

# CLB

*Chemie in Labor und Biotechnik*

Analytik

Biotechnik

Optimierte Prozesse

Komplexe Materialien

Maßgeschneiderte Moleküle

Menschen und Chemie

Aus- und Weiterbildung

- Reizleitung bei Pflanzen
- Feuerzeuge: Geschichte, Chemie und Experimente (2)
- Phasenkontrastverfahren
- Ölkatastrophe im Golf von Mexiko

## Alaska im Ölfieber

Das Prudhoe Bay-Feld an der Nordküste Alaskas, dem sogenannten North Slope (Nordhang), verfügt jüngsten Schätzungen zufolge über Ölreserven in der Größenordnung von 700 Millionen bis 1,4 Milliarden Tonnen.<sup>1)</sup> Seit hier Ende 1968 eine Versuchsbohrung der *Atlantic Richfield Company* als erste erfolgreich war, hat der Ölboom ungeahnte Ausmaße angenommen.

Bis zu dem Zeitpunkt hatte der US-Bundesstaat Alaska an Ölfirmen und Prospektoren alles in allem 367 000 Hektar Land zum Preis von durchschnittlich 33 Dollar pro Hektar verpachtet. Im September 1969 wurden für 182 500 Hektar staatseigenen Bodens in der Umgebung des ersten Fundortes Preise gezahlt, die die Pachteinnahmen insgesamt auf über 900 Millionen Dollar brachten. Das bisher höchste Gebot eines der Ölfirmenkonsortien: 69 726 Dollar pro Hektar. Anfang der sechziger Jahre hätte man in diesem Gebiet Schürfrechte noch für 1,25 Dollar erwerben können.

Neben der Pacht erhebt der Staat Alaska darüber hinaus eine Bodennutzungsgebühr von 12% und eine Schürfststeuer von 4% vom Erzeugerpreis pro geförderter Tonne Rohöl. Die Einnahmen aus den Bodennutzungsgebühren allein werden, wenn die Produktion wie erwartet anläuft, die Höhe des alaskischen Staatshaushaltes für 1969 erreichen. Für bundeseigenes Land, und das ist ein großer Teil des größten Staates der USA, darf Alaska 90% der Bodennutzungsgebühr für sich beanspruchen, wenn dort Öl gefördert wird.

Geologische Formationen ähnlich den öföföhrenden Schichten des Prudhoe Bay-Feldes finden sich überall am Rande des Eismeeers. Erfahrene Fachleute halten es für wahrscheinlich, daß auch in den angrenzenden Gebieten Öl gefunden wird. In diesem Falle wären die Ölreserven etwa mit dem Fünffachen des eingangs genannten Schätzwertes zu veranschlagen.

Die Schwierigkeiten, die die Erschließung der Ölvorkommen Alaskas mit sich bringt, sind gewaltig. Trotzdem halten die Ölgesellschaften das Prudhoe Bay-Projekt für rentabel genug, um Milliarden Dollar in den Bau einer Pipeline quer durch Alaska und eines modernen Verladehafens an der eisfreien Südküste zu investieren. Bei einem Rohrdurchmesser von 1,22 m und einer Länge von

<sup>1)</sup> Vgl. auch diese Ztschr. 29, 165 (1969).

166

Alaska im Ölfieber

rund 1300 km soll diese Fernleitung in vollem Betrieb täglich über 280 000 Tonnen Rohöl transportieren. 640 km Nebenleitungen mit geringerem Durchmesser wurden zusätzlich geplant.

Wenn im Frühjahr 1970, wie vorgesehen, mit dem Bau begonnen wird, gilt es eine Reihe ungewöhnlicher Probleme zu meistern. Der Dauerfrostboden der alaskischen Tundra, der sich bei Erwärmung in bodenlosen Morast verwandelt, läßt die Verlegung der Rohre auf die übliche Weise kaum zu. So müßte zumindest im Norden Alaskas ein Teil der Rohrleitung auf tief im Boden verankerte Ständer montiert werden. Ein anderes Problem werfen die Wanderzüge der Karibous, der alaskischen Rentiere, auf. Um eine Beschädigung der Pipeline durch die Herden zu verhindern, wurde z. B. schon die ursprünglich geplante Trasse über einen niedrigen Gebirgspäß zugunsten eines höher gelegenen Passes geändert. Spätestens 1972 soll das erste Öl durch diese Pipeline strömen und von Tankern zur Westküste der USA transportiert werden.

Nachdem feststand, daß es sich bei dem neu entdeckten Vorkommen um eines der reichsten auf dem nordamerikanischen Kontinent handelt, recheneten sich einige Ölfirmen aus, daß der Transport des Öls zu den Ostküstenhäfen der USA auf dem Seeweg über die sogenannte Nordwestpassage schätzungsweise um 4,30 Dollar pro Tonne billiger sein würde als der via Pipeline und Panamakanal. Aus dieser Überlegung heraus sandte *Esso* den zum Eisbrecher umgebauten 150 000 Tonnen-Tanker S. S. „Manhattan“ aus, die Passierbarkeit der sogenannten Nordwestpassage zwischen Grönland und Kanada für Schiffe dieser Größenordnung zu erkunden. Die Manhattan erreichte am 21. September 1969 nach 29 Tagen abenteuerlicher Fahrt durch das Packeis Port Barrow in Nordalaska. Aber es sind sicher noch weitere Probefahrten und eine eingehende Prüfung der Ergebnisse notwendig, ehe die Wirtschaftlichkeit des Öltransportes auf dieser Route als erwiesen angesehen werden kann.

Fachleute der *Atlantic Richfield Company* schätzen, daß sich der Preis des North Slope-Öls pro Tonne auf 11,60 bis 14,70 Dollar plus Transportkosten (Nordeuropa via Nordwestpassage, falls möglich: 2,80 Dollar; Yokohama, Japan: 4,20 Dollar; US-Ostküste via Nordwestpassage: 4,20 Dollar; und US-Ostküste via Panamakanal: 10,20 Dollar) stellen wird. Es sieht heute jedenfalls noch nicht so aus, als könne das Alaska-Öl im Falle der Aufhebung des den amerikanischen Binnenmarkt schützenden Ölimportquotensystems mit dem Öl aus dem Mittleren Osten, Venezuela oder anderen Erzeugerländern konkurrieren.

Alaska-Öl könnte aber für den Fall Bedeutung gewinnen, daß — aus welchen Gründen auch — ältere Fördergebiete nicht mehr genügend Öl produzieren oder als Lieferquelle ausfallen. Indirekt werden die Ölfunde an der Prudhoe Bay zweifellos auch die Ausbeutung anderer reicher Minerallagerstätten vor allem in Kanada begünstigen, deren Erschließung bisher kaum erst in Angriff genommen wurde. Sie könnten eine Entwicklung einleiten, die das Bild der Weltwirtschaft in den kommenden Jahren verändert. (A. D.)

Ölvorkommen haben schon wiederholt zu Euphorie wie auch zu Skepsis und Ablehnung Anlass gegeben (siehe in dieser CLB: „Erdöl um jeden Preis fördern“ ab Seite 418). Wir drucken hier einen Artikel aus der CLB vom April 1970 ab, der vor allen Dingen die zuerst genannte Gefühlslage zum Ausdruck bringt. Damals, vor 40 Jahren, war „Alaska im Ölfieber“. 19 Jahre später wurde die Region durch die Exxon Valdez-Katastrophe bekannt... Aber immerhin: Alaska gehört zu den wirtschaftlich erfolgreichsten Bundesstaaten der USA. Die Quelle des Reichtums stellen die Ölvorkommen Alaskas dar, welche rund 85 Prozent der staatlichen Einnahmen ausmachen. Einmalig in den USA ist dabei der Alaska Permanent Fund, der die Einnahmen des Ölgeschäfts verwaltet und den jährlichen Gewinn zu gleichgroßen Teilen unter den Bewohner Alaskas verteilt. So erhielt jeder Bewohner Alaskas 2006 zusätzliche Einkünfte aus dem Fonds in Höhe von etwa 1100 US-Dollar.

Hier unten ein Kommentar, den ich vor 25 Jahren in der „Chemischen Rundschau“ geschrieben habe, und der von seiner Kernaussage her nach wie vor gültig ist (siehe Editorial nebenan). RK

Solothurn/Weinheim, 2. August 1985, Chemische Rundschau Nr. 31

### Der Kommentar

## Lernen fürs Leben?

Als Boris Becker in Wimbledon wahlkriterium sämtlicher Ausbildungsgänge einschließlich Bundeswehr (Schule der Nation) und Hochschule ist die Fähigkeit, viel lernen zu können — oft gepaart mit formal-juristischen Anforderungen. Im Sinne von «Nur bei Grünen keine Schlagzeilen für diesen Sieger, wer kennt überhaupt den naturwissenschaftlichen Wettbewerb, der im letzten Jahr übrigens in Frankfurt stattfand?

Offenbar hat bei uns die Naturwissenschaft im Bewußtsein der Menschen noch nicht den Stellenwert eingenommen, der ihr in ihrer Bedeutung für das tägliche Leben zukommt. Für die Medien fehlt das Zuggeld. Es gibt keine Millionen zu gewinnen und somit auch keine Traumvorstellung für die breite Masse, die ja durchaus auch einer intellektuellen Sportart über lange Zeit zu folgen bereit ist: Schach.

Gerade dieser Vergleich führt aber auf das Grundproblem: Schachspielen kann zumindest ansatzweise jeder, Problemstellungen aus den Naturwissenschaften sind für die meisten «Böhmische Dörfer». Gründe dafür dürften in unserem Ausbildungssystem zu finden sein.

Wird doch immer noch in den Gymnasien viel Latein gelehrt — etwa mit der Begründung, dadurch werde das logische Denkvermögen geschult. Als ob es keine Mathematik gäbe, nach Newton die Sprache der Schöpfung. Die Universitäten müssen dann für die Natur- und Ingenieurwissenschaften in Einführungskursen Versäumtes nachholen. Oder wie steht es mit dem Unterricht an Computern? Die Schulen in Großbritannien sind da wohl etwas weiter (siehe S.13).

Das Problem liegt jedoch noch etwas tiefer. Wesentliches Aus-

r Tat  
si der  
studie  
näh-  
Pla-  
ß hat-  
fahrer  
roben-  
eine  
efun-  
stelle,  
enbu-  
gerer  
auf zu  
r den

vültig  
n Sie  
n aus

Es ist  
e des  
Land-  
nen-  
nt zu  
erna-  
aber  
aus  
lbar.

für  
zu-  
den  
Dann  
e der  
stoff,  
en.

