse bestimmen.



besonders aufwendige Rechenmethoden – sogenannte vollrelativistische Methoden – kann auch für Gold die elektronische Struktur der beteiligten Goldspezies genau untersucht werden. Wenn man nun die elektronischen Eigenschaften der entscheidenden Zwischenstufe – der oben genannten Addition von Nucleophilen – vergleicht, zeigt sich, dass das für den nucleophilen Angriff wichtige Orbital beim Gold deutlich größer ausgeprägt ist als bei den anderen Metallen (Abbildungen 3 und 4). Da das Nucleophil ein Elektronenpaar für die Ausbildung der neuen Bindung mitbringt, ist dieses Orbital das niedrigste unbesetzte Molekülorbital („LUMO“ = engl. Lowest Unoccupied Molecular Orbital).

Eine andere wichtige Frage gilt der Struktur und Stabilität der Goldkatalysatoren. Typischerweise werden bei der homogenen Goldkatalyse Verbindungen eingesetzt, die ein Goldatom im Zentrum haben. Die Struktur solcher Verbindungen kann man sehr gut durch Röntgenbeugungs-Untersuchungen an Einkristallen beweisen (Abbildung 5). Sie ermöglichen gewissermaßen ein „molekulares Polaroidfoto“ der jeweiligen Verbindung. Die Methode geht zurück auf Max von Laue sowie Henry und William Bragg (Nobelpreise für Physik 1914 und 1915). Dank ihrer Methode ist für jede homogene Katalyse genau bekannt, in welcher Form das Gold zugegeben wird. Sie erlaubt es auch, strukturelle Parameter der Verbindungen wie Bindungslängen und -winkel präzise anzugeben.

Diese Kenntnisse sind essenziell, um die Katalysatoreigenschaften zu optimieren. Als besonders aktiv erkannte Leitstrukturen können gezielt verändert werden: Variationen der sterischen und elektronischen Eigenschaften der Liganden – also der organischen Moleküle, die zur Stabilisierung an Gold gebunden sind – führen zu noch

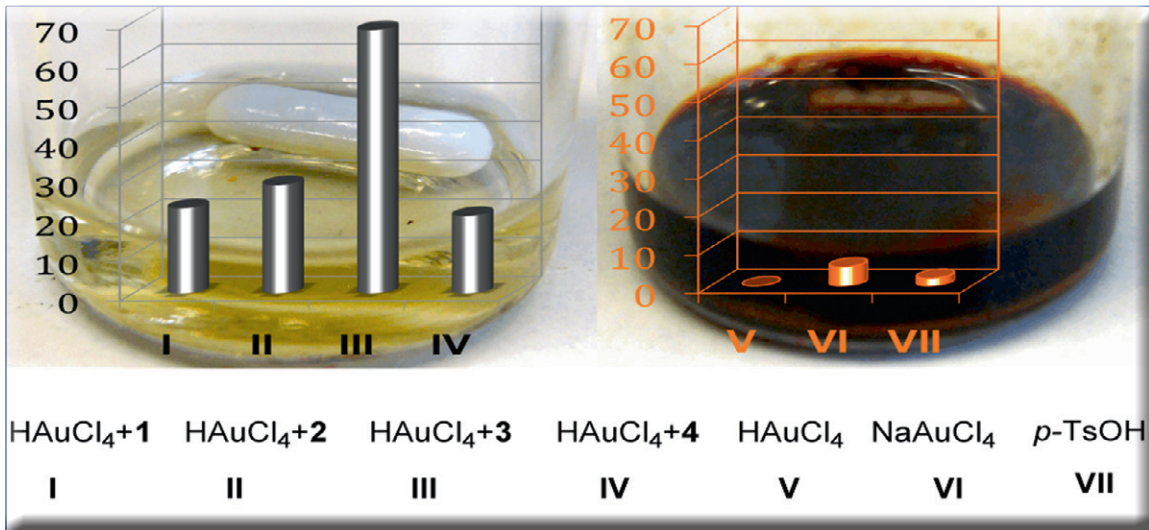


Abbildung 6: Glasgefäße zeigen die dunklen Niederschläge bei der Zersetzung von Metall-Katalysatoren sofort an.

aktiveren und noch selektiveren Katalysatoren. Alle diese Aspekte der Katalysatorforschung tragen zum Umweltschutz bei.

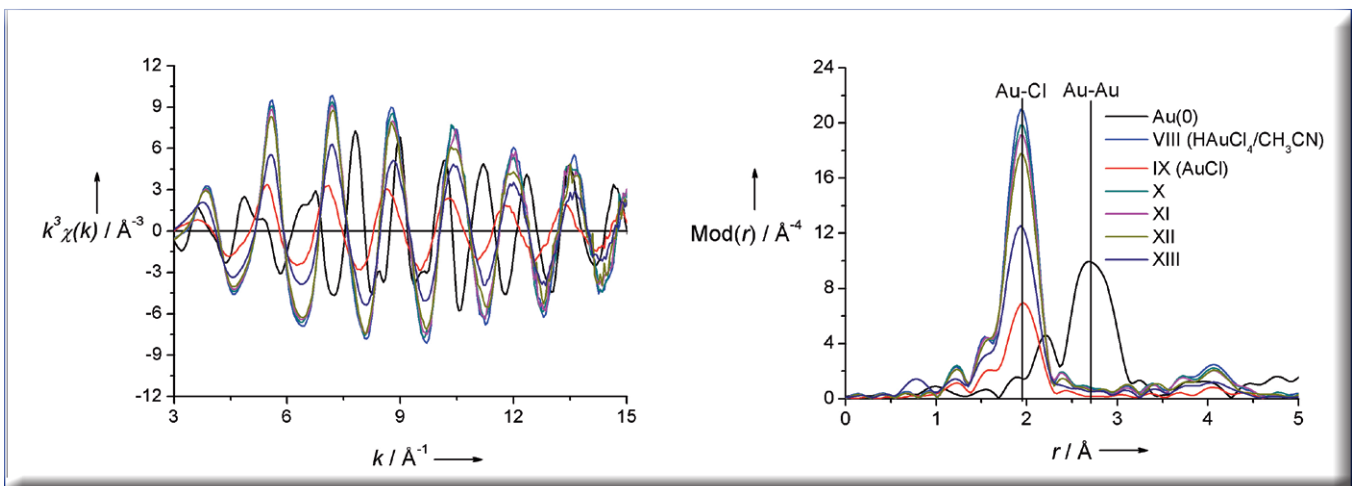
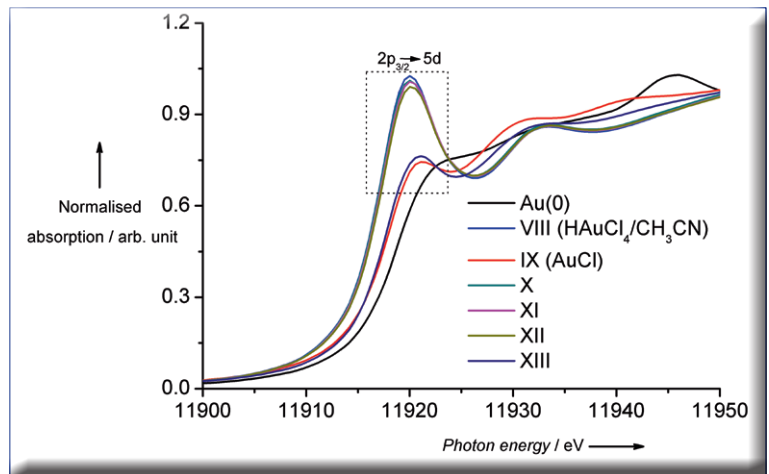
Von anderen Metallkatalysatoren ist bekannt, dass sie unter bestimmten Reaktionsbedingungen größere Strukturen mit mehreren Goldatomen bilden, die letztlich für die katalytischen Umsetzungen verantwortlich sind. Dies können mehrkernige Komplexe mit mehreren Goldatomen sein, die Liganden tragen. Oder es kann sich um Nanopartikel handeln – nanometerkleine Teilchen, in denen die meisten Goldatome von anderen Goldatomen umgeben sind.

Als besonders relevant erwies sich dieser Unterschied bei der Untersuchung homogener goldkatalysierter Oxidationsreaktionen. Bei den meisten dieser Reaktionen treten bereits nach kurzer Zeit gut sichtbare, dunkel gefärbte Niederschläge auf (Abbildung 6) – ein sicherer Beleg dafür, dass größere Partikel metallischen Goldes abgeschieden wurden und ein Zeichen für den Übergang zu heterogenen, unlöslichen Katalysatoren. Nach einiger Optimierungsarbeit konnten Liganden für das Gold gefunden werden,

bei denen während der gesamten Reaktion keine sichtbaren Niederschläge auftreten.

Der visuelle Eindruck indes reicht als wissenschaftliches Indiz nicht aus. Hier helfen weitere physikalische Meßmethoden: Die EXAFS- („Ex-

Abbildungen 7 und 8: Typische EXAFS- (ganz unten) und XANES-Spektren (unten) verschiedener Gold-Spezies.



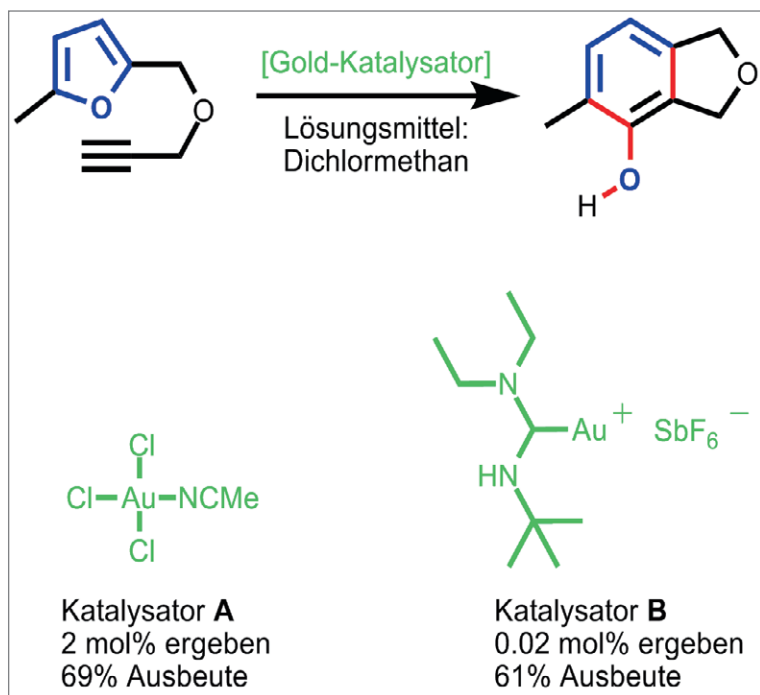


Abbildung 9: In der oben gezeigten Reaktion konnte die Goldverbindung mit drei simplen Chloratomen (Katalysator A) als Liganden nur etwa 35 Produktmoleküle pro Goldatom bilden. Dazu waren 2 mol% Katalysator notwendig. Mit dem Katalysator B hingegen konnten mit einem anderen, viel komplexeren Liganden 3050 Produktmoleküle pro Goldatom hergestellt werden. Es genügten 0,02 mol% Katalysator.

tended X-ray Absorption Fine Structure“) und die XANES-Spektroskopie („X-ray Absorption Near Edge Structure“), die Röntgenstrahlen mit Energien unter 1000 Elektronenvolt nutzen (Abbildungen 7 und 8). Diese sehr aufwendigen, nur an einem Synchrotron durchführbaren Messungen erfolgen in Kooperation mit den Universitäten von Stuttgart, Manchester und Zürich; die Geräte stehen am Forschungszentrum Karlsruhe, in Oxford und Grenoble.

Die Messungen zeigen deutlich die Umgebung des Goldatoms. Wenn sich neben dem Goldatom ein weiteres Goldatom befände, wäre ein bestimmtes, deutlich sichtbares Signal zu erwarten. Führt man nun aber die Katalysereaktion an der „Beamline“ – einem Fenster für die Strahlung – im Röntgenlicht eines Synchrotrons durch und misst die EXAFS- und XANES-Spektren der laufenden Katalysereaktion, findet man keinerlei Hinweise für die Präsenz von Katalysatoren mit zwei oder mehr benachbarten Goldatomen. Das bedeutet: Aktive Katalysatormoleküle müssen nur ein Goldatom enthalten. Damit war erstmals der Beweis erbracht, dass Oxidationen mit homogenen Goldkatalysatoren bewirkt werden können, die nur ein einziges Goldatom besitzen.

Auf dem Weg zum experimentellen Beweis

Wenn sich ein Nucleophil an die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung eines Alkins anlagert, entsteht eine Vinylgold-Spezies. Dabei handelt es sich um eine metallorganische Verbindung, in der das Goldatom an eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung gebunden ist. Zehn Jahre lang wurden diese Reaktions-Zwischenstufen diskutiert und berechnet – was aber ausblieb, war der direkte experimentelle Beweis.

Mit der Auswahl maßgeschneiderter Liganden für das Gold und der Kontrolle des pH-Wertes mithilfe zugesetzter Basen gelang es, eine allgemeine Methode zur Synthese dieser Verbindungen zu entwickeln. Es gelang zudem – abermals durch Röntgenbeugungs-Methoden an sorgfältig gezüchteten Einkristallen – die genaue Struktur dieser Zwischenstufen zu ermitteln; begleitend konnten präzise Berechnungen zur Elektronenstruktur erfolgen. Auch die dadurch erreichten Einblicke sind unerlässlich, um zu verstehen, wie Goldkatalysatoren arbeiten. Dieses Wissen ist auch die Voraussetzung, um Goldkatalysatoren gezielt weiterzuentwickeln und zu optimieren (Abbildungen 9 und 10).

Dank der beschriebenen Untersuchungen war nun bekannt, welche Struktur die Goldkatalysatoren haben, wie sie die umzusetzenden Moleküle aktivieren, ob sie sich während der Reaktionen zersetzen und welche Zwischenstufen durchlaufen werden. Ein Katalysator wird typischerweise in kleinen Mengen verwendet, was möglich ist, weil sich im Katalysekreislauf stets dieselbe Folge an Reaktionsschritten wiederholt. Um den Kreislauf zu schließen, ist meist ein abschließender Schritt, die „Protodesaurierung“, notwendig: Das Wiederfreisetzen des aktiven Goldkatalysators aus dem Intermediat durch ein aus dem Substrat stammendes Proton.

Dazu muss das Proton oft von einem entfernten Ende der Zwischenstufe an diejenige Position gelangen, an der das Gold gebunden ist. Diese räumliche Verschiebung verläuft meist sehr schnell. Deshalb war es schwierig, die Goldzwischenstufen aufzuspüren und zu charakterisieren. Wenn man nun versucht, diesen Reaktionsschritt mittels Computerchemie zu berechnen, stößt man auf Schwierigkeiten: Es werden viel zu hohe Aktivierungsenergien ermittelt. Hohe Aktivierungsenergien aber sind gleichbedeutend mit niedrigen Reaktionsgeschwindigkeiten – also langsam ablaufenden Prozessen. Die Berechnungen stimmten in keiner Weise mit den im Experiment ermittelten hohen Reaktionsgeschwindigkeiten überein. Letztere wiederum sind gleichbedeutend mit niedrigen

Aktivierungsenergien – also schnell ablaufenden Prozessen.

Das Problem lässt sich lösen, wenn man das Reaktionsmedium berücksichtigt: Viele Metallkatalysatoren sind empfindlich gegenüber Luftsauerstoff und Wasser; das edle, nicht leicht oxidierbare Gold hingegen hat weder mit Sauerstoff noch mit Wasser Probleme. Daher wird bei den meisten goldkatalysierten Reaktionen nicht auf den Ausschluss von Feuchtigkeit geachtet – das Reaktionsmedium enthält immer auch Wasser. Wenn man nun auch nur ein kleines Wasser-Cluster aus fünf Wassermolekülen als „Brücke“ für die Protonen („Proton-Shuttle“) in die Berechnungen einbezieht, sinkt die Aktivierungsenergie in den Berechnungen auf realistische Werte, die mit den experimentell bestimmten Kinetik-Daten besser übereinstimmen. Das bedeutet: Goldkatalysatoren tolerieren nicht nur Wasser – Wasser spielt bei ihnen häufig eine wichtige Rolle.