Ent-  
uro-  
men

llge-  
vien  
lung  
wäh-  
mien

daß  
zum  
stal-  
tand

samt  
Mög-  
offe,  
drüd-

## Liebe CLB-Leserin, lieber CLB-Leser,

Änderungen bei einer Zeitschrift erfolgen, um äußerliche Attraktivität und Lesefreundlichkeit zu verbessern. Das betrifft das Layout. Inhaltliche Richtungsänderungen ergeben sich aus dem thematischen Umfeld der Zeitschrift. Meist erfolgen solche Änderungen eher in kleinen Schritten. Als eine der erfolgreichsten Änderungen der CLB in der jüngeren Zeit hat sich die Einführung der kleinen Rubrik „Der neueste Stand – aktuelle Informationen zu früheren CLB-Artikeln“ erwiesen. Ich habe diese Rubrik mit der März-CLB dieses Jahres eingeführt. Seither gab es die Rubrik in jeder Ausgabe. Das zeigt einmal das schnelle Fortschreiten unserer Wissenschaften und Technik, andererseits, dass die CLB mit ihren Themen sich vielfach am Puls der Zeit orientiert, auch wenn wir gerne geschichtliche Entwicklungen aufzeigen wie etwa mit der „Streichholz- und Feuerzeug-Trilogie“, die in dieser Ausgabe ihren Abschluss findet.



Sehr häufig beziehen sich die „Neuester Stand“-Meldungen auf die molekularen Biowissenschaften, so mit „Epigenetik“ auch in einer der zwei Meldungen dieser CLB (s.S. 411). Kein Wunder bei dem Fortschritt in diesen Wissenschaften: Studiengänge in den molekularen Biowissenschaften sind bei Studierenden sehr begehrt. Erfreulich dabei ist, dass bei aller Diskussion um Studienreformen die Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie (GBM) zu der Einschätzung kommt, dass wichtige Schritte bei der Umstellung auf Bachelor- und Masterstudiengänge gelungen sind. Sie sieht aber einen entscheidenden Reformbedarf für einen fächerübergreifenden Unterricht in Kleingruppen und fordert dringend, dafür mehr Lehrpersonal zur Verfügung zu stellen. Unterstützt wird diese Forderung vom Arbeitskreis Hochschule des Dachverbandes der Deutschen Biowissenschaftler, dem Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBIO).

Kritisiert wird insbesondere, dass zuviel Wert auf reines Faktenwissen gelegt werde. In den neuen Studiengängen werde derzeit noch zu wenig berücksichtigt, dass – wörtlich – „die erfolgreiche Beantwortung einer Fragestellung in der beruflichen Praxis häufig vom synergistischen Einsatz eines breiten Wissensspektrums abhängt. Fachübergreifendes integratives Denken ist wichtiger als übermäßige Spezialisierung.“ Hört, hört: Das ist eine Einstellung, die ich seit Jahrzehnten vertrete

und erstmals vor 25 Jahren in einem Kommentar in der Fachzeitschrift „Chemische Rundschau“ verdeutlicht habe. Das damals Geschriebene ist nach wie vor gültig (siehe Abdruck gegenüberliegende Seite). Die CLB jedenfalls wird weiterhin fachübergreifende Artikel liefern.

Ganz unbeweglich ist das Ausbildungssystem ja nicht. Die deutsche Forschungsministerin Annette Schavan verkündete kürzlich zumindest für einen Ausbildungssektor, der im Erwachsenenalter angesiedelt ist: „Das Professorinnenprogramm ist erfolgreich.“ Immerhin: Der Anteil von Professorinnen an deutschen Hochschulen stieg in den vergangenen rund zehn Jahren kontinuierlich: von 9,9 Prozent im Jahr 1999 auf 17,2 Prozent 2008 (nebenbei: das „Professorinnenprogramm“ von Schavan gibt es seit 2007). Das ist erfreulich, denn wir müssen, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen, alle unseren geistigen Ressourcen fördern. Behinderungen und Benachteiligungen gilt es abzubauen. Das sollte allerdings nicht zu einer blinden Gleichmacherei führen, wo es Unterschiede gibt. Von daher halte ich zum Beispiel eine Frauenquote eher für eine Beleidigung der Frau; vielleicht wollen ja nicht so viele Frauen in den Karrierekampf ziehen, der wohl von seiner Ausrichtung her eher dem männlichen Verhalten ähnelt, aber der Weg dazu sollte frei sein.

Von daher auch noch ein kleiner Hinweis wiederum zu unserem redaktionellen Inhalt: Gelegentlich lesen Sie ev. nur von „Wissenschaftlern“, obwohl auch weibliche Mitglieder in den Teams sind. Ich halte manche sprachlichen emanzipatorischen Bemühungen ebenfalls für übertrieben. Es geht nicht um die Unterdrückung des Weiblichen; das Gehirn ist flexibel genug, in einer Kommunikation auch die Ansprache an Frauen einzuschließen, auch wenn es um einer unverkorrten Aussprache willen nicht explizit ausgedrückt wird. Wo soll die Grenze sein? Beim Bürgerinnensteig? Bei der Gästin? Oder darf man das Männliche nicht unterdrücken und muss man „der Arbeitskräfte“ sagen? Von daher bleibe ich in dieser Rubrik bei dem obigen Gruß, vermeide sonst aber übertriebene Ausdrucksstrukturen. Liebe Leserinnen, Sie sind mir ebenso wert wie die Leser,

Ihr

# INHALT

## Aufsätze

- Vom Einweg-BIC zum Jet Flame Lighter  
Historische und chemiedidaktische Aspekte  
zum Thema Feuerzeug (Teil 2) \_\_\_\_\_ 384
- Warum haben Pflanzen kein Gehirn?  
Sessile Lebensweise mit typischerweise langsamen Reaktionen \_\_\_\_\_ 402

## Rubriken

- Editorial \_\_\_\_\_ 377
- Impressum \_\_\_\_\_ 379
- F & E im Bild \_\_\_\_\_ 379
- Unternehmen \_\_\_\_\_ 380
- Personalia \_\_\_\_\_ 382
- 
- Forschung und Technik \_\_\_\_\_ 408
- Der neueste Stand \_\_\_\_\_ 411
- Neue Produkte \_\_\_\_\_ 412
- Literatur \_\_\_\_\_ 412
- 
- Bezugsquellenverzeichnis \_\_\_\_\_ 423
- CLB-Geschichte \_\_\_\_\_ U1

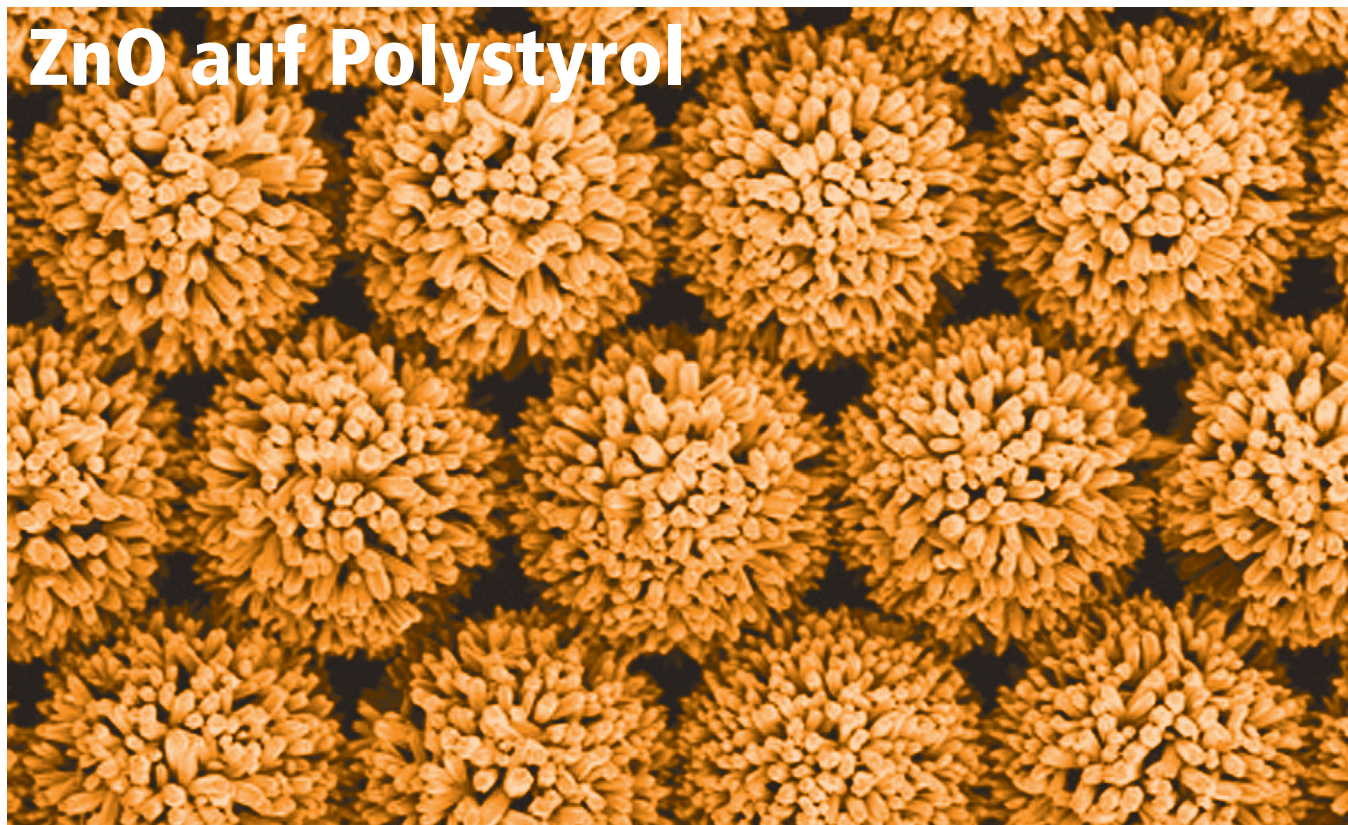


**Zum Titelbild:**  
Dieses Bild eines Fangblattes der Venusfliegenfalle mit den sechs Fühlborsten innen bezieht sich auf den Artikel über die Reizleitung bei Pflanzen ab Seite 402 (Foto: Kickuth).

## Erreichen & Erhalten

- Für sein Lebenswerk geehrt  
Wolfgang Flad erhält Carl-Duisberg-Plakette \_\_\_\_\_ 414
- Transparenz wirft Schatten – zum Glück  
Phasenkontrastverfahren jetzt auch in der Röntgentechnik \_\_\_\_\_ 415
- Erdöl um jeden Preis fördern  
Kritische Zusammenfassung der Katastrophe im Golf von Mexiko \_\_\_\_\_ 418
- Mehrverbrauch trotz kalten Wetters  
Schweizer Studie rät: Auto-Klimaanlagen  
unter 18 Grad einfach abschalten \_\_\_\_\_ 422

# ZnO auf Polystyrol



Jamil Elias und Laetitia Philippe aus der Empa-Abteilung „Werkstoff- und Nanomechanik“ in Thun benützen Polystyrol-Kügelchen als Gerüst, um dreidimensionale Strukturen von halbleitenden Zinkoxid-Nanodrähten auf Oberflächen zu erzeugen. Das Prinzip ist einfach: Kügelchen aus Polystyrol von wenigen Mikrometern Durchmesser werden auf eine leitfähige Schicht aufgebracht und ordnen sich dort in regelmäßigen Mustern. Nun ist es mit einer elektrochemischen Methode gelungen, Leitfähigkeit und elektrolytische Eigenschaften der Polystyrol-Kügelchen so zu variieren, dass sich Zinkoxid auf der Oberfläche der Kügelchen ablagert und mit der Zeit gleichmäßige Nanodrähte darauf wachsen. Dann wird das Polystyrol zerstört. Was bleibt, sind sphärische, innen hohle Gebilde. Die nanostrukturierte Oberfläche eignet sich vor allem für Photovoltaikanwendungen. Die Forscher erwarten, dass die Oberfläche sehr gute Lichtstreuungseigenschaften besitzt, deshalb deutlich mehr Sonnenlicht absorbiert und Strahlungsenergie effizienter umwandeln kann (Abb.: Empa).

## 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. Kleinermanns, 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 Soigné-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.  
© 2010 Agentur und Verlag Rubikon  
Rolf Kickuth

**Bezugspreise:**  
CLB Chemie in Labor und Biotechnik  
mit der Beilage „CLB-MEMORY“. Einzelheft – außerhalb des Abonnements – 13,00 Euro, im persönlichen Abonnement jährlich 104,00 Euro zuzüglich Versandkosten; ermäßigter Preis für Schüler, Studenten und Auszubildende (nur gegen Vorlage der Bescheinigung) jährlich 79,45 Euro zuzüglich Versandkosten, inkl. 7% MWSt. Ausland sowie Firmen- bzw. 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 Kündigung erfolgt.

Erfüllungsort ist Heidelberg. Mitglieder des VBTA, des VCO sowie des VDC erhalten 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 Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar.

Für die Rückgabe unverlangt eingesandter Buchbesprechungs-exemplare kann keinerlei Gewähr übernommen werden.

ISSN 0943-6677



NACHRICHTEN & NOTIZEN

**BASF** stärkt die Papieraktivitäten in den schnell wachsenden Märkten Asiens, vor allem in China. Dazu investiert man in eine Dispersionsanlage im Daya Bay Petrochemical Industrial Park in Huizhou, China. Bei einer Jahreskapazität von 100 000 Tonnen sollen in der neuen Anlage XSB-Dispersionen für die Papierindustrie und Acrylatdispersionen unter anderem für die Branchen Lack, Bauchemie, Druck & Verpackungen, Klebstoffe produziert werden.

**Roche** übernimmt Biolmagene (Sunnyvale, Kalifornien), einen führenden Anbieter von Laborlösungen für die digitale Pathologie. Der Kaufpreis beträgt rund 100 Millionen US-Dollar.

**Bilfinger Berger Industrial Services Swiss AG** hat zum 1. August im Rahmen eines Outsourcing-Projekts die Instandhaltungsdienstleistungen, den Plant Support und das Engineering für das Schweizer Pharmaunternehmen Siegfried AG am Hauptstandort Zofingen übernommen.

**Witec GmbH**, Ulm, Hersteller von nano-analytischen Mikroskop-Systemen, hat jetzt eine Mehrheitsbeteiligung an der omt Optische Messtechnik GmbH (Ulm) übernommen. omt produziert optische Messsysteme und hat sich auf die industrielle Prozesskontrolle von Parametern wie Schichtdicke, Farbe, Feuchtigkeit, Schichtwiderstand und chemische Zusammensetzung spezialisiert.

**Max-Planck-Innovation GmbH**, die Technologietransfer-Organisation der MPG, vergibt eine exklusive Lizenz für LifeAct an die ibidi GmbH aus Martinsried, einen Anbieter von Zellanalytik-Produkten. Das neuartige Peptid ermöglicht es, das wichtige Protein Aktin in lebenden Zellen sichtbar zu machen, ohne die Aktin-abhängigen Prozesse zu stören.

**Goportis**, der Leibniz-Bibliothekerverbund Forschungsinformation, und FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur schließen ein Kooperationsabkommen.

**Novasep** (Frankreich) und instrAction (Ludwigshafen) geben eine weltweite strategische Allianz für nicht-chirale Chromatographie bekannt. Ziel sind optimierte Chromatographieprozesse im Life-Science-Bereich für die Aufreinigung von synthetischen und halbsynthetischen Verbindungen im Prozessmaßstab.

**Peter Huber Kältemaschinenbau GmbH** verbessert den Anwendersupport in der Schweiz mit einer neu gegründeten Serviceniederlassung in Möhlin.

**Die Mersen Chemical Division** eröffnete jetzt in Linsengericht bei Frankfurt am Main eine neue Produktionsanlage für groß dimensioniertes Equipment auf Basis von Tantal wie Wärmetauscher und Reaktoren.

**Die BioKryo GmbH** hat im saarländischen Sulzbach zum Sommer 2010 ihren Geschäftsbetrieb mit der Kryo-Lagerung von therapeutisch wertvollem biologischem Material wie z. B. Stammzellen oder Gewebeproben aufgenommen.

**Die evocal GmbH** mit Sitz im Life Science Center Düsseldorf hat eine Wachstumsfinanzierung in Höhe von 2 Millionen Euro abgeschlossen. Beteiligt: Roland Oetker, der High-Tech Gründerfonds HTGF, Sirius Seedfonds Düsseldorf (SSFD) und Prof. Detlef Riesner, Qiagen-Mitgründer.

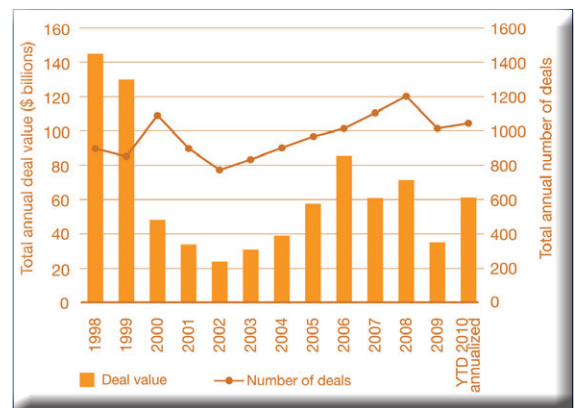
# M&A in Chemie 2010 gestiegen

## Transaktionsvolumen beträgt 31 Mrd. US-Dollar

In der Chemieindustrie ist der Gesamtwert der weltweit angekündigten Fusionen, Übernahmen und Beteiligungen (Mergers & Acquisitions, M&A) im ersten Halbjahr 2010 deutlich

gestiegen. Gegenüber dem Vergleichszeitraum 2009 legte das Transaktionsvolumen – so weit veröffentlicht – von 19 Milliarden US-Dollar auf 31 Milliarden US-Dollar zu.

Zu diesem Ergebnis kommt die Analyse „Chemical Compounds - Global Chemicals Industry Mergers and Acquisitions Analysis“ der Wirtschaftsprüfungs- und Beratungsgesellschaft PricewaterhouseCoopers (PwC). Das erste Halbjahr 2010 verlief auch gemessen an der Zahl von 522 Transaktionen lebhafter als die ersten sechs Monate des Vorjahres, in denen insgesamt 482 Deals zu verzeichnen waren. Bei den Deals mit einem Trans-



Handelsaktivitäten 1998 - 2010 (2010 geschätzt; Abb.: PwC).

aktionsvolumen von mehr als 50 Mio. US-Dollar betrug der Anstieg in diesem Zeitraum sogar 45%.

Im zweiten Quartal gab es weltweit 244 Transaktionen, darunter 108 mit veröffentlichtem Transaktionsvolumen. Der Gesamtwert dieser Deals belief sich auf acht Milliarden US-Dollar und lag damit knapp über dem Vergleichswert des Vorjahresquartals (sechs Milliarden US-Dollar), allerdings deutlich unter den 23 Milliarden US-Dollar des ersten Quartals 2010.

Laut Einschätzung von PwC stehen im laufenden Jahr mehr Unternehmen oder Unternehmensteile zum Verkauf als 2009.

## Konjunkturprognose auf 3 Prozent angehoben

Das Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK) in der Hans-Böckler-Stiftung wird seine Konjunkturprognose für 2010 deutlich anheben, auf 2,5 bis drei Prozent.

Bislang hatten die Ökonomen für 2010 mit einem Wachstum des Bruttoinlandsproduktes (BIP) um zwei Prozent gerechnet – und damit schon Ende vergangenen Jahres einen relativ hohen Wert prognostiziert. Die Zahlen, die das Statistische Bundesamt am 13. August für das zweite Quartal liefer-

te, waren aber so sensationell gut, dass für das Gesamtjahr laut IMK ein noch stärkeres Wachstum absehbar ist. „Allerdings: Der staatliche und der private Konsum hätten sich zwar in jüngster Zeit etwas besser entwickelt, blieben aber im internationalen Vergleich weiter schwach. Die deutsche Wirtschaft stehe nach wie vor nur auf einem Bein: dem Export. Sowohl höhere staatliche Investitionen als auch eine stärkere, produktivitätsorientierte Lohnentwicklung seien nötig, um die Binnennachfrage zu stärken.“

# Markt für Polymer-Blends im Aufschwung

## Wachstumstreiber sind IT- und Elektronikanwendungen sowie Bio-Blends

**D**er durch die globale Wirtschaftskrise im Jahr 2009 stark angeschlagene europäische Markt für Polymer-Blends und –Polymer-Legierungen befindet sich inzwischen wieder im Aufschwung, und dies hauptsächlich dank des hohen Wachstumspotenzials in Osteuropa, speziell im Bereich von Elektronikanwendungen.

Es sind hierbei vor allem die Bereiche Elektronikgehäuse und computerbezogene Anwendungen, in denen sich die stärkste Entwicklung für Polymer-Blends und speziell für Polycarbonat-Blends abzeichnet. Aber auch biobasierte Polymer-Blends sind aufgrund der weltweit eskalierenden Umweltproblematiken durchaus auf Erfolgskurs.

Laut einer neuen Studie der Unternehmensberatung Frost & Sullivan dürften die Umsätze im europäischen Markt für Polymer-Blends und Polymer-Legierungen von 346 Millionen Euro im vergangenen Jahr auf 453 Millionen Euro im Jahr 2016 ansteigen. Die in dieser Studie erfassten Anwendungsbereiche sind: Transportwesen, Elektronik, Konsumgüter, Bau- und Industrieanwendungen.