Anwendung in Pharmazie

Die in diesem Beitrag vorgestellten Resultate zeigen, wie weit die Wissenschaft schon auf dem Weg zum Verständnis der Katalyse mit Gold gekommen ist. Neben dem intellektuellen Interesse, die Chemie dieses einzigartigen Elements zu verstehen, ist ein besseres Verständnis der Goldkatalyse auch für zukünftige Anwendungen essenziell: In jüngster Zeit wird nicht nur in der Grundlagenforschung, sondern auch in der

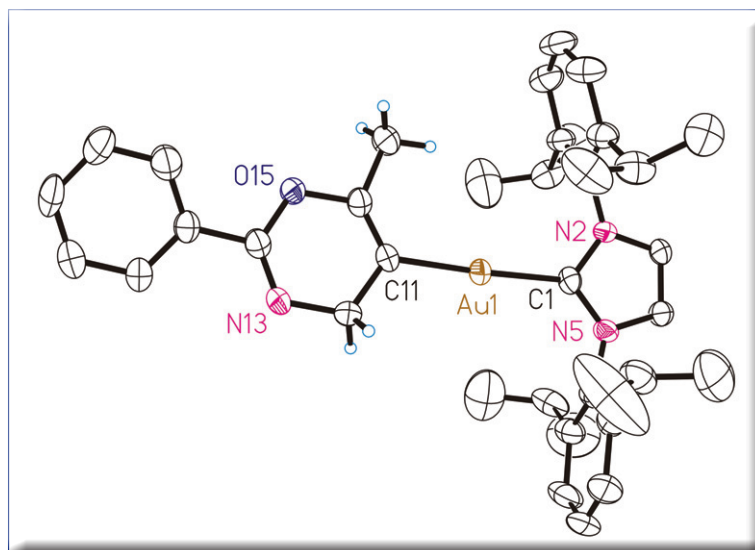


Abbildung 10: Die Bindungslängen der beiden Gold-Kohlenstoff-Bindungen sind sehr ähnlich. Aufgrund der elektronischen Gegebenheiten ist jedoch nur das linke Kohlenstoffatom (C11) der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung im nächsten Katalyseschritt reaktiv, das rechte Kohlenstoffatom (C1) aus dem Liganden dagegen nicht. Letzteres ist äußerst wichtig für eine lange Lebensdauer des Katalysators.

Chemischen Industrie verstärkt an der Goldkatalyse gearbeitet. Dabei stehen vor allem die Bemühungen pharmazeutischer Firmen im Vordergrund, deren Ziel es ist, das große Potenzial der Goldkatalysatoren zu nutzen, um neuartige Arzneimittel herzustellen. **CLB**

Bedeutung von Katalysatoren

Katalysatoren kommen in der Natur in vielfältiger Weise vor. In Lebewesen laufen fast alle lebensnotwendigen chemischen Reaktionen katalysiert ab (z. B. bei der Photosynthese, der Atmung oder der Energiegewinnung aus der Nahrung). Die verwendeten Katalysatoren sind meist bestimmte Eiweiße, die Enzyme. Die Herabsetzung der Aktivierungsenergie durch Katalysatoren ist bei chemischen Reaktionen von großer kommerzieller Bedeutung. In mehr als 80 % aller chemischen industriellen Prozesse werden Katalysatoren eingesetzt. Ohne die Anwesenheit des Katalysators würde die jeweilige chemische Reaktion sehr viel langsamer oder gar nicht erfolgen. Deshalb sind Katalysatoren heutzutage kaum noch aus der Chemietechnik wegzudenken. Derzeit wird geschätzt, dass etwa

80 % aller chemischen Erzeugnisse eine katalytische Stufe in ihrer Wertschöpfungskette durchlaufen. Entstehen bei Reaktionen mehrere Produkte, spielt die Selektivität eines Katalysators eine sehr wichtige Rolle. Dabei wird der Katalysator so gewählt, dass nur diejenige Reaktion beschleunigt wird, die das erwünschte Produkt erzielt. Verunreinigungen durch Nebenprodukte werden so weitgehend vermieden. Aus der Sicht des Umweltschutzes wird durch den Einsatz von selektiven und aktiven Katalysatoren in der Regel Energie eingespart und die Menge an Nebenprodukten reduziert. Nicht minder bedeutsam für unsere Umwelt ist aber auch die Abgasnachbehandlung in der industriellen Produktion oder in Elektrizitätswerken.

EU-Kommission genehmigt Süßstoff Stevia

Vier Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht gelten als unbedenklich

Am 14. November genehmigte die EU-Kommission in Brüssel die Verarbeitung von Steviolglycosiden in Lebensmitteln. Im Sommer hatten die Mitgliedsstaaten dieser Genehmigung der Süßstoffe zugestimmt, die alle unter dem Namen „Stevia“ firmieren. Laut EFSA (European Food Safety Authority, die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) ist die Substanzklasse in Lebensmitteln unbedenklich. Die Süßstoffe werden aus den Blättern der in Paraguay wachsenden Pflanze *Stevia rebaudiana* gewonnen. Die Substanzen sind bis zu 300 Mal süßer als Zucker – ohne dem Körper als Brennstoff zu dienen, ohne die Kariesentstehung zu begünstigen; auch für Diabetiker sind die Stoffe geeignet.

Stevia ist ein aus der Pflanze *Stevia rebaudiana* („Süßkraut“, auch „Honigkraut“) gewonnenes Stoffgemisch, das als Süßstoff verwendet wird. Entdeckt wurde die Pflanze, die als Staude im Gebiet der Amambai-Bergkette im paraguayisch-brasilianischen Grenzgebiet wächst, im Jahre 1887 von dem Schweizer Botaniker Moises Giacomo Bertoni; er gab ihr 1905 den Namen *Stevia rebaudiana* Bertoni. Der Zusatzname ehrt den Chemiker Dr. O. Rebaudi aus Paraguay. Er extrahierte als erster Süßstoffe aus Stevia-Blättern. Ohne Frosteinwirkung ist die Pflanze in Paraguay vier bis sechs Jahre nutzbar. Aus fünf Tonnen Stevia, die sich in Folientunneln aus einer Anbaufläche von einem Hektar ernten lassen, können 300 Kilogramm 60 kg Stevisoid extrahiert werden.

Stevia besteht hauptsächlich aus diesem Diterpenglycosid Steviosid, das etwa sechs bis 18 Prozent der Trockenmasse der Blätter ausmacht, sowie Rebaudiosid A (zwei bis vier Prozent). Steviolglycoside sind als E 960 in der EU ab 2. Dezember 2011 als Lebensmittelzusatzstoffe zugelassen.

Die Hauptsüßkraft geht von Steviosid aus. Dies weist gegenüber einer 0,4-prozen-

tigen Saccharose-Lösung eine 300-fache Süßkraft auf, und gegenüber einer zehnpromtigen Saccharose-Lösung ist die Süßkraft immer noch hundert Mal stärker. Andere süße Bestandteile sind Steviolbiosid, Rebaudiosid A, C, D, E und F sowie Dulcosid A.

Die für die Süßwirkung wichtigsten vier Steviolglycoside sind: Steviosid, Rebaudiosid A, Rebaudiosid C und Dulcosid A. Es ist bekannt, dass Rebaudiosid A die besten sensorischen Eigenschaften aller vier Hauptglycoside aufweist: es ist am süßesten und nur wenig bitter.

Steviosid weist ein tetracyclisches ent-Kauran-Diterpen-Grundgerüst auf, dessen Carboxygruppe an C-18 mit der 1 β -Hydroxygruppe einer D-Glucopyranose verestert ist, während die Hydroxygruppe an C-13 glycosidisch mit dem Disaccharid Sophorose (2-O- β -Glucopyranosyl-D-glucose) verknüpft ist. Es lässt sich enzymatisch in das Aglycon Steviol und drei Moleküle Glucose spalten.

Nach Erkenntnissen aus neuen Studien der EFSA vom April 2010 wurde festgestellt, dass Stevia – also alle in Frage kommenden Steviolglycoside – weder genotoxisch noch krebserregend ist und auch keine negativen Auswirkung auf die Fruchtbarkeit und Fortpflanzungsorgane des Menschen hat. Das Steviolglycosid führt bei Hamstern bei der mittleren letalen Dosis von 5,2 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht (wohl gemerkt: Gramm!) zu akutem Nierenversagen, da diese einen anderen Stoffwechsel als Menschen haben. Aus einer zweijährigen Studie zur Untersuchung einer möglichen Toxizität und Kanzerogenität von Steviosid bei Ratten wird eine

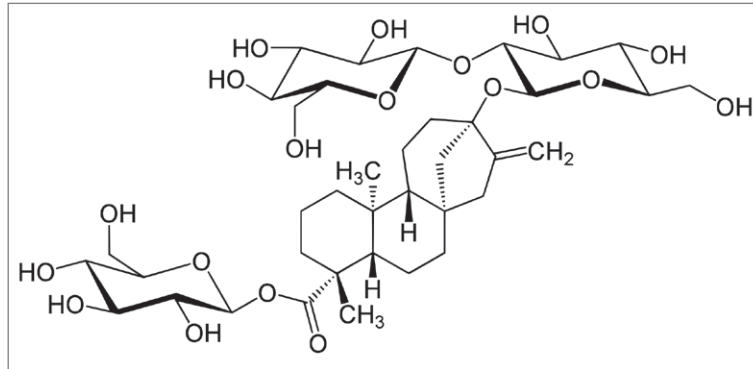
So sieht Stevia rebaudiana aus (Foto: Ethel Aardvark).



erlaubte Tagesdosis (ADI) für Menschen von 7,9 Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht als sicher angesehen. Im Juni 2008 hat das Expertenkomitee für Lebensmittelzusatzstoffe der WHO/FAO (JECFA) einen ADI-Wert für Steviosid von vier Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht als unbedenklich festgelegt.

Die europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit hat Stevia nur mit Einschränkungen freigegeben. So darf der Stoff nur bei bestimmten Produktkategorien wie Limonaden, Marmeladen oder Kaugummi eingesetzt werden. Legt man dann noch den 4 mg/kg Körpergewicht-Grenzwert auf die einzelnen Produktkategorien um – und zwar so, dass auch Kinder lebenslanglich davon konsumieren können – ergeben sich verschiedene Höchstwerte. Die EFSA errechnet diese anhand einer Datenbank, die die üblichen Verzehrmenngen der einzelnen Produkte ersichtlich macht. So wird dann klar: Stevia wird Zucker nicht ersetzen.

Dennoch setzt die Industrie auf den neuen Süßstoff. „Wir hatten uns frühzeitig auf eine positive EFSA-Bewertung zu Stevia als sicherem Lebensmittelzusatzstoff eingestellt und mit Hochdruck an unserem Sunwin Stevia-Portfolio gearbeitet“, erklärte beispielsweise Michael Ponder, CEO der WILD Flavors GmbH. Die von der Schweizer Firma mit Sitz in Zug (die Muttergesellschaft befindet sich in Eppelheim bei Heidelberg) entwickelte eine „Taste Optimization Technology“. Sie bietet so Komplettlösungen für eine breite Palette an Stevia-gesüßten Getränken und Lebensmitteln an. Die Technologie ermögliche es, den charakteristischen lakritzartigen und teilweise bitteren Nachgeschmack von Stevia zu eliminieren. Hersteller könnten damit natürlich gesüßte, hervorragend schmeckende Pro-



Strukturformel von Steviosid.

dukte auf den Markt bringen: ob Near Water, Teegetränke oder karbonisierte Soft Drinks, ob Hartkaramellen, Kaugummi oder Schokoladenwaren.

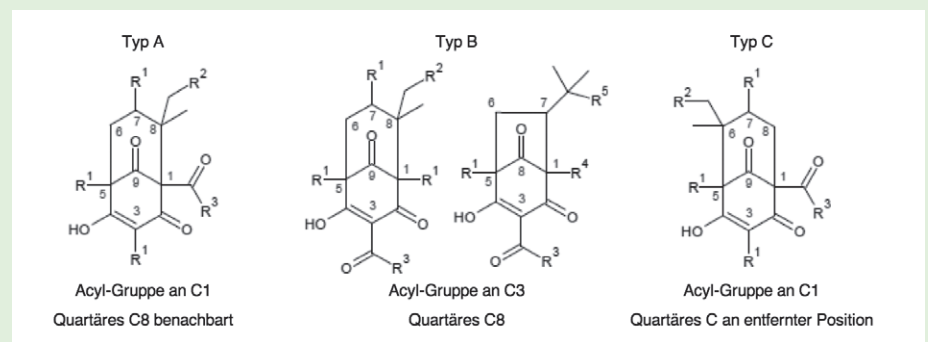
Der neue Süßstoff hat etliche positive Eigenschaften. In Studien konnten blutdrucksenkende, blutzuckersenkende, antimikrobielle und gefäßerweiternde Eigenschaften beobachtet werden. Stevia ist wie oben erwähnt auch für Diabetiker geeignet und erhöht nicht den Blutzuckerspiegel. Es hat eine

plaquehemmende Wirkung und ist darum vorbeugend gegen Karies und damit zahnfreundlich. Es wurde keine Abhängigkeit beobachtet.

Stevia ist als natürlicher Süßstoff in Japan, Russland, Australien, Neuseeland und Brasilien bereits zugelassen; in den USA besitzt er GRAS-Status (Generally Recognized As Safe). Weltweit verwenden aktuellen Schätzungen zufolge bereits rund 150 Millionen Menschen täglich Stevia. RK

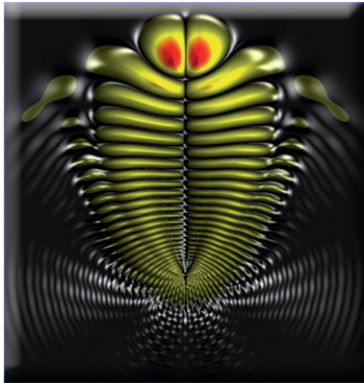
Neue Synthese für polyprenylierte, polycyclische Acylphloroglucine

In den vergangenen zwanzig Jahren hat eine neuartige Klasse von Naturstoffen zunehmend auf Aufmerksamkeit gesorgt: die polyprenylierten, polycyclischen Acylphloroglucine, kurz PPAP. Mehr als 100 Vertreter aus der Naturstoffklasse der PPAP sind bereits bekannt. Die meisten davon wurden aus verschiedenen Pflanzen- und Baumarten der Familie der Clusiaceae isoliert. Sie sind strukturell sehr ähnlich und zeichnen sich durch ein gemeinsames Kohlenstoffgrundgerüst aus, an das fünf unterschiedliche Kohlenstoffseitenketten gebunden sind. Dabei scheinen ausschließlich die Kohlenstoffseitenketten für die exakte biologische Aktivität verantwortlich zu sein. Insofern stellt das Grundgerüst der PPAPs eine neuartige, aus der Natur abgeleitete Leitstruktur dar, die unter Umständen der Wirkstrukturfindung und -optimierung in der pharmazeutischen Industrie neue Impulse geben könnte. Chemiker am Institut für Organische Chemie der Uni Stuttgart konnten erstmals fünf vollkommen unterschiedliche Vertreter dieser Naturstoffklasse mit nur wenigen Reaktionsschritten synthetisieren. Dabei erzielten sie Gesamtausbeuten von sechs bis 24 Prozent. Die Effizienz der PPAP-Synthese haben sie maximiert, indem sie diejenigen Reaktionen, die dem Gerüstaufbau dienen, von denjenigen Reaktionen getrennt haben, durch welche die Kohlenstoffseitenketten eingeführt werden. Dadurch können zukünftig sowohl die über 100 natürlichen PPAP-Vertreter größtenteils synthetisiert werden als auch nicht-natürliche PPAPs.



Nachweis eines speziellen Rydberg-Moleküls

Ladungstrennung in einem Molekül aus zwei gleichen Atomen



Ladungsverteilung eines Rydberg-Moleküls aus zwei gleichen Atomen, das trotz hoher Symmetrie eine räumliche Ladungstrennung aufweist (Abb.: Uni Stuttgart).

Die richtige Auflösung der „Was ist das“-Frage von F&E im Bild (Seite 475) ist Antwort e: Physiker des 5. Physikalischen Instituts der Universität Stuttgart erbringen den ersten experimentellen Nachweis eines Moleküls aus zwei gleichen Atomen, das trotz hoher Symmetrie eine räumliche Ladungstrennung aufweist. Diese Beobachtung widerspricht der klassischen Lehrbuchmeinung.