„Die Branche für Elektronikgehäuse, einschließlich der für Gehäuse für IT-bezogene Produkte wie PCs und Laptops, dürften die vorrangigen Wachstumstreiber für den europäischen Markt für Polymer-Blends und –Legierungen sein. Denn globale Hersteller von Elektronik- und IT-Produkten verlagern ihre Produktionsstätten immer mehr nach Osteuropa, da dort bessere Standards zur Qualitätssicherung bestehen als in Asien,“ erläutert Research Analyst Aniruddh Menon von Frost & Sullivan.

Das Potenzial für Wachstum haben ebenfalls bio-basierte Polymer-Blends. Die Unternehmen in diesem Markt erweitern das Produktprogramm rasch von

Kunststofftüten und Verpackungsmaterial auf Hochleistungsanwendungen, den wichtigsten Antriebskräften bei der Ersetzung von technischen Kunststoffen und Rohkunststoffen durch bio-basierte oder biologisch abbaubare Kunststoffe.

Blend-Hersteller müssen jedoch neue Anwendungsbereiche für Polymer-Blends erschließen. Polymer-Blends sind aufgrund der höheren Verarbeitungskosten teurer als Basispolymere. Wenn Unternehmen ihre Budgets kürzen, greifen sie dafür auf modifizierte Basispolymere zurück, wie langes glasfaserverstärkte Polypropylen oder ABS, und das vor allem in volumenstarken Anwendungen wie im Automotive-Bereich. Diese Polymere bieten ähnliche Leistungsmerkmale wie Polymer-Blends. Es ist daher notwendig, Nischenanwendungen zu finden, in denen Polymer-Blends nicht durch Basispolymere ersetzt werden können. Zusätzlich verschärft die wachsende Präsenz asiatischer Anbieter von Polymer-Blends in Osteuropa den Wettbewerb, und es wird dadurch für europäische Hersteller zusehends schwieriger, ihren Marktanteil auszuweiten.

„Obwohl im aktuellen Marktszenario für Hersteller von Polymer-Blends nicht mit Wachstum zu rechnen ist, dürfte die Nachfrage nach 2012 wieder ansteigen, sobald die Hersteller der Automotive- und Elektronikbranche ihre Budgets gegenüber dem Zeitraum 2008-2010 zu erweitern beginnen. Dies wird dazu führen, dass einige Hersteller trotz der höheren Preise auf Polymer-Blends setzen werden, da diese bessere Werkstoffeigenschaften aufweisen, als Basispolymere“, erklärt Menon.

Bis dahin sollten Hersteller von Polymer-Blends eng mit den Kunden zusammenarbeiten, um alternative Anwendungsmöglichkeiten für Polymer-Blends ausfindig zu

machen. Eine viel versprechende Investition für Unternehmen stellen zum Beispiel bio-basierte Polymer-Blends dar, da durch das steigende Umweltbewusstsein und entsprechende staatliche Vorschriften die Nachfrage nach umweltverträglichen Produkten, die in technischen Anwendungen eingesetzt werden können, stark vorangetrieben wird.

Bayer bezeichnet Robotics als Megatrend– u.a. aufgrund des demografischen Wandels. Ein aktuelles Beispiel ist der humanoide Roboter „Myon“. Er verdankt seine Entstehung einer engen Zusammenarbeit des Labors für Neurorobotik (NRL) der Humboldt-Universität zu Berlin mit dem Kölner Design-Studio Frackenhohl Poulheim und der Bayer MaterialScience AG. Die ästhetische Gestalt und die Beweglichkeit des Roboters stellen besondere Anforderungen an das verwendete Material. Bei den Versuchen erwiesen sich das glasfaserverstärkte, hochsteife und flammgeschützt ausgestattete Polycarbonat Makrolon 9425 und das glänzend-transparente Makrolon ET3113 als die Materialien der Wahl. Bei der Verarbeitung mittels Coextrusion werden Schmelzen gleicher oder verschiedener Kunststoffe vor dem Austritt aus der Profildüse zusammengeführt und erstarren im Kalandar zu einem Verbund. Dabei entsteht eine untrennbare Mehrschicht-Verbund-Platte, in der die Eigenschaften der beiden Typen kombiniert vorliegen. In einem zweiten Schritt werden zugeschnittene Verbundplatten unter Vakuum tiefgezogen und erhalten dabei ihre endgültige Form (Abb.: Frackenhohl Poulheim/NRL).



**CT ATLANTIC AG**, ein Biotech-Unternehmen, welches sich auf Krebstherapien mittels humaner Antikörper spezialisiert hat, wählte **Michael Höcker** zum CEO. **Cara Lerner** wurde zum COO ernannt.

**DAAD Prof. Dr. Dr. Sabine Kunst** wurde neue Präsidentin des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD), der weltweit größten Organisation für akademischen Austausch. Erstmals steht eine Frau an der Spitze des DAAD. Die 55-Jährige tritt die Nachfolge von Prof. Stefan Hornuth an, der im Februar verstorben war. Die Biologin, Politologin und Wasserbauingenieurin ist seit 2007 Präsidentin der Uni Potsdam. Seit 2008 gehört sie dem Vorstand des DAAD an und ist außerdem Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler Gremien.

**DHS** Zum neuen Vorstandsvorsitzenden der Deutschen Herzstiftung e. V. (DHS) wurde **Prof. Dr. med. Thomas Meinertz** (66) gewählt. Der Direktor der Klinik für Allgemeine und Interventionelle Kardiologie und Mitglied der Zentrumsleitung am Universitären Herzzentrum Hamburg löst damit Prof. Dr. med. Hans-Jürgen Becker als Vorstand von Deutschlands größter Patientenorganisation auf dem Gebiet der Herz-Kreislauf-Erkrankungen ab. Neue Impulse möchte Prof. Meinertz in der Erweiterung der Informations- und Aufklärungsarbeit auf weitere Bevölkerungsgruppen setzen.

**EUROPEAN BIOPLASTICS** Die Politologin und PR-Spezialistin **Kristy-Barbara Lange** wurde Kommunikationschefin bei European Bioplastics, der Interessenvertretung der europäischen Unternehmen, die Plastik nachhaltig herstellen.

**IFAM** Der Chemiker **Prof. Dr. rer. nat. Bernd Mayer** (48) ist Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM,



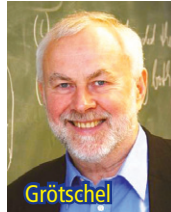
Meinertz



Lange



Mayer



Grötschel



Dissinger



Bogani



Klenk



Hengstenberg

Meder

Bremen, und verantwortet den Bereich Klebtechnik und Oberflächen. Zugleich übernimmt er die Professur für Polymere Werkstoffe und Oberflächentechnologien im Fachbereich Produktionstechnik der Universität Bremen.

**IMU** Der Mitbegründer und ehemalige Sprecher des DFG-Forschungszentrums Matheon, **Prof. Martin Grötschel**, ist für weitere vier Jahre zum Generalsekretär der International Mathematical Union (IMU) gewählt worden. Prof. Grötschel hatte dieses Amt bereits vor vier Jahren erstmals übernommen. Der Leibnizpreisträger war damit der erste deutsche Generalsekretär der internationalen Mathematikervereinigung. Mit der Wahl verbunden war auch der Umzug der Geschäftsstelle der IMU von Princeton in den USA nach Berlin.

**INGEN BIOSCIENCES** **Dr. Karine Mignon-Godefroy** (43) wurde zur Direktorin von R&D gewählt. Das Unternehmen mit Sitz bei Paris entwickelt und vermarktet in vitro diagnostic kits für den klinischen Bereich.

## EHRUNGEN

Die Deutsche Herzstiftung hat den diesjährigen, mit 10 000 Euro dotierten **Wilhelm P. Winterstein-Preis** erstmals an zwei Wissenschaftler für Arbeiten auf dem Gebiet der Früherkennung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und der Bestimmung der Sterbewahrscheinlichkeit bei Patienten mit einer Herzgefäßerkrankung verliehen. Die Preisträger sind **Dr. med. Wibke Hengstenberg**, MBA, vom Universitätsklinikum Regensburg, und **Dr. med. Benjamin Meder** vom Universitätsklinikum Heidelberg. Dr. Meder konnte zeigen, dass es neue kardiale Biomarker in Form von micro-RNAs gibt, die ein hohes Potenzial für die Diagnosestellung eines akuten Myokardinfarktes aufweisen. Ein Forscherteam aus Regensburg und München, dem unter anderem die Preisträgerin Dr. Hengstenberg angehört, konnte zeigen, dass Personen mit einem bestimmten EKG-Muster, nämlich der frühen Repolarisation, im Vergleich zu Personen ohne dieses EKG-Merkmal eine erhöhte Sterbewahrscheinlichkeit aufweisen.

## Veränderungen bei der BASF

Zur Vorbereitung der Integration der Cognis-Aktivitäten wurde der bisherige Unternehmensbereich Care Chemicals in zwei getrennte Unternehmensbereiche aufgeteilt.

Der neue Unternehmensbereich Nutrition & Health umfasst die Geschäfte mit Nutrition Ingredients, Aroma Chemicals und Pharma Ingredients & Services. Die Leitung dieses Bereichs übernimmt als Präsident **Walter Dissinger** (47), derzeit Senior Vice President, Crop Protection Latin America (Mexiko, Mittel- und Südamerika) mit Sitz in Sao Paulo/Brasilien.

Der Unternehmensbereich Care Chemicals umfasst künftig die Geschäfte mit Personal Care, Hygiene, Home Care und Industrial Formulators. Geleitet wird der Bereich von **Gabriel Tanbourgi** (54), Präsident des derzeitigen Bereichs Care Chemicals.

**Dr. Beate Ehle** (46), derzeit President des BASF-Unternehmensbereichs Intermediates mit Sitz in Ludwigshafen, wird als Präsident neue Leiterin des BASF-Regionalbereichs Market & Business Development Nordamerika mit Sitz in Florham Park/New Jersey. Der derzeitige Leiter, Josef C. Breunig, hat das Unternehmen verlassen.

**Sanjeev Gulab Gandhi** (43), Senior Vice President, Petrochemicals Asia Pacific, bei der BASF South East Asia, mit Sitz in Singapur, übernimmt als Präsident die Nachfolge von Beate Ehle.



Erstmals wurde der neu geschaffene **Württembergische Krebspreis 2009** der Dres. Carl Maximilian und Carl Manfred Bayer-Stiftung im Gesamtwert von 60 000 Euro an sechs Medizinerinnen und Mediziner übergeben. Fünf der Preisträger sind von der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen, ein Preisträger arbeitet jetzt am Universitätsspital in Zürich. Der Preis gehört zu den am höchsten dotierten innerhalb der deutschen Krebsforschung. Im einzelnen gingen die Preise an: **Dr. Sven Perner**, Institut für Pathologie der Universität Tübingen wurde mit 20 000 Euro für seine Arbeiten zur „Charakterisierung von Gentranslokationen im Prostatakarzinom“ gewürdigt. **Dr. Hans-Georg Kopp**, Medizinische Klinik II der Universität Tübingen erhielt 20 000 Euro für seine Forschung auf dem Gebiet der „Mechanismen der tumorpropagierenden Eigenschaften von Thrombozyten“. **Dr. Patrick Roth** vom Universitätsspital Zürich wurde mit 10 000 Euro für seine Arbeiten über die „Biologie maligner Gliome“ ausgezeichnet. **Dr. Susanne Schmidt**, Medizinische Klinik II der Univer-

sität Tübingen) nahm 5000 Euro für Ihre Forschung auf dem Gebiet der „Tumorimmunologie“ entgegen. Schließlich bekamen **Dr. Julia Kansy** und **Dr. Alexander Sauter**, Radiologische Klinik der Universität Tübingen, die sich noch am Anfang ihrer wissenschaftlichen Karriere befinden, für Ihre bisherigen wissenschaftlichen Gesamtleistungen einen Nachwuchspreis in Höhe von jeweils 2500 Euro verliehen. Die Stiftung des Württembergischen Krebspreises trägt den Namen des an Krebs verstorbenen Stifters Dr. Carl Manfred Bayer und seines Vaters Dr. Carl Maximilian Bayer. Beide waren nacheinander mehr als sechzig Jahre in der Nähe von Ravensburg als niedergelassene Landärzte tätig. Sie zeichneten sich durch fachliche Kompetenz und hohe Sensibilität für die Probleme ihrer Patienten und deren Angehörigen aus. Dr. Carl Manfred Bayer studierte Medizin an der Universität Tübingen. Die Preise wurden ausgeschrieben für Wissenschaftler unter 40 Jahren, die auf dem Gebiet der Krebsforschung tätig sind und ihre Forschung in Württemberg durchführen oder gebürtige Württemberger sein sollen.

Die Ärzte **Priv.-Doz. Dr. Andrea Tüttenberg** (38) und **Priv.-Doz. Dr. Martin Götz** (38) von der Universität Mainz sind die Preisträger des mit je 10 000 Euro dotierten **Boehringer Ingelheim-Preises 2010**. Tüttenberg beeindruckte die Fachjury, indem sie darlegte, wie sich schwarzer Hautkrebs durch individuell entwickelte Impfstoffe erfolgreich bekämpfen lässt. Götz erhält den Preis, weil er ein Verfahren entwickelte, das die Suche nach Darmkrebs vereinfacht. Bei diesem Verfahren gelingt es, ausschließlich die bösartigen Zellen im Darm mit einer fluoreszierenden Substanz zu markieren.

Die Graduiertenschule „Materials Science in Mainz“ (MAINZ) der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zeichnete **Prof. Shoucheng Zhang** von der kalifornischen Stanford University mit dem mit 20 000 Euro dotierten **Gutenberg Research Award 2010** aus. Zhang erhält den Preis für seine Forschung zu topologischen Isolatoren, die erst vor knapp fünf Jahren entdeckt wurden. Aufgrund ihrer Eigenschaften können sie für die Zukunftselektronik „Spintronik“ und zur Informationsverarbeitung in Quantencomputern genutzt werden.

Der Mediziner **Hans-Dieter Klenk** ist mit dem **Emil von Behring-Preis** der Philipps-Universität geehrt worden. Der langjährige Leiter des Marburger Instituts für Virologie wurde für seine molekularbiologische Erforschung von Influenza-Viren gewürdigt, die zu einem grundlegenden Verständnis von viralen Pathogenitätsmechanismen geführt hat. Der Geehrte hat sein wissenschaftliches Leben der Erforschung zoonotischer Viren gewidmet, die vom Tier auf den Menschen übertragen werden. Der Emil von Behring-Preis ist mit 25 000 Euro dotiert, gestiftet vom Marburger Impfstoffhersteller Novartis Vaccines. Die Ehrung gehört damit zu den am höchsten dotierten deutschen Auszeichnungen für Medizin.

Die European Association of Chemical and Molecular Sciences (Eu-ChemS) vergab erstmals den mit 10 000 Euro dotierten **European Sustainable Chemistry Award** an **Prof. Dr. Matthias Beller**, Direktor am Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT) in Rostock. Der 48jährige Chemiker, der auch Vorsitzender der Fachgruppe Nachhaltige Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) ist, wurde für seine Arbeiten auf dem Gebiet der homogenen Katalyse geehrt, mit denen er und sein Team am LIKAT vor allem die umweltverträgliche Umwandlung kleiner Moleküle in Wertstoffe erforscht. Allein in den letzten zehn Jahren haben Beller und sein Team drei Katalysatorsysteme entwickelt, die mittlerweile in der Industrie zur Herstellung von Chemikalien im Tonnenmaßstab dienen.

Einer der höchst dotierten Wissenschaftspreise in Deutschland, der **Sofja Kovalevskaja-Preis** der Alexander von Humboldt-Stiftung, geht an einen Nachwuchswissenschaftler der Universität Stuttgart: **Dr. Lapo Bogani** (32) vom Physikalischen Institut erhält im Rahmen dieser Auszeichnung 1,64 Millionen Euro, um mit Hilfe winziger Kohlenstoffnanoröhrchen einzelne magnetische Moleküle zu messen. Der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung alle zwei Jahre gestiftete Preis bietet jungen ausländischen Wissenschaftlern die Möglichkeit, über einen Zeitraum von fünf Jahren hinweg in Deutschland ein hoch ambitioniertes Forschungsprojekt durchzuführen. Bogani entwickelte die ersten hybriden Nanostrukturen von Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Einzelmolekülmagneten.

# Vom Einweg-BIC zum Jet Flame Lighter

## Historische und chemiedidaktische Aspekte zum Thema Feuerzeug (Teil 2)

Viktor Obendrauf, Graz

Im Teil I dieses Fachbeitrags wurden verschiedene historische Methoden der Feuererzeugung chronologisch beschrieben. Der thematische Bogen spannte sich vom Feuerschlagen aus Pyrit oder Feuerstahl bis zum klassischen Benzinfeuerzeug. Die kulturgeschichtlich relevanten Meilensteine anthropogener Funken und Flammen wurden in aller Kürze chemisch-fach-wissenschaftlich interpretiert, exemplarisch mit eigens dafür konzipierten Modellexperimenten angereichert und so für eine chemiedidaktische Bewertung bzw. schulpraktische Nutzung aufbereitet. Auf mögliche fächerverbindende Unterrichtsprojekte wurde an geeigneter Stelle hingewiesen [1]. Von diesen Betrachtungen ausgespart blieben Zündhölzer aller Art, weil diese in einem gesonderten Artikel bereits behandelt worden sind [2]. In Ergänzung dazu sind im Folgenden wesentliche Fakten zur Entwicklung und Funktion von modernen Gasfeuerzeugen mit und ohne Piezozündung aufgelistet. Schulische Experimente, speziell und exemplarisch zu den Themen Feuerzeuggas und Piezoelektrizität entwickelt und erprobt, sollen diesen Beitrag ergänzen.

### Millionen mal Feuer...

Tag für Tag finden heute weltweit fast vier Millionen (!) Gasfeuerzeuge von BIC ihren Weg zu zündwilligen Käufern. Begonnen hat der BIC-Firmengründer und Namensgeber Marcel Bich nach 1945 in Frankreich eigentlich mit der Herstellung von Füllfederteilen. Nach der Erfolgsgeschichte mit Billig-Kugelschreibern (ab 1950) wurde die



#### Der Autor

Prof. Dr. Viktor Obendrauf ist seit 1978 im Schuldienst tätig, seit 1980 in der Lehreraus- und -fortbildung im In- und Ausland. Er arbeitet an der Universität Graz und ist weltweit führend in der Entwicklung von Mikromaßstab-Experimenten für den Chemieunterricht. Viktor Obendrauf veröffentlichte über 100 Arbeiten. Er erhielt u.a. 1998 den Friedrich-Stromeyer-Preis der GDCh, 2001 den Pädagogenpreis des Fachverbands der chemischen Industrie Österreichs (FCIO) und 2005 den Manfred-und-Wolfgang-Flad-Preis.



Abbildung 1: BIC Limited Edition mit Piezozündung.

Produktpalette im Jahr 1973 um ein Wegwerffeuerzeug mit Gasfüllung und verstellbarer Flamme erweitert. Mittlerweile wurden die ursprünglich ausschließlich zweckdienlichen Alltagsprodukte teilweise wieder zu Sammlerstücken umgemünzt: Motivbehaftete Feuerspender (Abbildung 1), nach wie vor erzeugt aus möglichst kostengünstigen Materialien, sollen zum Tauschen und Sammeln anregen [3]. Allein im Jahr 2005 wurden nicht weniger als 1,09 Milliarden BIC-Feuerzeuge erzeugt. [3a].

Die ersten Einwegfeuerzeuge überhaupt stammten ebenfalls aus Frankreich und kamen mit Cereisen-Reibradzündung mit dem Markennamen „Crickets“ 1961 auf den Markt. [4]. „Crickets“ gibt es noch heute; die Jahresproduktion betrug 2003 allein am europäischen Markt etwa 350 Millionen Stück. Der neue Eigentümer, die Swedish Match Company, zählt damit ebenfalls zu den führenden Einweg-Feuerzeugherstellern [5].

Gasgefüllte Feuerzeuge waren an sich in Frankreich und Deutschland bereits Mitte der 30er Jahre entwickelt worden. Aber erst einige Jahre nach Ende des 2. Weltkriegs war auch langsam der Markt dafür vorhanden [6, 7]. 1947 brachte Marcel Quercia in Paris das weltweit erste Gasfeuerzeug – damals noch als Tischfeuerzeug mit der Bezeichnung „Gentry“ – tatsächlich in den Handel. Eine handlichere Taschenversion folgte einige Monate später unter dem Namen „Crillon“. Eine einhändige Bedienung war bei den Gasfeuerzeugen der ersten Stunde nicht vorgesehen. Vor Betätigung des Reibrades musste das Gasventil händisch geöffnet werden. Die New Yorker Feuerzeug-Traditionsfirma Ronson patentierte im Jahr 1948 ihr erstes Gasfeuerzeug mit Wechseltank. Bereits im Jahr 1952 gab es eine Verbesserung: Durch die Entwicklung eines speziellen Ventils konnte man erstmals Kartuschen anbieten, mit denen die Gastanks nachfüllbar waren (Abbildung 2). Noch im gleichen Jahr stieg Ronson von austauschbaren Tanks auf wiederbefüllbare Systeme um und nahm südlich von London eine Fabrik in Betrieb, in der damals mehr als 2500 Beschäftigte mit der Herstellung von Ronson-Feuerzeugen ihren Lebensunterhalt verdienen [8].