Ein dipolares Molekül entsteht durch eine Verschiebung des Ladungsschwerpunktes der negativ geladenen Elektronenwolke relativ zum positiven Kern, wodurch ein permanentes elektrisches Dipolmoment auftritt. Üblicherweise ist die Ursache dieser Ladungstrennung eine unterschiedlich starke Anziehungskraft der Kerne unterschiedlicher Elemente auf die negativen Elektronen. Daraus folgt, dass homonukleare Moleküle, also Moleküle aus gleichen Atomen, nach gängigem Verständnis aus Symmetriegründen kein Dipolmoment besitzen.

Anders hier: Bei den in der Gruppe von Prof. Tilman Pfau entdeckten homonuklearen Molekülen mit permanentem Dipolmo-

ment handelt es sich um schwach gebundene Rydberg Moleküle, die erst 2009 erstmals ebenfalls von Pfau erzeugt worden waren.

Die Moleküle setzen sich aus zwei gleichen Atomen des Elements Rubidium zusammen, von denen sich eines in einem hoch angeregten elektronischen Zustand befindet, einem Rydberg-Zustand. Die ungewöhnliche Bindung wird einzig durch das hochangeregte Rydberg-Elektron des angeregten Atoms vermittelt, das am zweiten Atom gestreut wird. Durch die Streuung des Rydberg-Elektrons am gebundenen Atom ändert sich jedoch die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Rydberg-Elektrons leicht, was zu einer Störung der Kugelsymmetrie führt und ein Dipolmoment erzeugt. Aufgrund bisheriger theoretischer Behandlungen wurde kein Dipolmoment erwartet.

Ein normalerweise auftretender Austausch der Anregung zwischen den Atomen, der die Asymmetrie in der negativen Elektronenwolke aufheben würde, wird durch die für zweiatomige Moleküle riesige Größe (1000 mal größer als ein Sauerstoffatom) unterdrückt. Diese Moleküle erreichen nämlich die Größe eines Virus. Die Wahrscheinlichkeit, dass die elektronische Anregung von einem zum anderen Atom übergeht, ist daher so klein, dass sie statistisch nur einmal seit Bestehen des Universums stattgefunden hätte. Als Folge zeigen die homonuklearen Moleküle ein Dipolmoment. Zusätzlich muss die Molekülachse im Raum ausgerichtet sein, um ein gerichtetes Dipolmoment zu erzeugen. Aufgrund seiner Größe rotiert das Molekül so langsam, dass sich das Dipolmoment für einen Beobachter durch die Drehung auch nicht wieder zu null mittelt.

Der experimentelle Nachweis gelang den Stuttgarter Physikern

in einer extrem kalten Atomwolke, indem sie die Energieverschiebung des dipolaren Moleküls im elektrischen Feld laserspektroskopisch gemessen haben. Zusammen mit theoretischen Physikern des Max-Planck-Instituts für Physik komplexer Systeme in Dresden und des Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics in Cambridge, USA, konnte das physikalische Phänomen auch theoretisch bestätigt werden.

Allgemein ist ein Rydberg-Zustand (nach dem schwedischen Physiker Johannes Rydberg, 1854-1919) ein quantenmechanischer Zustand eines Atoms, Ions oder Moleküls, bei dem das äußerste Elektron wesentlich weiter vom Zentrum entfernt ist als im Grundzustand. In Übereinstimmung mit dem Korrespondenzprinzip geht bei großen Quantenzahlen die quantenmechanische Beschreibung des Rydberg-Atoms in die klassische Beschreibung über, tatsächlich kann das Elektron hier in guter Näherung als klassisches Teilchen behandelt werden, wie es beim bohrschen Atommodell zugrundegelegt wird.

Vom Rydberg-Zustand spricht man, wenn in einem Atom das Elektron eine sehr hohe Hauptquantenzahl $n \approx 100$ hat. Dann hat es in Kernnähe – auch im Bereich, wo sich (außer bei Wasserstoff) die anderen (Rumpf-) Elektronen befinden – nur eine sehr geringe Aufenthaltswahrscheinlichkeit, und daher nur geringe Wechselwirkung mit dem Kern und den anderen, weiter innen liegenden Elektronen.

Beim Rydberg-Zustand eines Moleküls ist das äußerste Elektron in einem Molekülorbital, welches aus Atomorbitalen aufgebaut ist, die nicht zur Valenzschale des Moleküls gehören. Rydberg-Atome werden als Bausteine von Quantencomputern diskutiert.

10-Jahres-Strategie: BASF setzt sich ehrgeizige Ziele

Nachhaltigkeit und Innovation als Wachstumstreiber

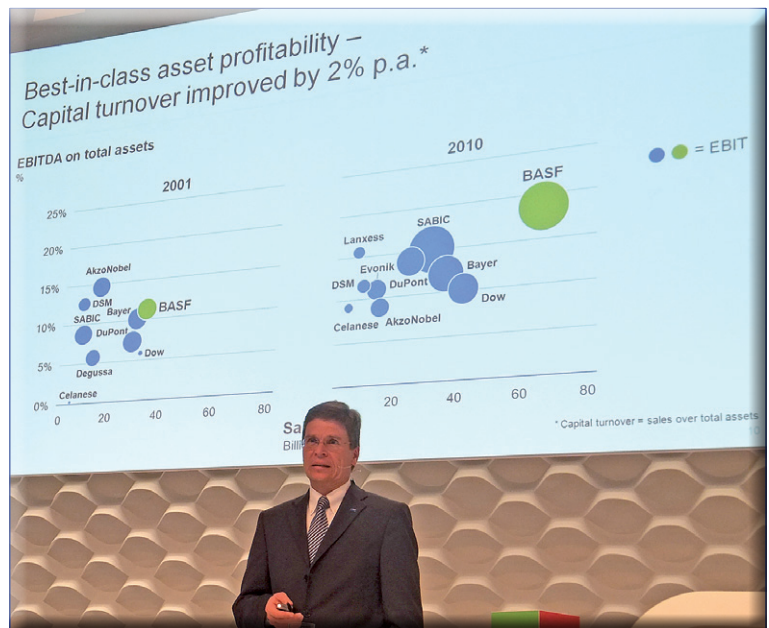
Die BASF will ihre Position als weltweit führendes Chemieunternehmen weiter ausbauen. Den Weg dahin stellte es am 29. November mit seiner weiterentwickelten Strategie „We create chemistry“ vor. In freier Übersetzung bedeutet dieser Werbespruch, dass der Weg von einem reinen Chemikalienhersteller hin zu einem Technologie- und Systemanbieter in der Chemie führen soll. Insgesamt will man „weniger zyklisch“ werden, also zwar die Wertschöpfungschancen von Basischemikalien durch optimierte Verbundproduktion nutzen, aber zudem sich verstärkt den „Functional Solutions“ hinwenden. Die Einzelheiten erläuterten der BASF-Vorstandsvorsitzende Dr. Kurt Bock, der stellvertretende Vorstandsvorsitzende Dr. Martin Bruder Müller und der Finanzvorstand Dr. Hans-Ulrich Engel im Rahmen einer Strategie-Presskonferenz in Ludwigshafen, ein eher seltenes Ereignis.

Bock gab vier Trends an, die bestimmend für die Chemiekonjunktur seien. Demnach erwartet man, dass die Industrieproduktion schneller wächst als das globale Bruttoinlandsprodukt (BIP), und die Chemieproduktion läge nochmals darüber. Grund dafür sei das Wachstum in den sich neu entwickelnden Märkten (Emerging Markets). Zweitens sei die Chemie innovationsgetrieben und biete viele Entwicklungsmöglichkeiten insbesondere in dem Bereich neuer Werkstoffe und ihrer kombinierten Anwendung in kompletten Systemen wie etwa Fahrzeugen (Functional Solutions). Drittens biete gerade die Forderung der Nachhaltigkeit der Chemie Chancen; dies sei ohne Chemie nicht machbar. Und schließlich bildeten große Chemieunternehmen mit Wertschöpfung aus Verbundorien-

tiertes Produktion weiterhin die Eckpfeile der Industrie.

Konkret rechnet die BASF, dass die weltweite Chemieproduktion bis 2020 schneller wächst als das globale BIP. Das Unternehmen geht von einem jährlichen BIP-Wachstum von durchschnittlich drei Prozent aus, das damit etwas höher als in den vergangenen zehn Jahren ist. Der Anstieg der Chemieproduktion wird mit durchschnittlich vier Prozent pro Jahr eingeschätzt.

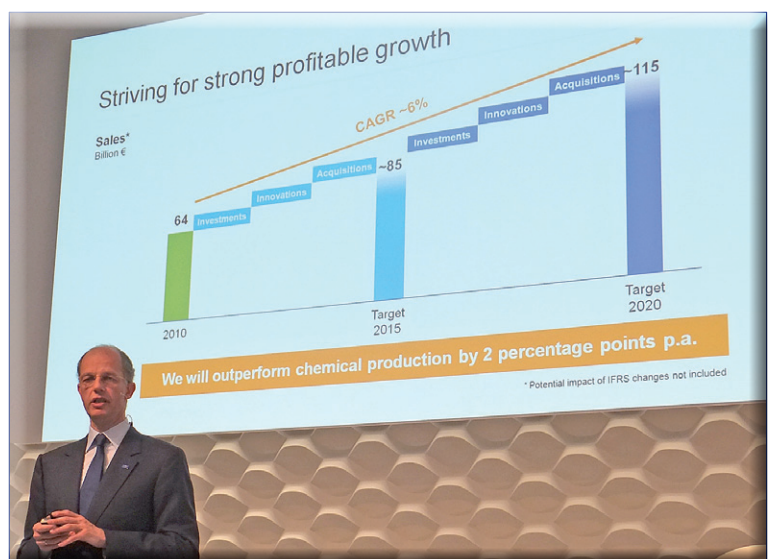
Die Ludwigshafener Manager streben an, weiterhin zwei Prozentpunkte über der globalen Chemieproduktion zu wachsen und damit ein Umsatzwachstum von durchschnittlich sechs Prozent pro Jahr bis 2020 zu erzielen. Insgesamt will die BASF einen Umsatz von rund 115 Milliarden Euro und bei weiterer Stärkung der Ertragskraft ein EBITDA von 23 Milliarden Euro im Jahr 2020 erreichen.



Finanzvorstand Hans-Ulrich Engel verdeutlichte die Profitabilität des Unternehmens in dem vergangenen Jahrzehnt. Selbst Wettbewerber aus dem Nahen Osten mit günstigem Rohstoffzugang hätten dies nicht erzielen können. Die Grafik verdeutlicht gleichzeitig den Wandel in der Landschaft der Chemieunternehmen (Fotos: Kickuth).

Der BASF-Umsatz mit Kunden aus aufstrebenden Wachstumsmärkten hat sich in den zurückliegenden zehn Jahren nahezu verdreifacht und betrug 2010 rund ein Drittel des Gesamtumsatzes

Der Vorstandsvorsitzende Kurt Bock zeigte dann auf, wo es hingehen solle. Er wies aber auch darauf hin, dass anders als die Grafik es vermittele der reale Gang durchaus zu unerwarteten Höhen oder Tiefen führen könne. Man habe aber versucht, in der Vorausschau alle kurzfristigen Einflüsse soweit wie möglich herauszurechnen.





Der innovative und nachhaltige Beitrag der Chemie wird künftig laut besonders auf drei Gebieten entscheidend sein, so der stellvertretende Vorstandsvorsitzende Martin Brudermüller: Rohstoffe, Umwelt und Klima; Nahrungsmittel und Ernährung sowie Lebensqualität. Daraus habe man sieben Kundenbranchen definiert, in denen man wachsen wolle. Die Grafik zeigt die resultierenden Wachstumsfelder.

(ohne Umsätze aus dem Segment Oil & Gas). Für 2020 rechnet das Unternehmen mit einem Umsatzanteil der heutigen Schwellenländer von 45 Prozent. Investitionen werden stark dazu beitragen, das künftige Unternehmenswachstum voran zu treiben. Zwischen 2011 und 2020 plant BASF Investitionen in Sachanlagen von 30 bis 35 Milliarden Euro. Mehr als ein Drittel dieses Betrages soll in Schwellenländern investiert werden.

Der stellvertretende Vorstandsvorsitzende Martin Brudermüller erläuterte, Innovationen der che-

unserer Kunden. Unser Portfolio werden wir daher weiter in Richtung kundennaher Geschäftsfelder ausbauen“, so Brudermüller. 30 Milliarden Euro des Umsatzes und sieben Milliarden Euro des EBITDA sollen 2020 von Innovationen stammen, die weniger als zehn Jahre auf dem Markt sind.

Als Beispiele nannte Brudermüller die Automobilproduktion sowie die Herstellung von Windenergieanlagen. In beiden Fällen ermöglicht der kombinierte und aufeinander abgestimmte Einsatz neuer Materialien Leistungen, die anders nicht

zu erbringen sind. Der Weg dahin geht in enger Kooperation mit den Kunden. Bei Windrädern beziehen sich deren Anforderungen an das BASF-Portfolio beispielsweise auf Epoxidharzsysteme und Klebstoffe sowie Oberflächenbeschichtungen für die Flügel, auf Spezial-Beton für Turm und Fundament sowie auf Getriebeöle. Man erwartet, dass die Zahl installierter Windkraftanlagen bis 2020 um jährlich zehn Prozent wächst. Das sich daraus entwickelnde Marktvolumen bezifferte Brudermüller auf 300 Millionen Euro im Jahre 2020.

„Voraussetzung für Innovationen dieser Art sind ein umfassendes Portfolio, interdisziplinäre Zusammenarbeit und ein tiefes Verständnis für die Wertschöpfungsketten

„Voraussetzung für Innovationen dieser Art sind ein umfassendes Portfolio, interdisziplinäre Zusammenarbeit und ein tiefes Verständnis für die Wertschöpfungsketten

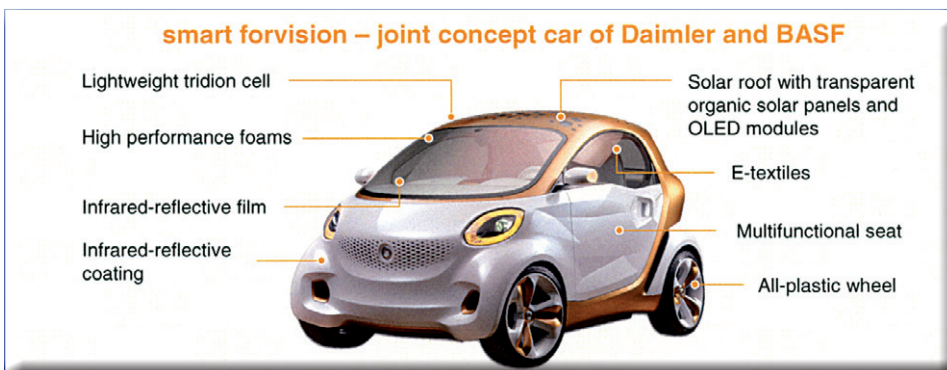
Vorstandschef Bock geht davon aus, dass die Anzahl der Mitarbeiter weiter steigen wird und prognostizierte einen leichten Anstieg auch für die europäischen Standorte. Ludwigshafen charakterisierte er als einen „logistisch hochattraktiven Standort“, mit dem man Europa gut versorgen könne. Insgesamt erwartete man für Europa noch erhebliche Wertschöpfungsmöglichkeiten; es gebe keinen Grund für Kulturpessimismus.

Auf Nachfrage der CLB hat die Verstärkte Hinwendung zu Funktional Solutions auch zur Folge, dass sich Anlagen-Lebensdauern verkürzen. Das bedeute, man müsse früh investieren, um einen Materiallebenszyklus (Beispiel: Elektrodenmaterialien für Batterien) voll auszuschöpfen. Erfreulicherweise sei aber auch die Kapitalintensität für derartige Anlagen geringer als für Basischemie-Anlagen. Zudem entwickle man die Anlagen auch im Hinblick auf eine flexible Nutzung.

Anforderungen nach mehr Flexibilität wird es wohl laut Bock auch bei den Mitarbeitern geben, und zwar im Sinne von fachübergreifenden Fähigkeiten und Kenntnissen. Als Indiz dafür bemerkte er, die Zahl der Physiker im Unternehmen verstärkte sich.

Die BASF sieht also für die Zukunft weder die Welt und erst recht nicht selbst perdu; zumindest im Rahmen des vortragenden Vorstandstrios war man jedoch per Du :) Ausdruck einer sich wandelnden Unternehmenskultur? RK

Wichtiger Bestandteil der BASF-Wachstumsstrategie ist der Wandel vom Chemikalienhersteller hin zum Technologie-Systemanbieter in Kooperation mit Kunden, wie es dieses Beispiel deutlich macht (Abb.: BASF).