1957 gab es Verbesserungen am Einlassventil und vor allem am Brennventil, sodass die Flamme nun händisch regulierbar war. Die Nachfrage nach diesen „Ronson-Varaflame Gas Lighters“ (Abbildung 3) war Ende der 50er Jahre so groß, dass die Fabriken in England, Frankreich und Amerika jeden Tag etwa 15 000 Stück davon nachliefern mussten.

Abbildung 3: Ronson Varaflame 1958 [8].

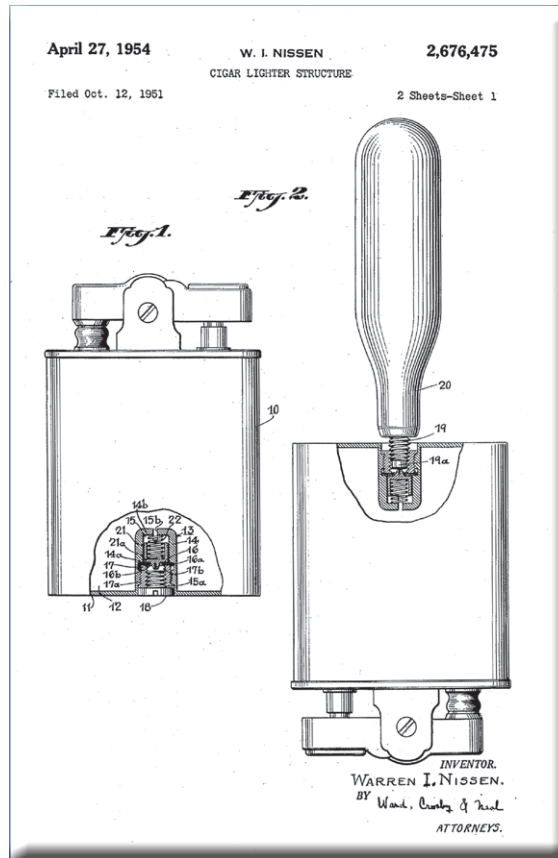
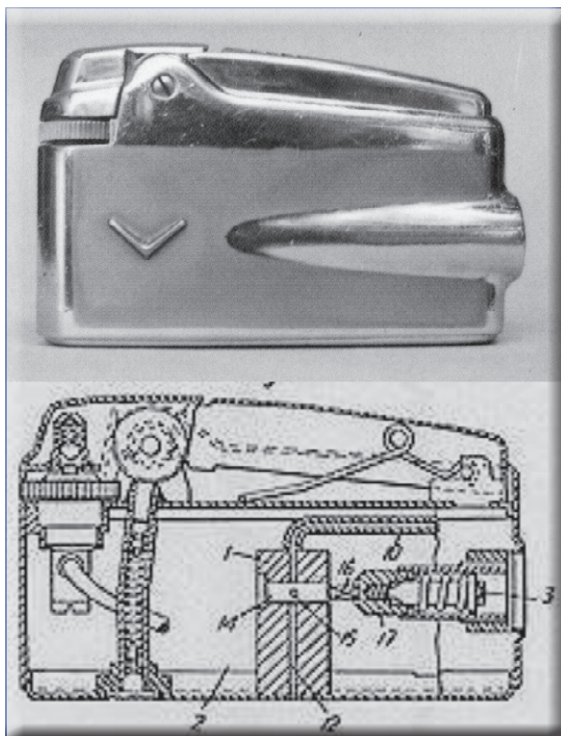


Abbildung 2: Ronsons Gaskartusche, Patent 1954 [8]. Die Zeichnung ist einem verwandten Patent entnommen.

1957 stellte die Fa. Rowenta ihr erstes Gasfeuerzeug „Gas Snip“ mit Reibradzündung und Isobutan-Butan-Wechseltank anstelle eines Benzintanks vor (Abbildung 4).

Im Jahr 1964 folgte ein Gasfeuerzeug der gleichen Firma mit elektronischer Batteriezündung, bei dem die Zündfunken mittels eingebautem Hochspannungstrafo und Zündkondensator erzeugt wurden. Diese Technik ermöglichte in weiterer Folge auch die Konstruktion von Lichtschranken- bzw. Sensorfeuerzeugen, bei denen der Hochspannungsfunke durch Berühren eines Sensorknopfes bzw. durch Unterbrechung einer Lichtschranke ausgelöst wird. Das erste Solar-Feuerzeug, bei dem die Elektronik mittels Solarzellen mit Strom versorgt wurde, hat Rowenta 1973 mit der Bezeichnung „Solartronic“ auf den Markt gebracht. Nach [4] stellte Rowenta im Jahr 1968 auch das weltweit erste Piezofeuerzeug vor, obwohl es entsprechende Patente in Japan und in den USA nach der Entdeckung von piezoelektrischen Keramiken bereits seit 1962

Abbildung 4: Gasfeuerzeug Rowenta (1957) mit Wechseltank [8].

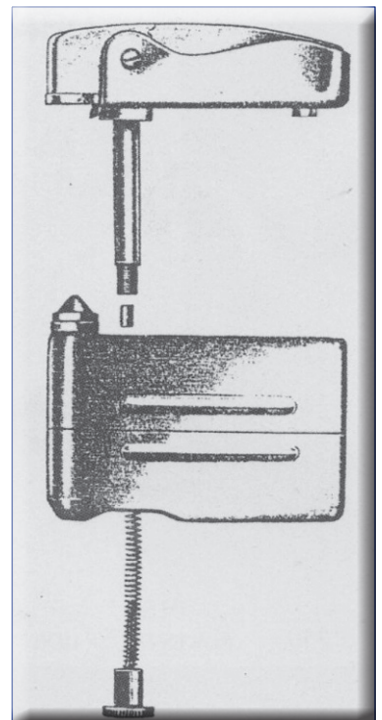


Abbildung 5:  
Modernes Jet-  
flame-Feuerzeug  
mit Farbwechsel-  
flamme.



gegeben hatte [6,7]. Schwierigkeiten gab es bei den ersten Piezo-Feuerzeugen vor allem mit der exakten Positionierung des kleinen Funkens im zündfähigen Abschnitt des gebildeten Butan-Luft-Gemisches (siehe obere und untere Explosionsgrenzen in Tabelle 3). Seit 1994 gibt es zwar noch exquisite Rowenta-Feuerzeuge, die Fa. Rowenta selbst hat die Produktion jedoch eingestellt.

Einwegfeuerzeuge, bei denen sich mit der Betätigung des Reibrades auch rechtzeitig das Gasventil einhändig öffnen lässt, sind heute in Griffweite an den Zugängen zu den Supermarktkassen positioniert. Sie konnten die gold-, silber- und rhodiumplattierten Statussymbole der Marken Zippo, Dunhill, Dupont, Colibri etc. insbesondere im Weihnachtsgeschäft zwar nicht verdrängen, aber selbst ehemalige Nobelfirmen wie Ronson haben auf den breiten Trend zur Wegwerfgesellschaft reagiert. Die Billigproduktionen hat man jedoch meist in den asiatischen Raum ausgelagert. Mit speziellen Features wie High-Tech-Verbrennungsführungen (Blue Jet-Flames, Torch Flames), grünen und roten „Laser-Flames“ und windsicheren Outdoor-Versionen mit katalytischem Glühdraht werden neue Marktnischen erschlossen.

Bei Jet-Flame-Feuerzeugen strömt das Feuerzeuggas mit einer höheren Geschwindigkeit als bei normalen Feuerzeugen aus dem geöffneten Spezialventil. Das ausströmende Gas wird ähnlich wie bei Mini-Lötbrennern noch im Brennerzylinder

mit Luftsauerstoff stöchiometrisch verwirbelt und durch einen Diffuser dem Piezofunken zugeführt. Die Verbrennung erfolgt nun mit spitzer, blauer Flamme. Entsprechend der Zusammensetzung jener Glühkörper, die bei neueren Produkten in den Brennerzylinder gehobelt werden können, lassen sich dabei auch grüne und rote Flammenfärbungen produzieren (Abbildung 5). Mittels Stahlnetz oder katalytisch wirkender Glühwendel am oberen Ende des Brennerzylinders sind windsichere, teilweise auch fast flammenlose Zündquellen machbar.

Allen Feuerzeugen ist mittlerweile eines gemeinsam: Sie werden mit Feuerzeuggas betrieben. Mit einer berühmten Ausnahme: Zippo hat zwar Mitte der 80er Jahre ebenfalls mit der Produktion von Gasfeuerzeugen begonnen, diese Schiene aber wieder eingestellt. Seither setzen Zippo und die vom Original verfolgten „imitation-manufacturers“ aus Asien wieder ganz auf Benzin, auf die klassische Zippo-Form aus dem Jahr 1942 und auf eifrige Sammler (siehe FAQ auf der Zippo-Homepage). Die Zippo-Jahresproduktion betrug 2003 immerhin etwa 12 Millionen Stück. Im Zeitraum 1933 bis 2003 wurden 400 000 000 Zippos produziert. „Knockoffs“, d. h. Billig-Imitate aus Fernost, haben mittlerweile bereits schmerzhafte 30% des gesamten Zippo-Umsatzes erreicht [9].

Abgesehen von Produkten, bei denen man bewusst auf Tradition baut, ist der Trend weg vom Benzin und Zündstein, hin zu Feuerzeuggas und Piezozündung jedoch ungebrochen. Der Cereisen-Zündsteinmarkt ist dem entsprechend heiß umkämpft [10]. Mittlerweile werden dem Endverbraucher wiederbefüllbare Gasfeuerzeuge mit Piezozündung bereits um weniger als 1 Euro angeboten. Feuerzeuggas und piezoelektrische Funken sind aus dem Alltag der Lernenden nicht mehr auszuklammern. Detaillierte Betrachtungen zu den physikalisch-chemischen Eigenschaften von Feuerzeuggas bzw. zum Thema Piezoelektrizität sollten somit die Fachkompetenz von zeitgemäß Lehrenden im Fach Chemie sichern helfen.

Tabelle 1

Probe		Luft %	Ethan %	Propan %	Isobutan %	Butan %	Isopentan %	Pentan %	Summe der Partia- ldrücke (bar)	
									Gerech- net	Gemes- sen
1	Sarome	5,8	2,6	27,2	19,9	33,6	9,1	1,7	5,36	5,3
2	Clipper	2,5	2,0	27,7	25,2	41,3	1,2	-	4,87	4,7
3	Esso	4,6	2,5	25,7	34,4	32,8	-	-	5,17	5,1
4	StarDust	4,0	2,3	25,3	24,8	39,5	0,9	3,2	4,76	4,6
5	Golf		2,6	8,4	29,3	53,5	6,2	-	3,59	3,5
6	Flame		9,0	26,9	23,6	33,4	6,2	0,8	-	5,9
7	Hadson	7,4	2,3	18,1	30,8	36,8	4,8	-	4,31	4,3



Abbildung 6: Verschiedene Feuerzeuggas-Nachfüllflaschen mit ähnlichem Inhalt: Isobutan, Butan, Propan, geringe Mengen an Ethan, Spuren an Methylpropan, Pentan.

Fakten zum Feuerzeuggas

Feuerzeuggas (Abbildung 6) besteht gemäß den Angaben in den Sicherheitsdatenblättern verschiedener Anbieter [11, 12] prinzipiell aus leicht verflüssigbaren Kohlenwasserstoffen, wie Butan, Iso-Butan (2-Methylpropan), Propan und geringen Mengen an weiteren Homologen, wobei die Zusammensetzung offensichtlich ziemlich variieren kann. In [13] werden als Hauptbestandteile 80% n-Butan und 20% Propan genannt. Das „Ronson Butane Refill“ soll nach [14] überhaupt nur fast reines Butan (99%) enthalten.

Diese geringen Mengen an Propan gehen nicht konform mit eigenen Untersuchungen von Proben, die in Europa erhältlich sind und mit schulischen Mitteln bereits im Rahmen eines anderen Fachartikels untersucht wurden [15].

Probe	Dichte der Probe bei etwa 26°C (g/100ml)	
	Gerechnet	Gemessen
1 Sarome	0,216	0,20
2 Clipper	0,212	0,22
3 Esso	0,213	0,22
4 StarDust	0,216	0,22
5 Golf	0,231	0,23
6 Flame	0,214	0,21
7 Hadson	0,242	0,23

Tabelle 2

Auch entsprechend einer Analyse mit dem Modell-Gaschromatographen von Kappenberg sollte handelsübliches Feuerzeuggas einen relativ hohen Anteil an Propan enthalten: Die Auswertung des Chromatogramms ergab eine Zusammensetzung von 43,51% n-Butan, 19,35% Iso-Butan, 35,68% Propan und 1,46% Ethan [16].

Gaschromatographische Analysen mittels Kapillarsäule und Detektion bzw. Identifikation mit Hilfe von Quadrupol-MS am Institut für Chemie in Graz (Organische Chemie; Dank an Prof. Dr. M. Mittelbach!) liefern auch ohne gesonderte Berücksichtigung von Responsefaktoren ähnliche Resultate (Tabelle 1).

Unter Berücksichtigung der Dampfdruckwerte für die einzelnen Komponenten (Tabelle 3) und den entsprechenden Volumenanteilen der Kohlenwasserstoffe in den jeweiligen Proben ergeben sich mit Hilfe des Daltonschen Partial-

	Butan	Iso-Butan	Propan	Ethan
Molare Masse (g/mol)	58	58	44	30
Dichte, flüssig (g/cm <sup>3</sup> )	0,6 [19]	0,55 [22]	0,51 (15°) [17]	0,54 [24]
Rel. Dichte, gasförmig (Luft = 1)	2,1 [20] 2,1 [19]	2 [21] 2 [22]	1,5 (15°) [17] 1,5 [18]	1,05 [23] 1,04 [24]
Dampfdruck (bar) bei 15°C bzw. 20°C	2 [20] 2,1 (20°C) [19]	3 [21] 3,1 (21°C) [22]	7,5 (15°) [17] 8,3 (20°C) [18]	37,4 [24] 39 (21°C) [23]
Kritische Temperatur (°C)	152 [19, 20]	135 [21, 22]	97 [17, 18]	32 [23,24]
Löslichkeit in Wasser (mg/l)	88 [19] 90 [20]	54 [21] 58 [22]	75 [18] -80 [ ]	65 [23] 61 [24]
Schmelztemperatur (°C)	-138 [19,20]	-159 [21] -160 [22]	-188 [18]	-172 [24]
Siedetemperatur (°C)	-0,5 [19,20]	-11,7 [21] -11,8 [22]	-42,1 [17] -42 [18]	-89 [24]
Kritischer Druck (bar)	38 [19]	36 [22]	43 [18]	49 [23]
Zündtemperatur (°C)	365 [19,20]	460 [21] 543 [22]	460 [17] 470 [18]	510 [24]
Explosionsgrenzen in Luft (Vol%)	1,5-8,5 [19] 1,4-9,3 [20]	1,8-8,5 [21] 1,8-8,4 [22]	2-11 [17] 1,7-10,9 [18]	3-12,5 [24]

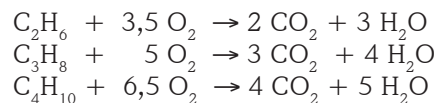
Tabelle 3

druckgesetzes kalkulatorische Partialdrücke, die rein theoretisch additiv den Gesamtdruck in den Probenbehältern bei Zimmertemperatur repräsentieren sollten. Für Isopentan und Pentan wurden die in der Literatur für die betrachtete Temperatur aufgefundenen Partialdrücke 0,76 bzw. 0,59 bar in die Berechnungen einbezogen. Die experimentell ermittelten Drücke in den Dosen weichen von den theoretisch errechneten aus verschiedenen Gründen etwas ab, vor allem weil die Dampfdrücke sehr stark mit der Umgebungstemperatur variieren. Ein Thermostatisieren der Dosen vor der Messung ist unerlässlich. (Tabelle 1 und praktischer Teil). Bei den Proben 6 und 7 (Golf und Flame) waren die Peaks von Luft und Ethan überlagert. Für die Berechnung des Partialdrucks von Ethan wurde bei der Probe 5 im Vergleich zum durchschnittlichen Gehalt in den anderen Proben rechnerisch ein Ethangehalt von 2 % angenommen. Bei der Probe 6 (Flame) war der Ethangehalt nicht mehr abschätzbar. Die Luft in den Proben erklärt sich aus der Tatsache, dass die Kartuschen vor dem industriellen Füllen natürlich nicht evakuiert werden.

Über die fiktiven Teilvolumina der einzelnen Komponenten lässt sich mittels Gasgleichung für das entspannte Gas in einem vorgegebenen Volumen der jeweilige Molanteil der Komponente errechnen. Durch Multiplikation mit der jeweiligen Molmasse erhält man den Massenanteil der Kom-

ponenten. Die Summe aller Teilmassen sollte die Gesamtmasse der Gasmischung im vorgegebenen Volumen und somit die Dichte ergeben. Die Gegenüberstellung der aus den fiktiven Teilvolumina errechneten Dichte der expandierten Proben mit experimentell ermittelten Werten (Wägung einer gasgefüllten 100 mL-Spritze, praktischer Teil), ergab folgende Resultate (Tabelle 2): Für Luft und Ethan in der Probe 6 wurde eine mittlere Molmasse von 30 g/Mol angenommen. Tatsächlich hatten die Proben mit dem geringsten gemessenen (bzw. auch errechneten Gesamtdruck (Nr. 5 und 7, Tabelle 1) den höchsten Anteil an großen Molekülen und somit auch eine im Vergleich große Dichte (0,23 g/100 mL).

Im Vergleich der Daten in Tabelle 3 wird die systematische Abhängigkeit der physikalisch-chemischen Eigenschaften von der Größe (Masse) bzw. der räumlichen Struktur der verschiedenen Moleküle nicht nur bei den Schmelz- und Siedetemperaturen gut erkennbar. Auch die systematische Verschiebung der Explosionsgrenzen von Ethan zu Butan in Richtung weniger „fette“ KW-Luft-Gemische lässt sich mit dem steigenden Sauerstoffbedarf bei höherem Kohlenstoff- bzw. Wasserstoffgehalt der Brennstoffmoleküle begründen:



## Rausch aus Feuerzeug wird immer öfter tödliche Gefahr

Immer mehr junge Benzin-Schnüffler landen im Spital. Viele sind sich der Gefahr nicht bewusst. Langfristig droht sogar „Intelligenzverlust“.

Wie weit verbreitet das Inhalieren von Benzindampf oder Butangas aus Feuerzeugen bei Jugendlichen ist, können auch Experten nur erahnen. Nur wenn etwas dabei „schief geht“ und die Schnüffler im Krankenhaus landen, kommt ihr Treiben ans Tageslicht. So wie am Montag in Mura, als zwei Lehrlinge durch eine Gasexplosion in ihrem Auto schwer verletzt wurden (wir berichteten).

Und im Spital liegen in letzter Zeit immer mehr dieser „Kandidaten“, bestätigt Wilhelm Müller von der Grazer Kinderklinik. „Das betrachte ich als eindeutigen Indikator, dass der Trend zum Inhalieren steigt“, so der Abteilungschef. Dabei stelle sich bei seinen Patienten meist heraus, dass das Schnüffeln mit dem

Konsum anderer Berausungsmittel kombiniert wurde. Die verschiedenen Schnüffelstoffe stellen aber auch für sich allein eine Gefahr dar, die sogar tödlich sein kann. „Einige sind schon erstickt, weil sie sich zum Inhalieren ein Plastiksackerl über den Kopf gezogen haben und dann nicht mehr in der Lage waren, es zu entfernen“, weiß Dietmar Wachter von der Sigmund-Freud-Klinik Graz. Darum appelliert er an potenzielle Schnüffler: „Wenn ihr das schon macht, dann bitte nicht allein! Es soll immer jemand dabei sein.“

Herumprobiert wird mit allem, was greifbar ist, schlagen die Experten Alarm. Das beginnt bei harmlosem Klebstoff und geht über Haarsprays und Nagellackentferner bis

hin zu Gaspatronen aus Schlagobersgeräten. Die Inhalationsstoffe wirken schon nach wenigen Sekunden und können ein kurzfristiges Euphoriegefühl auslösen. Dieses wird in der Regel aber schnell von Niedergeschlagenheit, Übelkeit oder apathischen Zuständen abgelöst.

Noch einschneidender sind die Folgen bei regelmäßigem Schnüffeln über einen längeren Zeitraum. „Hier kann man einschneidende Persönlichkeitsveränderungen bemerken“, erklärt Müller. Mediziner sprechen von „Intelligenzverlust“, aber auch die Muskeln bilden sich zurück, Leber, Herz und Nieren werden angegriffen und nicht zuletzt leidet die Psyche stark.

Wlfrid Rombold

Abbildung 7: Kl. Ztg., Donnerstag, 12. Nov. 2002.

Darüber hinaus steht die systematische Änderung der Zündtemperatur in der homologen Reihe im Einklang mit der zunehmenden Stabilität von KW-Molekülen mit weniger C-Atomen.