Krebszellen: Statt mit Telomeren mit Plan B zur Unsterblichkeit

**Zu CLB 12/2010, 528-533:
Telomere: Das Geheimnis der Lebensuhr**

Krebszellen werden auch als „unsterblich“ charakterisiert, da sie die Fähigkeit haben, sich unaufhörlich zu teilen. Die Unsterblichkeit erfordert jedoch einige Veränderungen der zellulären Infrastruktur. Bei gesunden Körperzellen ist die Teilungsaktivität durch einen eingebauten Stoppmechanismus begrenzt: Die als Telomere bezeichneten Enden ihrer Chromosomen werden bei jeder Zellteilung ein klein wenig kürzer und sind nach einer bestimmten Zahl von Teilungen zu kurz, um weiteres Wachstum zu erlauben. Krebszellen setzen sich darüber hinweg, indem sie die Telomerase wieder aktivieren: Dieses Enzym verlängert normalerweise die Chromosomenenden während der Embryonalentwicklung. Im gesunden erwachsenen Organismus dagegen ist die Telomerase stillgelegt. Bei etwa 10 bis 15 Prozent der Krebsarten lässt sich jedoch keine aktive Telomerase nachweisen. Da sich diese Zellen trotzdem unaufhörlich teilen, müssen sie einen Plan B zur Chromosomen-Verlängerung haben. Wissenschaftler können die Zellen, die diesen

alternativen Weg nutzen, unter dem Mikroskop identifizieren: Hier finden sich typische Proteinkomplexe an den Enden der Chromosomen angelagert, die in Krebszellen mit aktiver Telomerase oder in gesunden Körperzellen fehlen. Am DKFZ klärte man nun auf, wie dieser als APB bezeichnete Proteinkomplex die abgenutzten Chromosomen verlängert. Die Wissenschaftler fixierten die APB-Proteine künstlich an den Enden der Chromosomen und beobachteten dann den Prozess der DNA-Verlängerung: Der APB-Komplex lockt offenbar DNA-Reparaturproteine an, die normalerweise kleine Erbgutschäden der Zelle beseitigen. Diese bauen dann die verkürzten Enden der Chromosomen wieder auf. Durch diese Experimente konnte man eine wichtige Funktion der APB-Komplexe bei der Telomerverlängerung nachweisen. Das Ergebnis zeigt, dass sie als Andockstelle der DNA-Reparaturproteine für alle Krebszellen ohne Telomerase essentiell sind. Da jetzt „Plan B“ bekannt ist, hoffen die Wissenschaftler, neue Möglichkeiten zu finden, um Krebszellen ganz spezifisch anzugreifen. In gesunden Zellen spielt der Mechanismus nämlich keine Rolle.

Effiziente organische Solarzellen durch Selbstorganisation

**Zu CLB 11/2010, 480-491:
Emergenz: Der Funke der Schöpfung**

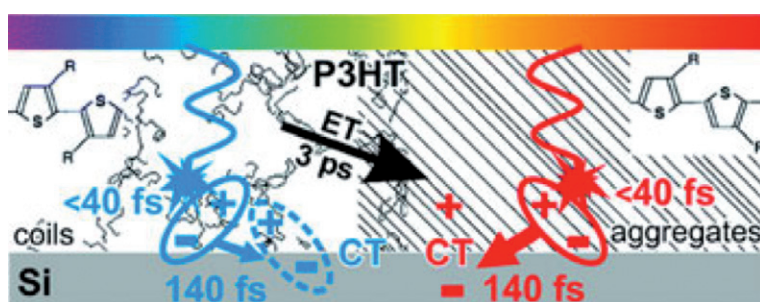
Der Wirkungsgrad organischer Solarzellen liegt bisher noch weit unter demjenigen anorganischer Halbleiter. Entscheidend für den Stromfluss ist die Erzeugung freier

Ladungsträger: Als Initialschritt der Photokonversion gibt eine Komponente der organischen Solarzelle – meist ein Polymer – Elektronen ab, die von einer zweiten Komponente – dem Elektronenakzeptor, in diesem Fall Silizium-Nanopartikel – aufgenommen und weitergeleitet werden. Durch die Verwendung von Silizium als Elektronenakzeptor in dieser neuartigen hybriden organisch/anorganischen Solarzelle konnten Forscher der Uni München zeigen, wie eine spezielle Prozessierung der oft ungeordneten Polymere die Effizienz der Ladungstrennung in organischen Halbleitern wesentlich verbessert.

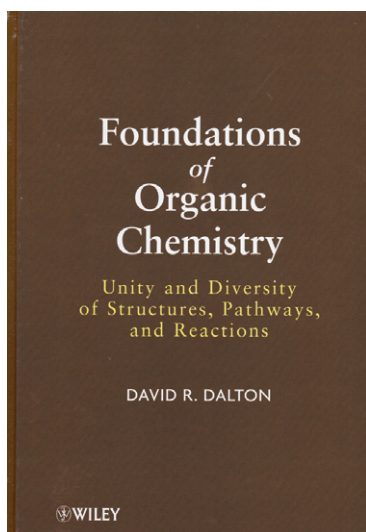
Ein weltweit einmaliger, auf Lasersystemen basierender Versuchsaufbau ermöglichte den Wissenschaftlern, eine extrem hohe Zeitauflösung von 40 Femtosekunden mit einer spektral sehr breitbandigen Abfrage zu verbin-

den. So konnten die ultraschnellen photoinduzierten Prozesse in Echtzeit untersucht werden. Anstelle der üblicherweise verwendeten Fullereene setzten die Wissenschaftler Silizium als Elektronenakzeptor ein. Dabei zeigte sich, dass freie Ladungsträger, Polaronen, nicht sofort, sondern erst mit einer Verzögerung von etwa 140 Femtosekunden gebildet werden: Durch die primäre Photoanregung entsteht zunächst eine elektronische Anregung des Polymers, ein Exziton. Erst kurz danach wird ein Elektron vom Polymer-Molekül auf den Elektronenakzeptor übertragen. Dadurch entstehen in den Polymeren positiv geladene Fehlstellen oder „Löcher“, wobei sich Elektron und Loch durch die Coulomb-Kraft gegenseitig anziehen. Um freie Ladungsträger zu erhalten, müssen Elektron und Loch mobil genug sein, um die Coulomb-Kraft zu überwinden. Dabei konnten die Wissenschaftler erstmals nachweisen, dass dies in Polymeren mit regelmäßiger Struktur sehr viel leichter geschieht als in solchen, in denen das Chaos herrscht – eine hohe Selbstorganisation des Polymers steigert demnach die Effizienz deutlich. Das verwendete Polymer ist eines der wenigen, über das eine Tendenz zur Selbstorganisation bekannt ist. Man kann diese Selbstorganisation unterdrücken, aber auch dem Polymer zur Seite stehen und seine intrinsische Selbstorganisation steigern, indem man die Prozessierungsparameter entsprechend geschickt wählt. Mit ihrer optimierten Prozessierung des Polymers P3HT gelang es den Wissenschaftlern, die Ausbeute an freien Ladungsträgern zu verdoppeln – und damit auch die Effizienz der Solarzelle entscheidend zu steigern.

Primäre photoinduzierte Prozesse in Hybrid-P3HT/Si-Dünnschicht-Heteroübergängen (Bild: Herrmann et al. / J. Am. Chem. Soc)



Organische Chemie – bis zu vielfältigen Verbindungsklassen der Biochemie



David R. Dalton: *Foundations of Organic Chemistry: Unity and Diversity of Structures, Pathways, and Reactions*; 1434 Seiten; Verlag John Wiley & Sons; 1. Auflage 2011; ISBN 978-0-470-47908-7; 129,00 Euro.

Diese Neuerscheinung richtet sich in erster Linie an fortgeschrittene Studierende, die sich intensiv mit der Organischen Chemie und ihren theoretischen Grundlagen befassen wollen. Mit der Anordnung der umfangreichen Lehrinhalte will der Autor zu einem tiefer gehenden Verständnis der Organischen Chemie hinführen. Eine wesentliche Bedeutung haben hierbei die im

Text der Kapitel angeordneten, insgesamt 220 Problemstellungen, in denen nach dem Verlauf chemischer Umsetzungen ebenso gefragt wird wie nach Erläuterungen und Schlußfolgerungen aus Beobachtungen und aus Messergebnissen. Die 14, mit Fußnoten und Literaturangaben versehenen Kapitel sind in 3 Teile gegliedert:

(I) mit jeweils einer Einführung in Struktur und Bindung (Kap.1) sowie in ausgewählte spektroskopische Methoden in der Organischen Chemie (bereits als Kap.2) und mit einer begrüßenswert ausführlichen Beschreibung zur Nomenklatur, insbes. von Kohlenwasserstoffen (3). Kapitel 4 „An Introduction to Dynamics“ beinhaltet Ausführungen zu theoretischen Grundlagen, zur Konformationsanalyse, zur Erhaltung der Symmetrie und zur Chiralität. Kapitel 5 gibt einen Überblick über Verbindungsklassen, Lösungsmittel, Säuren und Basen und Computer-gestützte Methoden.

(II) Dieser Teil beschreibt Ausgangsstoffe mit funktionellen Gruppen aus allen wichtigen Verbindungsklassen, daraus erhältliche Umsetzungsprodukte, reaktive Zwischenprodukte und Reaktionsmechanismen, wobei die Gliederung nach den Reaktionstypen: Oxidation, Reduktion, Substitution, Addition, Elimination und Umlagerungen jedem Kapitel zugrunde liegt. Teil II beginnt mit den Reaktionen der Kohlenwasserstoffe (6). Es folgen organische Halogen-Verbindungen (7), Alkohole, Enole, Phenole, ferner Ether, Thiole und Thioether (8), Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren und deren Derivate (9; mit 218 Seiten das längste Kapitel) und schließlich Amine sowie Abschnitte zur Phosphor- und Silicium-organischen Chemie.

(III) umfasst die Naturstoffe unter Einbeziehung ihrer Biosynthese, beginnend mit Kohlenhydraten, Acetogeninen und Steroiden (11), Aminosäuren, Peptiden und Proteinen, Enzymen, Coenzymen und Stoffwechsel-Vorgängen (12). Es folgen Kapitel über Alkaloide (13) sowie Nucleobasen, RNA, DNA und Tetrapyrrol-Cofaktoren (14).

Angaben zu Handbüchern und Datenbanken findet man im Anhang. Von besonderem Nutzen sind die zahlreichen, sich mitunter über mehrere Seiten erstreckenden Tabellen. Als einzige Hervorhebung in dem durchgehend einfarbigen Lehrbuch und den Abbildungen dient der Fettdruck. Zur Veranschaulichung der Stoffwechsel-Zyklen und der Modelle von Polypeptiden, Enzymen und Nucleinsäuren zieht man zweckmäßigerweise eines der verbreiteten Lehrbücher der (Bio)chemie mit vielfarbigen Abbildungen heran. Zum Nutzen der eingangs genannten Zielgruppe sollte diese Neuerscheinung umgehend in die Fachbibliotheken aufgenommen werden. *Dr. Dieter Holzner*

Chemie und Pharmazie wie im unterhaltsamen „Schulfunk“



Andreas S. Ziegler: *Moleküle, die Geschichte geschrieben*; Hörbuch; S. Hirzel Verlag GmbH & Co. 2011; ISBN 978-3-7776-2170-8; 16,80 Euro.

Bislang war ich noch kein Freund von Hörbüchern – und konnte mir kaum vorstellen, wie sich so Chemie oder Pharmazie vermitteln ließe. Ich habe mich jedoch von dem Hörbuch

des Erlanger Pharmazeuten und Wissenschaftsjournalisten Andreas Ziegler überzeugen lassen: Zumindest für Themen der Wissenschaftsgeschichte kann eine Hörbuch-CD ein angemessenes Medium sein. Es war sogar so, dass ich dachte: „Schade, vergessen“, nachdem ich die erste von zwei CDs im Auto angehört hatte und bei der nächsten Fahrt die zweite nicht dabei hatte... Nach einem Vorwort werden 25 Wirkstoffe in ihren Erfolgen – angefangen mit Vitamin C und Morphin – und auch

Misserfolgen – Thalidomid, LSD – als entscheidende Momente der Arzneimittelforschung erlebbar gemacht. Die Inhalte der vier- bis fünfminütigen Erzählstücke haben ihre Schwerpunkte im Leben der Forscher. Ich fühlte mich an frühere Schulfunksendungen des WDR erinnert, positiv wie negativ. Positiv, weil Pharmazeutika aus dem Schatten des Unwissens herausgehoben wurden, ohne die unser heutiges Leben viel leidvoller wäre, und weil gezeigt wird, mit welcher Unnachgiebigkeit die Forscher trotz etlicher Rückschläge arbeiteten. Negativ, weil die Geschichten doch sehr an der chemisch-pharmazeutischen Oberfläche bleiben. In Teil 4 über Lachgas wird beispielsweise nicht einmal erwähnt, dass es sich dabei um das einfache Molekül Distickstoffmonoxid handelt – und das bei dem Titel des Hörbuchs. Hört man etliche Geschichten hintereinander verwischen auch die Eindrücke. Aber das kann man ja steuern. Ich empfehle die CDs als lockere Unterhaltung mit Anspruch. *Rolf Kickuth*

Feuchteanalyse in nur zwei Minuten mit der Turbo Mikrowelle

In praktisch allen Produktionsprozessen der Molkereiindustrie sind der Feuchtigkeits- oder Feststoffgehalt des Eingangs-, Zwischen- und Endprodukts ein wesentliches Qualitätsmerkmal und ein bedeutender Kostenfaktor. Es gilt also, die Materialfeuchte bzw. den Feststoffgehalt möglichst genau und gleichmäßig auf dem optimalen Wert zu halten, der oft als „goldene Mitte“ zwischen Produkteigenschaften und Produktkosten vom Betrieb ermittelt wurde oder durch übergeordnete Bestimmungen und Normen festgelegt ist. Dieses stellt an die begleitende und überwachende Analytik spezielle Anforderungen, wie z. B. hinsichtlich der Schnelligkeit, der Einbindung in Informationssysteme, Verlagerung der Messung vom analytischen Labor hin zum Produktionsort, robuste Apparaturen („Handschuhtauglichkeit“) sowie einfache Handhabung durch teilweise nur angelerntes Personal. Ferner spielt der Kostenaspekt eine große Rolle bezüglich der Amortisation bei der Anschaffung der entsprechenden Analysensysteme.

Mikrowellen-Trockensubstanz-Bestimmung

Die schnellste direkte Meßmethode ist die Mikrowellen-Trocknung. Bei der Mikrowellen-Trocknung werden die polaren Wassermoleküle der Probe (Käse, Quark, Molkekonzentrate, Pudding...) einem fokussierten Mikrowellenfeld ausgesetzt, was wiederum zur Wärmeentwicklung im Inneren der Probe führt (Dipolrotation & Ionenleitung). Als Fazit für die Trocknung gilt somit: Die Wassermoleküle der Probe werden in einem Mikrowellenfeld schnell erwärmt und ausgetrieben. Wie bereits beschrieben, ist das fokussierte Mikrowellenfeld für eine gleichmäßig präzise Aufwärmung des Probengutes von entscheidender Bedeutung. Ungleichmäßige Erwärmung der Probe kann zur Folge haben, daß lokale Überhitzungen auftreten, die zu Verbrennungen bzw. Zersetzungen der Probe führen. So wurde für eine exakte Feuchtebestimmung das Mikrowel-



len-Analysensystem SMART 5 TurboTM entwickelt, welches das Mikrowellenfeld gleichmäßig ausbildet und fein zu regeln vermag. Im SMART 5 Turbo wird das Probengut auf ein spezielles Probenträgermaterial (Glasfaserträger) gegeben und auf die im Mikrowellengerät eingebaute Waage gelegt. Der Trocknungsverlauf ist direkt an die Erwärmung des Probengutes gekoppelt, so dass hier die Gefahr einer Zersetzung (z. B. bei Kohlenhydraten) der Probe minimiert ist. Ein Temperatursensor regelt die Mikrowellenstrahlung und verhindert ein Zersetzen der Probe. Damit kann das SMART auch für sensible Proben, wie Molkekonzentrate, Marzipan, Milchkpulver... etc. eingesetzt werden. Der Mikrowellentrockner wiegt die Probe, trocknet und wiegt permanent während der Trocknung zurück, um den Endpunkt zu ermitteln, anschließend wird das Ergebnis berechnet und über den integrierten Bildschirm sowie Drucker ausgegeben.

Für die Produktion bedeutet dieses: Das SMART wird direkt am Produktionsort aufgestellt, eine Probe wird entnommen und in das

Molkereiprodukte	Trocknungszeit Mikrowellentrockner Smart 5 Turbo [in min]	Trocknungszeit Trockenschrank [in Minuten]
Schmelzkäse	39,3 % Feuchte: 2	39,3 % Fcht.: 180
Butter	17,2 % Feuchte: 2	17,1 % Fcht.: 60
Vollmilch	11,8 % Feststoff: 2	11,7 % Fest.: 180
Molke	10,1 % Feststoff: 2	10,2 % Fest.: 180
Joghurt	17 % Feststoff: 2	17,1 % Fest.: 180

SMART gegeben. Wenige Minuten später liegt das Ergebnis vor, und es können ggf. Maßnahmen zur Nacharbeit des Batchansatzes getroffen werden bzw. die Freigabe zum Abfüllen kann erteilt werden. Durch diese Schnellanalytik kann die Kesselbelegungszeit deutlich verkürzt werden, was wiederum erhöhte Produktion und somit erhöhten Ertrag zur Folge hat.

CEM GmbH
 Carl-Friedrich-Gauß-Str. 9
 47475 Kamp-Lintfort
 Tel. + 49 28 42 - 96 44 0
 Fax + 49 28 42 - 96 44 11
 web: www.cem.de

ERREICHEN HALTEN

Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung
in Chemie, Labortechnik, Biologie, Biotechnik und verwandte Bereiche
sowie für praxisorientierte Themen aus der Umwelt

November 2011

Ozonierung macht Abwasser sauberer Laubfraßrate des Bachflohkrebses *Gammarus fossarum* als Test

Mit der Zufuhr von Ozon in Abwässer können problematische Mikroverunreinigungen wie Pharmaka, Pflanzenschutzmittel oder Kosmetika erfolgreich aus Abwässern entfernt werden. Das weist eine neu entwickelte Methode nach. Bei ihr untersucht man anhand der Laubfraßrate des Bachflohkrebses *Gammarus fossarum*, wie wirksam Abwässer durch die Ozonierung gereinigt werden.

Bislang wird diese Reinigungstechnologie aufgrund fehlender gesetzlicher Grundlagen in der Europäischen Union und der Bildung möglicherweise toxischer Reaktionsprodukte, die aus Sicht des Gewässerschutzes unerwünscht sind, nicht verbreitet eingesetzt. Dabei ist es, wie Untersuchungen zeigen, besonders in dicht besiedelten Regionen aufgrund des hohen Abwasseraufkommens notwendig, Mikro-

verunreinigungen aus diesen zu entfernen. Technologien wie Ozonierung oder Aktivkohle werden daher auf ihre Eignung hin evaluiert. Das Ergebnis der dem neuen Test zugrunde liegenden Studie vom Institut für Umweltwissenschaften der Universität Koblenz-Landau in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt im Rahmen des Schweizerischen Pilotprojektes „Strategie MicroPoll“ bescheinigt der Ozonierung überwiegend positive Eigenschaften.

Moderne Kläranlagen haben es möglich gemacht: In Flüsse, die vor wenigen Jahrzehnten noch als stark verschmutzte Kloaken durch die Landschaft strömten, kehrte die Natur zurück. Dieser Erfolg basiert zu einem wesentlichen Teil auf der dreistufigen Reinigung der Abwässer: Grober Dreck wird mechanisch mit Rechen und Absetzbecken entfernt, in der biologischen Stufe fressen Milliarden von Mikroorganismen gelöste Stoffe, und schließlich wird Phosphat chemisch durch Fällung entfernt. Doch Mikroverunreinigungen wie Medikamente, Kosmetika und Industriechemikalien werden in den Kläranlagenausläufen noch in einer Konzentration im Nano- und Milligramm-pro-Liter-Bereich gemessen. Insbesondere in dicht besiedelten Regionen können

Anhand der Laubfraßrate des Flusskrebses *Gammarus fossarum* untersuchten Wissenschaftler, wie wirksam Abwässer durch Ozonierung gereinigt werden (Foto: Schmidt/Uni Koblenz-Landau).





Um andere Einflussgrößen als die Mikroverunreinigung auf das Fressverhalten der Gammariden ausschließen zu können, wurden zahlreiche Tests im Labor und im Freiland durchgeführt (Foto: Bundschuh/Uni Koblenz-Landau).

Fließgewässer einen hohen Anteil an biologisch gereinigtem Abwasser aufweisen. In solch belasteten Gewässern wirken sich die Mikroverunreinigungen nachteilig auf die Gesundheit der Wasserlebewesen aus und belasten Trinkwasservorkommen. Daher werden geeignete Technologien zur Reduzierung dieser Mikroverunreinigung gesucht, um Einträge in das Ökosystem und somit negative Auswirkungen auf Gesundheit des Menschen oder Umwelt zu verhindern.

Bei der Ozonierung wird Ozon in der dritten Reinigungsstufe in die weitestgehend geklärten Abwässer geleitet. Dort reagiert Ozon hauptsächlich mit organischen Substanzen und oxidiert diese auf. Durch diese Reaktion werden die Substanzen aufgebrochen und verändern damit ihre Wirkweise.

Bachflohkrebs als Indikator

Im Zentrum der Untersuchungen stand der ökologische Prozess rund um den Bachflohkrebs *Gammarus fossarum*, ein in mitteleuropäischen Gewässern sehr verbreitetes wirbelloses Lebewesen. Dieser typische Bachbewohner hat die wichtige Aufgabe, im Gewässerökosystem die im Falllaub gebundene Energie anderen Organismen nutzbar zu machen. Welche Auswirkungen Mikro-

verunreinigungen und die Ozonierung von Abwasser auf dieses Mikrosystem der Energiebereitstellung hat, untersuchten die Landauer Wissenschaftler anhand der Laubfraßrate der Gammariden. In zahlreichen Experimenten im Labor und im Freiland zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Ozonierung, Schadstoffgehalt und dem Fressverhalten der Gammariden. In Wasser, das nicht mit Ozon behandelt war und somit eine erhöhte Schadstoffbelastung aufwies, war die Laubfraßrate träge, wohingegen die Gammariden in ozoniertem Wasser eifrig fraßen. Andere Einflussgrößen auf das Fressverhalten wie veränderter Geschmack der Blätter oder der Anteil von gelöstem Kohlenstoff im Gewässer konnten die Wissenschaftler als Ursache ausschließen.

Mit diesem Testsystem zeigt sich darüber hinaus ganz deutlich: Mikroverunreinigungen können die chemische und ökologische Beschaffenheit von Gewässern stark beeinflussen. Damit die Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie eingehalten werden können, die bis 2015 eine gute chemische und ökologische Qualität in Gewässern vorsieht, sollten die Einträge von Mikroverunreinigungen durch Kläranlagen dringend reduziert werden, so Dr. Mirco Bundschuh,

Leiter der Studie am Landauer Institut für Umweltwissenschaften. Mit den derzeitigen Reinigungstechnologien in Kläranlagen könne nicht ausreichend sichergestellt werden, dass das Abwasser hinreichend sauber und frei von Schadstoffen werde. Aufgrund des Klimawandels werde es künftig zudem weniger Niederschlag im Sommer geben, so dass der Anteil an Abwasser in Oberflächengewässern aufgrund der mangelnden Verdünnung durch Regenwasser prozentual – zumindest lokal – zunehmen werde.

Aus der Bildungslandschaft

- Jetzt gab die HIS GmbH die **Version 3.0 von HISinOne** frei: Integriertes Hochschulmanagement mit HISinOne bildet Verwaltungsprozesse entlang des kompletten Student-Life-Cycle ab und verbindet das Management von Personen, Ressourcen und Projekten mit Instrumenten zur Steuerung und zum Controlling zu einer Komplettlösung für Hochschulen jeder Größe und Ausprägung. Mit der Version 3.0 enthält die Software das neue Personalmanagement-Segment.
- Die Universität Tübingen, die Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg und die Hochschule Esslingen bieten gemeinsam unter dem Namen „TRE“ erstmals in Baden-Württemberg eine **Lehrerausbildung speziell für das Kernfach Naturwissenschaft und Technik (NwT)** an Allgemeinbildenden Gymnasien an. Der Schwerpunkt wird dabei auf Technik gelegt, die bislang noch nicht im Fokus der Lehrerausbildung des Landes stand. Das Land Baden-Württemberg fördert TRE mit 600.000 Euro über drei Jahre.
- **Kooperation für den Wissenschaftsjournalismus:** In Zukunft sichert die Medizinische Fakultät der RUB mit Lehr- und Prüfungsleistungen wesentliche Teile des Schwerpunktfachs Biowissenschaften/Medizin im Dortmunder Studiengang Wissenschaftsjournalismus; als Gegenleistung können ausgewählte Bochumer Studierende das journalistische Lehrangebot in Dortmund wahrnehmen.
- Das deutschlandweit älteste studentische Zuhörtelefon bietet seit 1994 in Heidelberg die Möglichkeit, von Gleich zu Gleich über Prüfungssangst, Beziehungsprobleme, Zukunftssorgen zu sprechen. Das Projekt erhält jetzt vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft die **Hochschulperle des Monats November**. Die Nightline Heidelberg ist unter der Telefonnummer 06221/18 47 08 täglich von 21 bis 2 Uhr besetzt.

Glühen, Brennen, Schmelzen

Zeitsparende Microscale-Experimente mit dem Heimwerker-Schweißgerät

Viktor Obendrauf, Graz*



Der Autor bei Experimenten mit einem Heimwerker-Schweißgerät im Jahre 2006.

Viele chemische Prozesse mit großtechnischer aber auch kulturhistorischer Bedeutung sind dem experimentellen Chemieunterricht mit konventionellen Mitteln deshalb schwer zugänglich, weil sie auf verhältnismäßig hohem Temperaturniveau und für schulische Verhältnisse einfach zu langsam ablaufen. Gewöhnliche Laborgas- oder Kartuschenbrenner liefern ganz einfach zu wenig Energie, um damit zum Beispiel die klassische Erzeugung von Natronglas aus Kalk, Quarzsand und Soda in bruchgefährdeten und noch dazu schwer zu reinigenden Porzellantiegeln modellieren zu können. Hier wird dargestellt, wie man ausschließlich mit Mitteln des Alltags ebenfalls Hochtemperaturchemie betreiben kann.

So gibt es in der chemiedidaktischen Literatur eine Fülle von bereits gesammelten Beiträgen [1], in denen beispielsweise historische Fakten über den Werkstoff Glas zusammengetragen wurden oder in denen die Zusammensetzung und die Eigenschaften von unterschiedlichen Gläsern oder die Glasbearbeitung mit schulischen Mitteln thematisiert wird. Zur eigentlichen Erzeugung von Glas existieren jedoch nur verhältnismäßig wenige wirklich praktikable Anregungen. Vor allem das Temperatur- und Zeitproblem (inklusive der vorbereitenden Arbeiten im kritischen Zeitfenster des Regelunterrichts!) wird vielfach offen gelassen.

Selbst bei Verfügbarkeit eines nicht gerade billigen Sauerstoff-Gebläsebrenners und der Verwendung eines aus Gasbetonstein eigens modellierten Schmelzofens ist man offensichtlich im Porzellantiegel nur mit weniger als 30 g an Rohstoffen in kleinen Portionen erfolgreich, da sonst bei der Läuterung der viskosen Schmelze durch die aufsteigenden Gasbläschen ein Übersäumen schwer vermieden werden kann [2].

Als Ausweg aus dem Dilemma werden im konkreten Fall häufig Modellexperimente vorgeschlagen, bei denen Gläser und glasartige Stoffe bereits bei Temperaturen entstehen, die von schulüblichen Gasbrennern tatsächlich erreicht werden [3].

Wirklich nur modellhaften Charakter kann in diesem Zusammenhang das Schmelzen und Glühen von reinem Borax haben, wobei die Verwendung

dieses Flussmittels zum Lösen von Metalloxiden als Vorprobe in der qualitativen Analytik bereits historische Bedeutung hat (Boraxperle am Magnesiastäbchen oder in der Platindrahtöse).

Der in der Experimentierliteratur häufig vorgeschlagene Zusatz von Bleioxid (Mennige) zum Senken der Schmelztemperatur von Gläsern wird heute aus toxikologischen Gründen deutlich sensibler bewertet als dies noch vor wenigen Jahren der Fall war. Andererseits sind bleifreie Gläser in der Schule mit traditionellen Mitteln offensichtlich nur mit einem hohen Anteil an Borax bzw. Borsäure als Netzwerkbildner und mit Muffelöfen bzw. Gebläsebrenner zugänglich (siehe z. B. [2, 3]).

Eine zusätzliche, erfreulich innovative Möglichkeit, auch in der Schule Hochtemperaturchemie zu treiben, eröffnet sich mit der Verwendung eines leistungsfähigen Mikrowellenofens (Haushaltsware) und Aktivkohle oder Graphit als Suszeptoren, die sich von der Mikrowellenstrahlung sehr gut anregen lassen. In [4] wird z. B. ein Verfahren beschrieben, wo der übliche Porzellantiegel in einem getrockneten, graphitbeschichteten Mörtelbett steckt und auf diese Weise im Mikrowellenherd bereits innerhalb von ein bis zwei Minuten zum Glühen gebracht werden kann. Auf diese Weise lässt sich eine gut verriebene Mischung aus 10,6 g Borsäure, 1 g Quarzsand, 1,7 g Calciumcarbonat, 1,8g Natriumcarbonat und 2,5 g Lithiumcarbonat innerhalb von 10 Minuten schmelzen und läutern (entgasen).

*Aus dem Nachlass von Prof. Dr. Viktor Obendrauf († 2010)

„Hot-Spot-Experimente“ mit dem Schweißbrenner

Die komplexe Thematik Glas (Glasarten, Zusammensetzung, Eigenschaften von Glas) ist in der chemiedidaktischen Literatur sachanalytisch so umfangreich behandelt (siehe z. B. [5, 6, 7, 8, 9, 10,]), dass in diesem Beitrag auf eine reproduzierende Darstellung von fachdidaktischen Analysen bzw. auf fachwissenschaftliche Fakten verzichtet werden kann.

In Folgenden soll vielmehr konkret gezeigt werden, wie man ausschließlich mit Mitteln des Alltags (Baumarktwaren und Supermarktprodukten) ebenfalls Hochtemperaturchemie betreiben kann, ohne den zeitlichen Rahmen des Regelunterrichts zu sprengen.

Die hier beschriebenen Experimente sind aus Gründen der Sicherheit nur als Lehrerversuche (Demonstrationsexperimente) konzipiert. Trotzdem wird gezielt nur mit sehr geringen Stoffmengen gearbeitet, da der relevante Hochtemperaturbereich (punktuell weit über 2000° C!) auf wenige Millimeter begrenzt ist. Fragen der Sicherheit werden dadurch stark vereinfacht. Insbesondere die Reaktionszeiten werden auf ein erträgliches Maß gedrückt. Den Nachteil der stark eingeschränkten Visualisierung von derartigen Microscale-Experimenten als Demonstrationsversuche kann man nach geeigneter Adaptierung einer Videokamera (Filtervorsatz aus Schweißbrillenmaterial) mit elektronischen Mitteln egalieren.

Als Energiequelle für die folgenden „Hot-Spot-Experimente“ wird ein handelsübliches Mini-Gasschmelz-Schweißset verwendet [12]. Nach Werksangaben erreicht man im Arbeitsbereich (innerer Flammenkegel, wenige Millimeter nach Austritt aus der Schweißdüse) Temperaturen bis 3100° C. Die viel längere (fast farblose) Beiflamme



Abbildung 1: Temperaturverteilung in der Flamme des Miniatur-Schweißbrenners.

hat noch immer Temperaturen um 1250° C (siehe Abbildung 1).

Bei der Glaserzeugung nach der „Hot-Spot-Methode“ mit der Schweißbrennerflamme wird auf die Verwendung eines Tiegels aus mehreren Gründen verzichtet: Erstens lassen sich Glasschmelzen aus einem Porzellantiegel nur sehr schwer vollständig entfernen. Zweitens führt das Erhitzen eines Keramiktiegels mit dem Schweißbrenner sehr leicht zum Bruch des Tiegels. Auch wenn der Tiegel sehr klein ist, lässt sich dieser mit der punktuell sehr heißen Brennerflamme nur schwer so erhitzen, dass die thermischen Spannungen nicht zu groß werden. Drittens sind die Veränderungen von sehr geringen Stoffmengen im Tiegel nicht gut beobachtbar. Außerdem verkürzt sich die Reaktionszeit, wenn man nicht den Tiegel, sondern das Reaktionsgemisch direkt erhitzt.

Natronglas aus Kristallsoda und Vogelsand

MATERIAL: Blumentopf (Ton, oberer Durchmesser ca. 10 cm), Vogelsand (= Quarzsand mit kleinen Muschelkalkstückchen, Drogeriemarktware), Wand- oder Bodenfliese als feuerfeste Unterlage, handelsübliche Wasch- bzw. Kri-

stallsoda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), Minischweiß-Set (Rothenberger), Schweißbrille, Pinzette, Spatellöffel, Feuerzeug, Indikatorpapier.

Equipment zur Visualisierung des Microscale-Versuchs als Demonstrations-Experiment: Videokamera mit Filtervorsatz (Schweißbrillenglas), Fernseher oder Datenprojektor.

DURCHFÜHRUNG: Der kleine Blumentopf wird fast zur Gänze mit Vogelsand gefüllt und auf eine feuerfeste Unterlage (Fliese) gestellt. In eine flache Vertiefung, die man in der Mitte des sandgefüllten Blumentopfes anlegt, gibt man 2 Spatellöffel handelsübliche Wasch- bzw. Kristallsoda. Der Schweißbrenner wird entsprechend der werksseitig vorgeschlagenen Bedienungsanleitung in Betrieb genommen. Die Zufuhr von Brenngas und Sauerstoff wird so einreguliert, dass sich der charakteristische blaue Flammenkegel innerhalb der längeren (fast farblosen) Beiflamme bildet (weder Sauerstoff- noch Brenngasüberschuss). Mit der fächernden Brennerflamme wird die Soda zuerst zügig erhitzt, bis das Kristallwasser zur Gänze entwichen ist und die Kristallstruktur sichtlich umgebaut wurde, was in weniger als 30 Sekunden der Fall ist.

Abbildung 2:
Aufschmelzen
der wasser-
freien Soda im
Blumentopf.



Nun wird die wasserfreie Soda mit der sehr heißen Flamme (knapp am inneren Flammenkegel der Brennerflamme) zum Schmelzen gebracht. Die Schmelze beginnt sofort zu gasen, weil aus dem Natrium-

carbonat unter Freisetzung von Kohlendioxid Natriumoxid entsteht. Ein zu starkes punktuell Erhitzen ist zu vermeiden, da das gebildete Dinatriumoxid Na_2O bei etwa $1275\text{ }^\circ\text{C}$ nicht nur schmelzen sondern auch

sublimieren kann. Kleine Muschelkalkpartikel des Vogel-sandbettes gelangen bald in die Schmelze und beginnen ebenfalls zu gasen. Beim direkten Erhitzen mit dem Flammenkegel der Brennerflamme glühen diese Kalkpartikel hell auf (Drummond'sches Kalklicht, siehe unten). Das Leuchten der Schmelze wird schließlich so hell, dass man auf jeden Fall die dunkle Schweißbrenner-Brille benötigt, um beobachten zu können, dass vom Rand der Schmelze auch Quarzsand-Körnchen in das Gemisch gelangen, wenn man das Zentrum der Schmelze auf einer Breite von ca. 3-5 mm mit den sehr heißen Flammengasen etwas in Bewegung hält (Abbildung 2). Die maximal heiße Flammenzone lässt sich dabei am besten mit dem Sauerstoffregulierventil nachjustieren.

Sobald sich im Kern der Schmelze nur mehr wenige Bläschen zeigen, was nach ein bis maximal zwei Minuten der Fall ist, unterbricht man vorerst das Erhitzen des Gemisches, dreht die Sauerstoff- und Brenngaszufuhr des Brenners ab und lässt den Regulus auf der Fliese rasch erkalten. Um einen kleinen klaren Glaspfropfen zu erhalten, muss der Kern der zerkleinerten Schmelze nochmals geläutert werden. Dazu wird der innerste Teil der ausgekühlten, noch milchig-trüben Masse (Größe ca. 0,5 cm) mittels Pinzette erneut in die sehr heiße Zone der Schweißbrennerflamme gehalten. Bereits nach einer Minute ist die tropfenförmige Schmelze an der Pinzettenspitze so weit entgast und aufgeschmolzen, dass man nach kurzer Berührung mit der Brennerspitze Glasfäden ziehen und nach dem Abkühlen zumindest im Randbereich des Tropfens eine glasklare Zone erkennen kann. Dieser Glaspfropfen hinterlässt im Gegensatz zu reinem, zusammengeschmol-

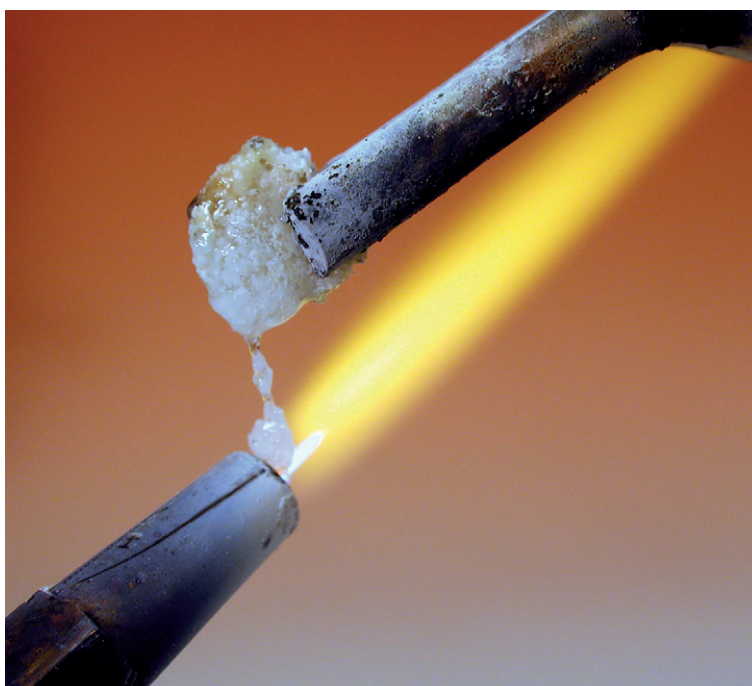


Abbildung 3:
Geläuterter Kern
der Schmelze als
Glastropfen.

zenem Natriumcarbonat auf einem angefeuchteten Indikatorpapier keine blauen Spuren mehr (Abbildung 3).

In Summe dauert die ganze Prozedur, bei der kalkhaltiger Vogelsand und Waschsoda eine praktisch wasserunlösliche und glasige Masse ergeben, weniger als 5 Minuten.

ANMERKUNG: In der obigen Versuchsanleitung wurden als Rohstoffe bewusst nur Materialien aus dem Supermarkt verwendet. Auch auf geeignete Mengenverhältnisse der Ausgangsstoffe wurde nicht Rücksicht genommen. Selbstverständlich lassen sich die Resultate noch verbessern, wenn man einen Spatellöffel einer gut verriebenen Mischung aus entsprechenden Mengen Borsäure, Quarzsand, Calciumcarbonat, Natriumcarbonat (wasserfrei) und Lithiumcarbonat (s. o.) z. B. auf einem Porzellanscherben mit der Schweißbrennerflamme behandelt.

Das autogene Schweißen mit Sauerstoff und einem Brenngas (Leuchtgas, Acetylen, Wasserstoff) ist offensichtlich schon seit über 100 Jahren bekannt. Bereits 1908 berichtete der bekannte Pionier der Schweißtechnik Theodor Kautny in einem Fachaufsatz über den „Einfluss des Gas-Sauerstoff-Gebläses auf die Fabrikation von Kassenschranken“. Die Abbildung 4 zeigt einen Fletscherbrenner und ein herausgeschmolzenes Blech einer Tresortür beim Bankeinbruch in die Niedersächsische Bank in Hannover 1890 [13].

Drummond'sches Kalklicht

MATERIAL: Staubarme Schulkreide (besteht hauptsächlich aus Gips) oder Sepiaschalen-Kalk (für Käfigvögel in Supermärkten angeboten), Mini-Schweißgerät, Pinzette oder Tiegeltzange, Schweißbrille, feuerfeste Unterlage (Fliese).

DURCHFÜHRUNG: Ein Stück Kalk oder Gips (Kreide, Se-

piaschalen-Kalk) wird mittels Tiegeltzange in die heiße Schweißbrennerflamme gehalten. Nach kurzer Zeit (weniger als 1 Minute) beginnt das Kalkstück gleißend hell zu glühen (Schweißbrille verwenden!). Vorsicht: durch die thermischen Spannungen können Stücke des glühenden Materials abspringen. Feuerfeste Unterlage verwenden (siehe Abbildung 5).

ANMERKUNG: Das Phänomen, dass stark erhitztes Calciumoxid ungewöhnlich grell zu leuchten beginnt, wurde um 1820 entweder von Michael Faraday oder Thomas Drummond entdeckt. Letzterer war es jedoch, der das helle Licht in Kombination mit parabolischen Spiegeln als Scheinwerfer nutzte. Um 1837 gab es erste Anwendungen in der Bühnenbeleuchtung. Auch in den Anfängen der Projektionstechnik (Filmindustrie) wurde das helle Licht genutzt (Limelight-Prinzip, siehe Abbildung 6). Der englische Ausdruck für „im Rampenlicht stehen“ heißt daher auch „to be in the limelight“.

Brennen und „Löschen“ von Eierschalen-Kalk

MATERIAL: Gekochtes Ei (in manchen Supermärkten erhältlich) bzw. Eierschalenstücke, Tiegeltzange oder Pinzette, feuerfeste Unterlage, kleine Reibschale, Pistill, Schweißbrille, Mini-Schweißset, 25 ml-Becherglas (Kunststoff), dest. Wasser, Universalindikatorpapier, Spatel Multimeter mit NiCrNi-Fühler

DURCHFÜHRUNG: Ein Stück einer Eierschale wird zuerst in der fächernden Beiflamme des Schweißbrenner-Flamme so erhitzt, dass organische Komponenten verglühen können, was nach weniger als 30 Sekunden der Fall ist. Danach wird ein schmaler Rand der Eierschale kräftiger erhitzt, wobei die Brennerflamme parallel zur Eierschale senkrecht positioniert wird.

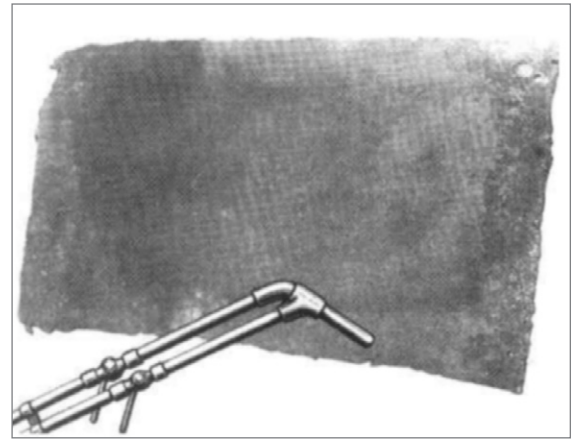
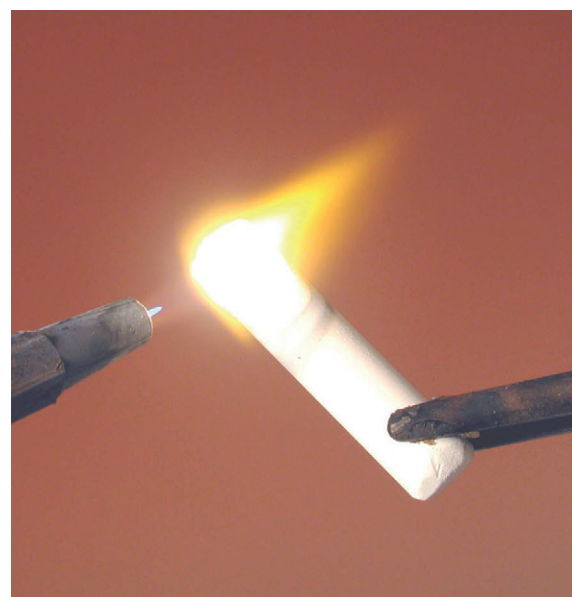


Abbildung 4: Bereits 1887 entwickelte der englische Ingenieur Fletscher einen Gas-Sauerstoff-Gebläsebrenner. Mit solch einem Gerät wurde u.a. 1890 ein Einbruch in die Niedersächsische Bank in Hannover verübt. Als Brenngas diente Leuchtgas. Die Abbildung zeigt einen Fletscherbrenner und ein herausgeschmolzenes Blech einer Tresortür.

Bereits innerhalb einer halben Minute verändert sich die Struktur des Kalks so, dass kleine, reinweiße Stücke vom Schalenrand abbrechen. (Feuerfeste Unterlage nicht vergessen!). Diese Stücke werden nach dem Versorgen des Brenners in einer kleinen Reibschale zerkleinert. In einem kleinen Becherglas werden rund 2-3 ml dest. Wasser positioniert. Mittels kleiner NiCrNi-Fühlerspitze wird die Temperatur dieses Wassers gemessen. Nun gibt man das

Abbildung 5: Ein Stück Kreide beginnt in der Brennerflamme gleißend zu glühen. Anfang des 19. Jahrhunderts nutzte man Lampen nach diesem Prinzip als Bühnenbeleuchtung.



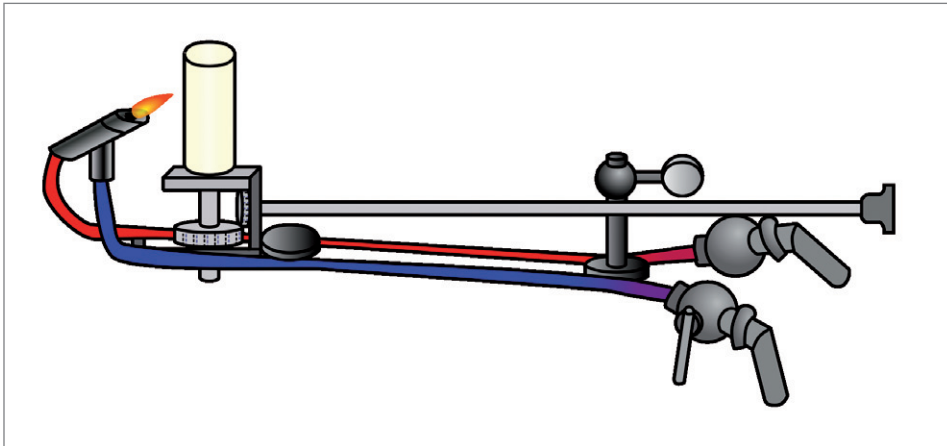


Abbildung 6: Limelight-Prinzip mit O₂- und H₂-Zufuhr sowie dreh- und Hebbarer Calciumoxid-Halterung (oben; Abb. T. Knott) sowie historische Darstellung (unten).

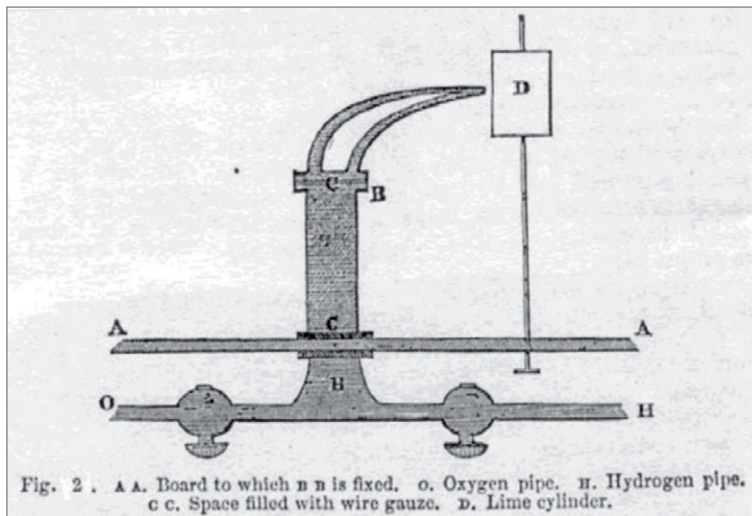
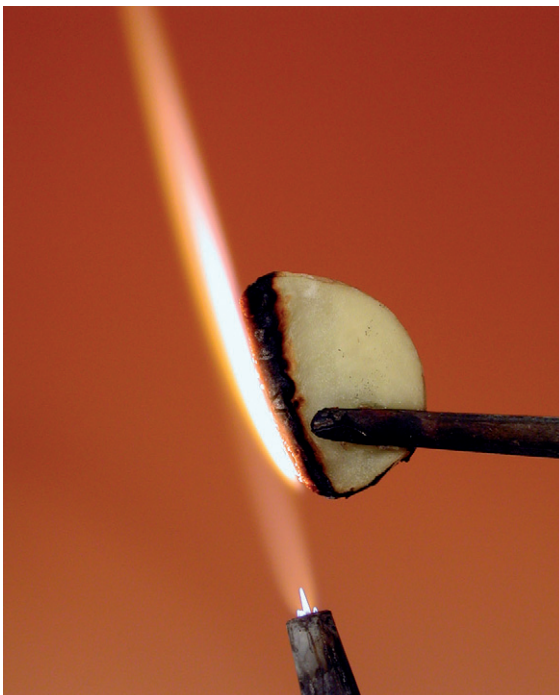


Abbildung 7:
Flammenfärbung
durch eine
Kartoffelscheibe..



zerriebene Reaktionsprodukt in das Becherglas und beobachtet den Temperaturanstieg („Kalklöschchen“).

Das gebildete Ca-Hydroxid ist nach kurzer Zeit an der charakteristischen Hautbildung an der Oberfläche der gesättigten Lösung (Reaktion mit Kohlenstoffdioxid aus der Luft) und an der basischen Reaktion (Indikatorpapier) erkennbar.

ANMERKUNG: Intensives und längeres Erhitzen von kleinen Eierschalenstücken mit dem inneren Flammenkegel der Schweißbrenner-Flamme auf einer feuerfesten Unterlage (z. B. Gasbetonstein) führt zu gläsernen Oberflächen des weißen Rückstandes (Schmelzpunkt von CaO: 2570° C!).

Flammenfärbung einmal anders

MATERIAL: Kartoffelchips, rohe Kartoffel, Messer, Tiegelzange oder Pinzette, Mini-Schweißset, Schutzbrille, feuerfeste Unterlage.

DURCHFÜHRUNG: Von einer rohen Kartoffel wird eine ganz dünne, keilförmige Scheibe abgeschnitten. Diese Scheibe wird senkrecht mit dem „scharfen“ Rand voran in die weniger heiße, ebenfalls senkrecht positionierte Beiflamme des Schweißbrenners gehalten. Vom dünnen Rand her beginnt sofort die Verflüchtigung des Wassers und die Pyrolyse der organischen Stoffe. Es bildet sich ein weißes Rändchen („Asche“) mit anorganischen Salzen als Rückstand. Der Kaliumgehalt des anorganischen Anteils ist so groß, dass bei entsprechender Positionierung dieses Rückstandes im Flammensaum der Brennerflamme die charakteristisch violette Flammenfärbung auf Kalium positiv ist. Der Natriumgehalt ist meist so niedrig, dass die Kaliumflamme nicht vollständig überdeckt wird (Abbildung 7).

Ganz anders gestaltet sich das Erhitzen von Kartoffelchips. Positioniert man einen Kartoffelchip wie oben beschrieben in der Brennerflamme, so beginnt der Chip nach wenigen Sekunden zu brennen. Enthaltene Öle tropfen in überraschend großer Menge aus dem erhitzten Chip ab. Die Flamme wird aufgrund des hohen Salzgehaltes intensiv gelb gefärbt.

ANMERKUNG: Vorsicht: Das von den Kartoffelchips abtropfende Öl ist sehr heiß und kann auch entflammen! Feuerfeste Unterlage nicht vergessen.

Bologneser (Venetianische) Glastränen selbst gemacht

MATERIAL: Mini-Schweiß-Set, Schutzbrille, 250 ml Becherglas, ca. 4 cm hoch mit Wasser gefüllt, das noch bis zum Becherglasrand mit Paraffinöl

(dünnflüssig) überschichtet ist, Glasstab 8-10 mm, Schutzbrille, Hammer, Gefrierbeutel, Zange

DURCHFÜHRUNG: Ein etwa 5-10 cm langes Stück eines dickeren Glasstabes wird mit der Beiflamme des Schweißbrenners langsam erhitzt (Fächeln!). Nachdem große thermische Spannungen nicht mehr zu erwarten sind, erhitzt man das Ende des Glasstabes kräftig unter Drehen des Stabes, so dass sich ein größerer Tropfen bilden kann, den man schließlich aus etwa 20 cm Höhe in das Becherglas mit der Paraffinöl- bzw. Wasserschicht fallen lässt. Der fallende Tropfen zieht mitunter einen Faden, der noch eine Verbindung zum Glasstab darstellt. Dieser Faden wird nach dem Abschrecken der Träne abgeschmolzen.

Nach dem Erkalten kann man mit dem Hammer auf die Glasträne schlagen, ohne dass diese zerbricht. Kappt man jedoch (am besten in einem Gefrierbeutel) mit einer Zange den „Schwanz“ der Träne knapp am Übergang zum ovalen Glaskörper, so zerplatzt die Träne in viele kleine Stücke.

ANMERKUNG: Die Herstellung von richtig vorgespannten Venetianischen Glastränen ist offensichtlich schwieriger als die Literatur vermuten lässt. Die in den diversen Vorschriften vielfach vorgeschlagene Vorgangsweise, die mittels Lötlampe formbaren Glastränen einfach in Wasser fallen zu lassen, scheint nach eigenen Erfahrungen sehr oft nicht zielführend. Zu oft bersten die Glastropfen bereits nach wenigen Sekunden vorzeitig im kalten Wasser. Kühlt man den Tropfen jedoch bereits außerhalb des Wassers etwas vor oder ersetzt man das Wasser durch Paraffinöl, so kann man zwar sehr schöne Glastränen erzeugen, die inneren Spannungen der in Paraffinöl abgeschreckten Tränen sind aber häufig zu gering, um ein Bersten der Träne



Abbildung 8: Die Vorspannung einer Glasträne wird erzeugt durch das Tropfen in ein Glas mit einer Paraffin-Wasserschichtung.

beim Abbrechen Glasfortsatzes zu provozieren.

Nach eigenen Erfahrungen gelingt die Herstellung von maximal vorgespannten Glastränen am besten, wenn der aus einer Höhe von ca. 20 cm herabfallende Glastropfen zuerst durch eine Paraffinölschicht und dann erst in eine kalte Wasserschicht gelangt (siehe Abbildung 8).

Durch das ungleiche Abkühlen des Glastropfens (die Oberfläche kühlt wesentlich rascher als das Tropfeninnere) entstehen Spannungen, die man auch mittels Polarisationsfilter sichtbar machen kann (siehe Abbildung 9). Praktische An-

wendungen findet dieses Prinzip von vorgespannten Gläsern bei Windschutzscheiben, die beim Bersten in viele kleine Stücke zerfallen, um Schnittverletzungen möglichst zu vermeiden.

Methodisch-didaktisch Ökonomisches

Die seit einigen Jahren in allen größeren Baumärkten erhältlichen portablen Mini-Autogenschweißgeräte (z. B. Roxykit Plus, Roxykit 140 L oder Roxykit 400L von Rothenberger) sind in der Tat als sehr nützliches Lehrmittel für den Chemieunterricht mit 100-%igem Praxis-

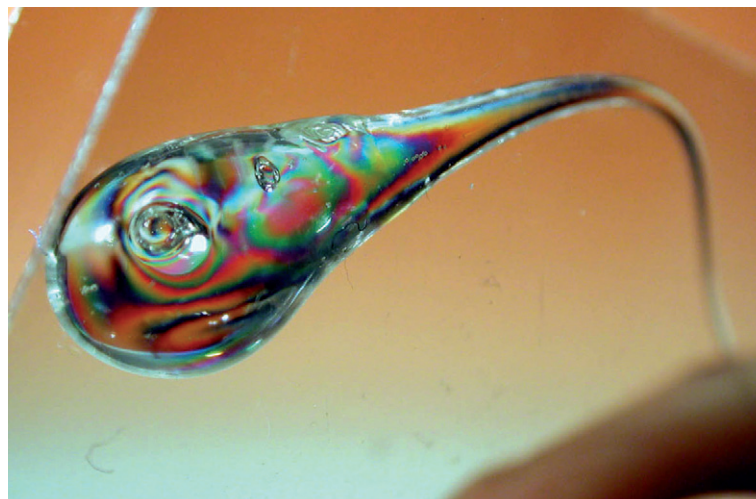


Abbildung 9: Spannungen in der Glasträne, sichtbar gemacht durch Polarisationsfilter.

Schweißgaskomponente (SGK)	Anteil [Vol%]	Reaktionsgleichungen für die einzelnen SGK (stöchiometrische Reaktion)	Molmasse der SGK [g]	Volumenanteil in 1000 ml Schweißgas (SG) [ml]	Massenanteil der SGK in 1000 ml SG [g]	Sauerstoffbedarf (stöchiom. Reaktion) für SGK in 1000 ml SG [ml]
Propadien	1,0	$C_3H_4 + 4 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 2 H_2O$	40	10	0,0164	40
Propen	27,7	$C_3H_6 + 4,5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 3 H_2O$	42	277	0,4778	1246
Propan	3,4	$C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$	44	34	0,0614	170
Propanon	17,0	$C_3H_6O + 4 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 3 H_2O$	58	170	0,4050	680
Butan	49,4	$C_4H_{10} + 6,5 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 5 H_2O$	58	494	1,1768	3211
Propin	1,5	$C_3H_4 + 4 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 2 H_2O$	40	15	0,0246	60
Gesamt	100		0,27	1000	2,1620	5407

Tabelle 1:
Kalkulation des Sauerstoffbedarfs.

bezug anzusehen, auch wenn nicht alle Pflichtschulabgänger zum Installateur oder Automechaniker mutieren.

Für den schulischen Einsatz als sehr praktisch erweist sich das handliche Format (lecture bottles) und die Tatsache, dass die Gefährdungspotentiale, die von gewerblich verwendetem Ethin ausgehen könnten, voll berücksichtigt sind:

Eine der beiden Einweg-Druckflaschen ist mit reinem Sauerstoff gefüllt; die zweite Flasche (Druckdose) enthält jedoch nicht Ethin, sondern das bereits bei 3 bis 4 bar verflüssigbare Propin (1,5 Vol%) im Gemisch mit anderen Gasen wie Propadien (1,0 Vol%), Propen (27,7 Vol%), Propan (3,4 Vol%), Butan (49,4 %), Propanon (17 Vol%).

Unter der Annahme, dass die Verbrennung dieser organischen Stoffe mit dem Schweißbrenner mit Sauerstoff stöchiometrisch erfolgt, kann der Sauerstoffbedarf leicht kalkuliert werden (siehe Tabelle 1).

Für 1000 ml Schweißgas (bei 20° C und 105 Pa) ergeben sich rechnerisch unter Berücksichtigung der angegebenen Volumenanteile der einzelnen Schweißgaskomponenten mit Hilfe der Molmassen und der allg. Gasgleichung insgesamt rund 2,16 g an Brennstoffmasse (Zwischenergebnis, siehe Ta-

belle 1). Die auf der Druckdose angegebene Füllmenge von 338 g müsste demnach unter den Bedingungen für rund 156 Liter Schweißgas stehen (Annahme: Verhalten als ideales Gas bei 105 Pa, 293 K). Für 1000 ml Schweißgas errechnet sich aus den stöchiometrischen Verhältnissen ein Sauerstoffbedarf von 5407 ml (siehe Tabelle 1). Für das ganze Schweißgas in 1 Druckdose (entspannt ca. 156 Liter) wären somit theoretisch mindestens rund 843 Liter Sauerstoff notwendig. Der zum zitierten Schweißset zugehörige Druckbehälter für Sauerstoff (Volumen 930 ml, Fülldruck bei 15 °C ca. 110 bar) enthält rund 104 Liter Sauerstoff (bei 20 °C und 105 Pa). Theoretisch (stöchiometrische Verbrennung) sind somit für eine Druckdose Hochleistungsgas mehr als acht Sauerstoff-Flaschen notwendig. Die Erzeugerfirma bestätigt für den optimalen Schweißbrenner-Betrieb sogar einen noch höheren Sauerstoffbedarf. Die kritische Größe bei der Nachschaffung der Einwegbinde stellt somit der Sauerstoff dar.

Die Anschaffungskosten für das komplette Schweißset liegen unter 115 Euro (System Roxykit plus; Stand November 2011). In Deutschland wurde auch schon ein deutlich billigeres Konkurrenzprodukt als

Baumarktware gesehen. Die Nachschaffung des Sauerstoffbehälters mit ca. 104 Liter entspanntem O₂ kostet derzeit etwa 22 Euro. Der Literpreis für reinen Sauerstoff, der über die Schweißbrennerarmatur selbstverständlich auch für jedes andere Schulexperiment mit Sauerstoff verfügbar ist, beträgt somit rund 0,22 Euro.

Mit einer Flasche Sauerstoff kann man das Schweißset ca. 30 Minuten betreiben. Die Betriebskosten für ein durchschnittliches Experiment (Sauerstoffbedarf für 3 Minuten Gesamtbrenndauer) betragen somit etwa 2,2 Euro. Seit einiger Zeit gibt es von der Fa. Rothenberger auch die Systeme Roxykit 140 L und Roxykit 400 L, die eine dazupassende wiederbefüllbare Sauerstoff-Flasche besitzen. Die Anschaffungskosten liegen wegen des notwendigen zusätzlichen Reduzierventils bei etwa 230 Euro (Roxykit 140 L) bzw. 360 Euro (Roxykit 400 L mit 2 l Sauerstoff-Flasche, wiederbefüllbar).

Die Nutzung eines Mini-Schweißsets als Energiequelle eröffnet eine ganze Palette von Möglichkeiten, Microscale-Experimente bei hohen Temperaturen sehr zeitsparend anzulegen. In diesem Beitrag sind nur einige Beispiele exemplarisch angeführt.

Literatur

- [1] H.-J. Becker, H. Hildebrandt: Das Unterrichtsthema Glas in chemiedidaktischen Zeitschriften. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 32-36
- [2] D. Klüsche, A. Schleip: Herstellung von kleinen Glassteinen mit schulischen Mitteln. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 32-36
- [3] P. Pfeifer, C. Bindel: Glasherstellung im Schulversuch. In: NiU-Chemie 7 (1996), Nr. 35, S. 32-34
- [4] A. Lühken, H.-J. Bader: Hochtemperaturchemie im Haushalts-Mikrowellenofen. In: Chemkon 8 (2001), Nr. 1, S. 7-14
- [5] C. Bindel, P. Pfeifer: Sachstruktur zum Thema Glas – ein Überblick. In: NiU-Chemie 7 (1996), Nr. 35, S. 4-8
- [6] R. Weiszmann: Glaszustand und Struktur. In: NiU-Chemie 7 (1996), Nr. 35, S. 9-12
- [7] P. Pfeifer: Glas als Werkstoff. In: NiU-Chemie 7 (1996), Nr. 35, S. 13-18
- [8] N. Neuroth: Glas für optische Anwendungen. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 2-7
- [9] K. Fischer: Glas: seine Herstellung und Verwendung. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 8-9
- [10] D. Klüsche, A. Schleip: Vorschlag für eine Projektwoche zum Thema „Glas“. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 15-21
- [11] R. Lemke: Keramo – partiell entglastes Glas. In: PdN-Ch 46 (1997), Nr. 1, S. 28-30
- [12] V. Obendrauf: Von Hochzeitskanonen und Blitzen unter Wasser. In: Chem. Sch. (Salzbg) 14 (1999), Nr. 3, S. 12-16
- [13] P. Hoffmann.: Aus vier Jahrzehnten deutscher Autogentechnik. Verlag Carl Marhold, Halle 1942.

Mineralöl aus der Verpackung ins Lebensmittel

Das BfR hat eine neue Analysenmethode für Mineralölreste gezeigt

Vor zwei Jahren wurden in Lebensmitteln gesundheitlich bedenkliche Mineralölgehalte nachgewiesen, die aus Kartonverpackungen aus Recyclingfasern stammten. Auf einer Veranstaltung des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) wurden Ende September verschiedene Möglichkeiten seitens der Industrie vorgestellt, die den Übergang von Mineralöl auf Lebensmittel senken, insbesondere auch technologische Lösungen wie Barrieren durch Kunststoffbeschichtungen oder Innenbeutel. Zudem berichtete man von neuen Analysemethoden, mit denen Labore die Belastung von Lebensmitteln mit Mineralöl untersuchen können.

Damit stünden nun praktikable Methoden zur Verfügung, die breitflächig angewandt werden können und somit zum Schutz der Verbraucher beitragen, bewertete BfR-Präsident Prof. Andreas Hensel vor 400 Fachleuten in Berlin die Situation.

Eintragswege für Mineralöl in die Lebensmittelverpackungen sind Druckfarben, die vor allem über Zeitungen und Werbeprospekte in den Recyclingkreislauf gelangen. Die Mineralölgemische dunsten aus und gehen aus der Verpackung in das Lebensmittel über. Die gesundheitliche Risikobewertung der Befunde von Mineralöl in Lebensmitteln ist schwierig, da es für die gefundenen Substanzen keine Daten zur Giftigkeit nach Aufnahme über Lebensmittel gibt.

Bislang stand nur ein Analyseverfahren zum Nachweis von Mineralölgehalten in Lebensmitteln zur Verfügung, das eine sehr spezielle Analysetechnik erfordert und von den Laboren der Lebensmittelüberwachung nicht angewendet werden konnte. Das Nationale Referenzlabor für „Stoffe, die dafür bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen“ am BfR hat auf der Fachtagung jetzt eine neue Methode vorgestellt, die die technischen Voraussetzungen der amtlichen Lebensmittelüberwachung berücksichtigt.

Die Methode ist am BfR in Zusammenarbeit mit dem Kantonalen Labor Zürich entwickelt worden. Sie basiert auf einer gaschromatographischen Analyse der Mineralöle nach manueller säulenchromatographischer Vortrennung. Zur Unterstützung der interessierten Labore beim Aufbau der Analytik wurde ein Methodenentwicklungs-Kit entwickelt.

Um den Übergang von Mineralölgemischen aus Recyclingverpackungen in das Lebensmittel zu stoppen, können technologische Lösungen auf Basis von Barriereschichten wie Innenbeutel oder Beschichtungen auf der Innenseite von Verpackungen aus bereits bewerteten Kunststoffen verwendet werden. Aus Sicht des BfR stellen diese eine nachhaltige und vor allem kurzfristig umsetzbare Lösung dar. Zudem kann so auch ausgeschlossen werden, dass möglicherweise weitere gesundheitsschädliche Stoffe aus der recycelten Verpackung auf das Lebensmittel

übergehen. Die präsentierten Versuchsdaten zu den unterschiedlichen Barrierelösungen zeigen, dass der Übergang von Mineralölgemischen auf das Lebensmittel deutlich reduziert werden konnte.

Hintergrund

Schweizter Untersuchungsergebnisse des Kantonalen Labors Zürich zeigten, dass Kartonverpackungen für Lebensmittel hohe Mineralölanteile enthalten, die auf das Recycling von Zeitungspapieren und die darin enthaltenen Druckfarben zurückgeführt werden konnten. Ein Übergang dieser Mineralöle auf Reis wurde in Mengen bis zu 19,4 mg/kg bestimmt. Es handelt sich dabei um kürzerkettige Mineralölfraktionen mit Kohlenstoff-Zahlen unterhalb von 25 (< C25) und einem hohen Anteil an Aromaten (10-25 %).

In tiereperimentellen Studien sind nach Gabe von Mineralölen mit niedriger bis mittlerer Viskosität toxische Wirkungen in Leber und Lymphknoten gefunden worden. In diesen Organen werden Ablagerungen von mineralischen Kohlenwasserstoffen auch beim Menschen nachgewiesen.

Recyclingkartons enthalten typischerweise 300-1000 mg/kg Mineralöl mit einer relativ geringen molaren Masse (hauptsächlich n-C18 bis n-C22) und einem Gehalt von aromatischen Anteilen zwischen 15-20 %. Bei den in den Kartons nachgewiesenen Mineralölgemischen handelt es sich um paraffinartige (offenkettige, meist verzweigte) und naphthenartige (zyklische) Kohlenwasserstoffe, die als „mineral oil saturated hydrocarbons“ (MOSH) bezeichnet werden, sowie um aromatische Kohlenwasserstoffe, „mineral oil aromatic hydrocarbons“ (MOAH), die vor allem aus hoch alkylierten Systemen bestehen.

Mineralöle sind Gemische sehr unterschiedlicher Zusammensetzung, die aufgrund ihrer

Viskosität in 2 Gruppen eingeteilt werden: einerseits Mineralöle mit hoher Viskosität und andererseits solche mit mittlerer und niedriger Viskosität, die in 3 weitere Klassen unterteilt werden. Die unterschiedliche Toxizität der Gemische führte zur Ableitung von akzeptablen täglichen Aufnahmemengen (ADI), die sich um mehrere Größenordnungen unterscheiden. Am stärksten toxisch sind Verbindungen mit niedrigem Schmelzpunkt und niedriger Viskosität. Für Mineralöle mit niedriger bis mittlerer Viskosität (Class II, Class III) wurde von der JECFA (2002) ein temporärer ADI von höchstens 0,01 mg/kg Körpergewicht pro Tag vorgeschlagen; dagegen wurde der ADI für Mineralöl Class I bei 10 mg/kg Körpergewicht pro Tag festgesetzt. Kürzlich hat die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA, ANS Panel, 2009) für Weißöle mit hoher Viskosität (CAS Nr 80422-47-5, Kohlenstoffzahl C22 bis C60; frei von aromatischen Kohlenwasserstoffen; diese Weißöle werden auch als medizinische Paraffinöle bezeichnet) als Lebensmittelzusatzstoff einen ADI von 12 mg/kg Körpergewicht pro Tag abgeleitet.

Tiereperimentelle Ergebnisse zeigen, dass die Toxizität der Mineralöle mit ihrer Akkumulation im Körper korreliert (O'Hagan et al., 1996). Entscheidend für die Akkumulation ist vor allem die Resorption der Verbindungen (normale Paraffine < verzweigte Paraffine < zyklische Paraffine). Der Zusammenhang zwischen der gastrointestinalen Resorption und der Länge der Kohlenwasserstoffketten ergibt sich aus folgenden Angaben: für C28-Verbindungen liegt die Resorption bei bis zu 5 % und für C14-Verbindungen bei 60 % (EFSA, 2009).

Anreicherung beim Menschen

Auch beim Menschen kommt es aufgrund von natürlichen sowie

artifiziellen Einträgen von mineralischen Kohlenwasserstoffen in Lebensmittel zur Anreicherung im Körperfett (durchschnittlich etwa 60 mg/kg) und in ähnlichen Konzentrationen in der Muttermilch (Biedermann et al., 2009). Ablagerungen von Mineralölen wurden wiederholt in Leber, Milz, Lymphknoten und anderen Geweben des Menschen nachgewiesen. Eine klinische Signifikanz dieser Ablagerungen und den damit einhergehenden histopathologischen Veränderungen (intra- und extrazelluläre Öltröpfchen mit minimaler Makrophagen-Reaktion) konnte bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden (EFSA, 2009).

Die Werte der Untersuchungen im Kantonalen Labor Zürich ergaben im Detail für einen Reis, der in einer Faltschachtel verpackt war, mit GC/FID-Analytik Gehalte von 15,4 mg/kg MOSH mit einer Kettenlänge von bis zu C28, davon 14,1 mg/kg mit einer Kettenlänge < C24. Für die MOAH wurden 4,0 mg/kg gemessen. Die Untersuchung erfolgte nach 8-monatiger Lagerung. Der Vergleich der absoluten Gehalte im Reis und im Karton zeigt, dass das Verteilungsgleichgewicht auf der Seite des Lebensmittels liegt (Biedermann, Grob 2010). Es ist nach Ansicht der Wissenschaftler davon auszugehen, dass der gemessene Übergang zu einem wesentlichen Anteil über die Gasphase erfolgt.

Weitere Daten zum Übergang auf Lebensmittel lagen laut BfR, die 2010 dazu eine Stellungnahme mit den o.g. Ergebnissen veröffentlichte, nicht vor. Eine Expositionsabschätzung sei deshalb nur begrenzt möglich. Der Verzehr einer Portion des untersuchten Reises würde unter der Annahme einer Portionsgröße von 100 g für eine Person mit einem Körpergewicht von 60 kg zu einer Aufnahme von 0,026 mg MOSH und 0,007 mg MOAH pro kg Körpergewicht führen.

ANALYSEN



Altmann Analytik GmbH & Co. KG
München
Tel: 089 724805-90
info@analytics-shop.com
www.analytics-shop.com
Zubehör für Chromatographie
und Probenvorbereitung
HPLC Säulen, Spritzenfilter, Vials uvm.

Analytische Laboratorien
Prof. Dr. H. Malissa u. G. Reuter GmbH
Postfach 1106, D-51779 LINDLAR
Tel. 02266 4745-0, Fax 02266 4745-19

Ilse Beetz
Mikroanalytisches Laboratorium
Postfach 1164, D-96301 Kronach
Industriestr. 10, D-96317 Kronach
Tel. 09261 2426, Fax 09261 92376

ARBEITSSCHUTZARTIKEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

CHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

GERBU Biotechnik GmbH
Rischerstr. 12, D-69123 Heidelberg
Tel.: 06221 726416 0
Fax: 06221 726416 9
www.gerbu.de, E-mail: info@gerbu.de

DEUTERIUMLAMPEN



0 61 51/88 06-0
Fax 0 61 51/89 66 67
www.LOT-Oriel.com

DICHTUNGSSCHEIBEN AUS GUMMI MIT AUFVULKANISIERTER PTFE-FOLIE

GUMMI WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, D-31135 Hildesheim
Teletex 5 121 845 GUMWOE
Tel. 05121 7825-0

FTIR-SPEKTROMETER-ZUBEHÖR



0 61 51/88 06-0
Fax 0 61 51/89 66 67
www.LOT-Oriel.com

GEFRIERTROCKNER

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 8380-80
Internet: <http://www.zirbus.de>

GEFRIERTROCKNUNGSANLAGEN



Martin Christ GmbH
Postfach 1713
D-37507 Osterode/Harz
Tel. 05522 5007-0
Fax 05522 5007-12

HOHLKATHODENLAMPEN



0 61 51/88 06-0
Fax 0 61 51/89 66 67
www.LOT-Oriel.com

KÜHLUND TIEFKÜHLGERÄTE



LAB TECHNOLOGY

Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com

KÜVETTEN

Hellma GmbH & Co. KG
Postfach 1163
D-79371 Müllheim
Tel. 07631 182-0
Fax 07631 135-46
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

LABORCHEMIKALIEN



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOREINRICHTUNGEN

Wesemann GmbH & Co. KG
Postfach 1461, D-28848 Syke
Tel. 04242 594-0, Fax 04242 594-222
<http://www.wesemann.com>

LABORHILFSMITTEL



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

LABOR-SCHLÄUCHE UND -STOPFEN AUS GUMMI

GUMMI WÖHLEKE GmbH
Siemensstr. 25, D-31135 Hildesheim
TeleTex 5121845 GUMWOE
Tel. 05121 7825-0

LABORZENTRIFUGEN, KÜHLZENTRIFUGEN



LAB TECHNOLOGY

Föhrenstr. 12
D-78532 Tuttlingen
Tel. 07461 705-0, Fax 07461 705-125
www.hettichlab.com
info@hettichlab.com



Sigma Laborzentrifugen GmbH
Postfach 1713
D-37507 Osterode/Harz
Tel. 05522 5007-0
Fax 05522 5007-12

LEITFÄHIGKEITS-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

Große
Anzeigen zu
teuer? Hier
kostet ein
Eintrag nur
6 Euro pro
Zeile, ein
Millimeter
pro Spalte
3 Euro!

MIKROSKOPE



**Labor- und Routine-
Mikroskope
Stereolupen und
Stereomikroskope**

Helmut Hund GmbH
Postfach 1669 · 35526 Wetzlar
Telefon: (0 64 41) 20 04-0
Telefax: (0 64 41) 20 04-44

OLYMPUS OPTICAL CO.
(EUROPA) GMBH
Produktgruppe Mikroskope
Wendenstr. 14-18
D-20097 Hamburg
Tel. 040 237730
Fax 040 230817
email: microscopy@olympus-europa.com

OPTISCHE TAUCHSONDEN

Hellma GmbH & Co. KG
Postfach 1163
D-79371 Müllheim
Tel. 07631 182-0
Fax 07631 135-46
www.hellma-worldwide.com
aus Glas, Spezialgläser, Quarzgläser

PARTIKELANALYSE



0 61 51/88 06 - 0
Fax 0 61 51/89 66 67
www.LOT-Oriel.com

PH-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

REINIGUNGSMITTEL FÜR LABORGLAS



Roth GmbH + Co. KG
Postfach 10 01 21
D-76231 Karlsruhe
Tel. 0721 56060

SAUERSTOFF-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

TEMPERATUR-MESSGERÄTE



HANNA Instruments
Deutschland GmbH
Lazarus-Mannheimer-Straße 2-6
D-77694 Kehl am Rhein
Tel. 07851 9129-0 Fax 07851 9129-99

STERILISATOREN

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 838080
Internet: <http://www.zirbus.de>

THERMOMETER

Amarell GmbH & Co KG
D-97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. 09342 9283-0
Fax 99342 39860



TEMPERATUR-MESSGERÄTE

Amarell GmbH & Co KG
D-97889 Kreuzwertheim
Postfach 1280
Tel. 09342 9283-0
Fax 99342 39860



VAKUUMKONZENTRATOREN

Zirbus technology
D-37539 Bad Grund
Tel. 05327 8380-0, Fax 05327 838080
Internet: <http://www.zirbus.de>

**Große Anzeigen zu teuer?
Hier kostet ein Eintrag nur
6 Euro pro Zeile,
ein Millimeter pro Spalte
3 Euro!**

The screenshot shows the website's layout with a top navigation bar containing 'Kontakt', 'Newsletter', 'Anzeigen schalten', 'Über uns', 'FAQ', and 'Shop'. Below this is a search bar and a 'Sitemap Profisuche' link. The main content area is titled 'Labor Magazin ANALYTIK NEWS' and features a sidebar on the left with categories like 'Labor Magazin', 'Produktneuheiten', and 'Stellenangebote'. The central text area contains an introduction to the magazine, a search bar for 'SPRESIweb', and several news items under 'Produktneuheiten' and 'Stellenangebote'. A right sidebar features 'Metrohm Ionenanalytik' with images of laboratory equipment like 'Titration', 'Ionenchromatographie', 'Elektroanalytik', and 'ProcessLab'. The footer includes 'Dr. Beyer Internet-Beratung' and various contact links.

Was Sie bei uns finden

- Newsletter
- Produktneuheiten
- Nachrichten
- Fachbeiträge
- Veranstaltungskalender
- Stellenmarkt
- Branchenbuch
- Diskussionsforum
- Linksammlung

Gesicherte Analyseergebnisse durch kontrollierte Bedingungen



Die Wasseranalytik erfordert eine qualifizierte Analytische Qualitätssicherung (AQS), die auf einer einheitlichen Grundlage durchzuführen ist. Die hierfür erforderlichen Informationen und Arbeitshilfen finden Sie in dieser bewährten Sammlung von Merkblättern zu den AQS-Rahmenempfehlungen.

AQS-Merkblätter bedeuten konkrete Arbeitshilfen:

- ▶ Sachkundige Informationen für alle, die sich auf dem Gebiet des Gewässerschutzes mit Fragen der Analysenqualität befassen
- ▶ Antworten auf wichtige Fragen zur analytischen Qualitätssicherung und zur statistischen Qualitätskontrolle
- ▶ umfangreiche analysetechnische Informationen zu Normen zur Verbesserung der Ergebnisqualität
- ▶ Empfehlungen und Leitlinien aus der Hand der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

AQS-Merkblätter für die Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung

Loseblattwerk, 528 Seiten,
ca. 1 Ergänzungslieferung pro Jahr,
€ (D) 78,-, ISBN 978-3-503-03197-9

Weitere Informationen:

 www.ESV.info/978-3-503-03197-9



ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin
Fax 030/25 00 85-275 · www.ESV.info · Tel. 030/25 00 85-229 · ESV@ESVmedien.de