Fazit: Abgesehen von den diskutierten qualitativen Schlussfolgerungen sind exakte Aussagen zum Thema Feuerzeuggas mit schulischen Mitteln zumindest mit heimischen Proben nicht so leicht möglich, wie dies aus der chemiedidaktischen Literatur [25, 26, 27] mitunter abgeleitet werden könnte. Durch die sehr unterschiedlichen Dampfdrücke der Feuerzeuggas-Komponenten ändert sich die Zusammensetzung der Proben im Verlauf der Probennahmen für quantitative Untersuchungen vor allem auch dann, wenn die Gasphase angezapft wird, weil die Dose bei der Entnahme nicht auf den Kopf gestellt werden kann. Außerdem sind die Partialdrücke stark temperaturabhängig, Fehler durch das längere Umfassen und Halten von thermostatisierten Dosen wirken sich rasch aus. Diese Umstände und die Tatsache, dass man nicht von einem einfachen Zwei-Komponenten-System (Butan/Isobutan) ausgehen kann, erschwert quantitative Betrachtungen mit schulischen Mitteln beträchtlich. Mit einfachen Masse/Volumen-Bestimmungen wie z. B. in [28, 29, 30, 31] beschrieben, kann man nur mit entsprechenden Vorgaben und Vereinfachungen (Zwei-Komponenten-System Butan/Isobutan) auf die Molmassen schließen. Die Annahme, dass Campinggas (mit einem beträchtlichen Anteil an Propan) mit Butan gleichgesetzt werden kann [32], scheint überhaupt problematisch.

Prinzipielle Fragen zur Funktion eines einfachen Gasfeuerzeugs mit Reibradzündung können jedoch mit einfachen Mitteln auch in Form von Schülerversuchen gestellt werden [33]. Für einfache gaschromatographische Problemstellungen wie in [34] beschrieben eignet sich Feuerzeuggas ganz ausgezeichnet. Bei Verfügbarkeit der Reingase (Ethan, Propan, Isobutan, Butan) lassen sich sogar mit einem Modellgaschromatographen Response-Faktoren ermitteln, die quantitative Betrachtungen erlauben [35].

### Gefahr für die Gesundheit

Die MAK-Werte für Butan und Iso-Butan und Propan liegen je nach dem Herkunftsland der Sicherheitsdatenblätter bei 900 – 1000 vpm (Die Abkürzung vpm ist eine konkret volumsbezogene Variation der allgemeineren Konzentrationsangabe ppm und bedeutet volumes per million volumes of air; 1000 vpm = 1 Liter/m<sup>3</sup>). Zum Vergleich: Chlor hat einen MAK-Wert von 0,5 vpm. Die akute und chronische Toxizität der genannten Flüssiggase kann somit nicht sehr hoch sein. Die rasche Verdampfung größerer Mengen an verflüssigten Gasen kann aber bei Hautkontakt durch die

hohe Verdunstungskälte nicht nur Erfrierungen von Haut und Augen hervorrufen. Das rasche Verdampfen kann bei geringem Luftvorrat auch zu einer Verdrängung der Atemluft führen und auf diese Weise ein Ersticken verursachen. Durch den Verlust der Bewegungsfähigkeit und des Bewusstseins bemerkt das Opfer das Ersticken nicht.

In niedrigeren Konzentrationen können narкотische Effekte entstehen, weshalb das Feuerzeuggas vor allem im englischsprachigen Raum zum gefährlichsten Schnüffelstoff avancierte. Als unerwünschte Symptome werden Schwindelgefühl, Kopfschmerz, Übelkeit und Koordinationsstörungen genannt.

Unter den Schnüffelstoffen spielt die Alltagschemikalie Feuerzeuggas insbesondere bei Kindern und Jugendlichen eine führende Rolle, wobei die Gesundheitsgefährdung nicht nur durch die physiologische Wirkung oft in Kombination mit

Abbildung 7a: Schnüffler im Auto explodiert.

**STEIERMARK**

Zwei Berufsschüler kamen mit schweren Verbrennungen ins LKH Graz. Sie hatten vor dem Muraue Internat heimlich im Auto Gas inhaled.

## Beim „Schnüffeln“ explodierte das Gas

VON DANIELE MARCHER

in lauter Knall, dann rannten zwei junge Burschen um Hilfe schreiend auf den Eingang des Muraue Berufsschulinternates zu. Beide schwer verletzt, Brandwunden zweiten und dritten Grades wurden später im Landeskrankenhaus Graz bei ihnen festgestellt.

Die Lehrlinge, ein 17-Jähriger aus Weissenbach und ein 18-Jähriger aus Thörl, waren im Zuge ihrer Ausbildung im Internat für Maurer-, Zimmerer- und Rauchfangkehrerlehrlinge untergebracht. Montagabend kurz nach 19 Uhr saßen sie im Pkw des Älteren, der auf dem Parkplatz der Schule abgestellt war. „Dort dürften sie ihre Feuerzeuge mit Butangas gefüllt haben, wobei es zur Explosion kam“, vermutete die Gendarmerie anfangs. Doch im Zuge weiterer Ermittlungen tauchte gestern ein schwer wiegender Verdacht auf: Die beiden Lehrlinge dürften das Feuerzeuggas nicht eingefüllt, sondern geschnüffelt haben!

„Es sind Beweisgegenstände aufgetaucht“, berichtet einer der erhebenden Beamten. Nicht nur, dass der Pkw versteckt hinter einem Papiercontainer abgestellt war – in dem Wagen wurden auch ein Billa-Plastiksackerl, eine Kugelschreibermine und drei Gaskartuschen gefunden. Die beiden Burschen dürften das Gas in das Sackerl geleitet und dann geschnüffelt haben. Während einer von ihnen noch inhalierte, dürfte der zweite sich eine Zigarette angezündet haben, vermuten die Ermittler. Die Explosion war die Folge.

„Das Gasschnüffeln ist eine stark aufkommende Problematik im Suchtbereich“, betont die Muraue Gendarmerie. Erst vor zwei Wochen waren in Graz zwei junge Frauen nach dem Inhalieren von Feuerzeuggas ins Spital eingeliefert worden. Die beiden hatten jedoch großes Glück. Sie kamen mit leichten Verletzungen noch glimpflich davon.

Ähnlich problematisch ist der starke Trend zu Drogen aus „Mutter Natur“: Von psychedelischen Pilzen bis zu Tollkirschen-Misli wird mit allem experimentiert.

Beim Entzünden des Feuerzeugs kam es zur Explosion

einem unabsichtlich herbeigeführten Sauerstoffmangel gegeben ist. Mitunter überschreiten die schnüffelnden Jugendlichen mit ihren Aktivitäten auch die untere Explosionsgrenze (Abbildung 7, Beitrag in der „Kleinen Zeitung“ vom 12. 11. 2002). Bei einem angenommenen Volumen von 3 m<sup>3</sup> für eine kleine PKW-Fahrgastzelle müssen immerhin etwa 45 Liter gasförmiges Butan, also 1,85 Mol bei 20 °C (= 107,3 g = 178 mL Butan verflüssigt = ca. eine große Dose) im Wageninneren verteilt werden, um die untere Explosionsgrenze (Tabelle 1) zu erreichen. Nach [25] kann jede Schnüffelsubstanz, somit auch Butan/Isobutan bei jeder Inhalation zu akuten Herzrhythmusstörungen mit Herzstillstand führen (Sensibilisierung des Herzens für Adrenalin – Kammerflimmern, Vasgusreizung – Asystolie). Der plötzliche Schnüffel-Herztod kann die Folge sein.

### Facts from England:

- Since SOLVE IT began in 1989 and up to 1998 approximately 60 people have died from ecstasy whilst over 660 young people have died as a direct result of V.S.A. (= Volatile substances abuse) A ratio of 1 - 11.
- Research has shown that since 1989 the prevalence of V.S.A. has increased by 500%.
- In 2000 V.S.A. accounted for 7 times more deaths than ecstasy.
- Up to 5 young people die in the U.K. every month due to V.S.A.
- In 2000 in 39.1% of deaths there was no evidence of previous abuse.
- In 2000, V. S.A. accounted for one in six of all deaths in ages 15-19 (inclusive) in the U.K.
- Butane lighter refills continues to claim the most lives – linked to 50.8% of all V.S.A. deaths in 2000.
- Death usually occurs through the direct toxic effect of the product abused but can also be due to other causes: - suffocation, inhalation of vomit, accidents whilst „high“.
- There are many crimes committed by young people high on these substances – murders, rapes, assaults, thefts and vandalism.
- Whilst „high“ practicing „safer sex“ is forgotten. This could lead to unwanted pregnancies, sexually transmitted diseases. and H.I.V.
- The products abused appear to remain unrecognised as some of the most dangerous substances and yet the average home can contain over 30 abusable products.
- Many products abused are extremely flammable, and this alone can lead to tragic accidents.
- The signs and symptoms of abuse are similar to those of normal adolescence.
- Deaths from solvent abuse continue to be much more common among males than females.
- In 2000, the most common place of fatal abuse was the home.
- The age at which young people experiment with volatile substances is generally much younger than for controlled substances.
- Sniffing itself is not illegal therefore is easy for young people to believe that they are doing nothing wrong.
- There is no stereotypical young person who abuses volatile substances. The young person who does is not necessarily the loner in the corner; he or she is not necessarily the bully or has an unhappy home life. Those who abuse solvents can come from any social, cultural and ethnic background.

THE KEY MESSAGE IS THAT V.S.A. IS DANGEROUS!

Kein anderes Unterrichtsfach ist wie die Chemie mit ihrem fachwissenschaftlichen Hintergrund so prädestiniert, auf die Gefahren des Feuerzeuggas-Missbrauchs nachhaltig hinzuweisen. Vor allem auf die Folgen des Sauerstoffmangels ist in besonderer Weise aufmerksam zu machen, wobei Lernende der Sekundarstufe I diesbezüglich bereits wichtige Adressaten darstellen. Nähere Hinweise für LehrerInnen gibt es z.B. unter [36]. Abbildung 7: Kl. Ztg., Donnerstag, 12. 11. 2002

Nicht ohne Grund ist in England der Verkauf von „Butane lighter fuel“ an Jugendliche unter 18 Jahren seit 1999 verboten [37]. Im deutschsprachigen Raum können Flüssiggas-Dosen für Feuerzeuge von Jugendlichen unter 18 Jahren frei erworben werden, weil hier die Schnüffelproblematik noch nicht so verbreitet ist.

Für jene österreichischen Chemielehrkräfte, die aufgrund der geringen Stundendotation für die Realien-Fächer an den österreichischen, so genannten „Real“-Gymnasien lebenswichtige Informationen für die Lernenden unter Umständen in den fremdsprachigen Unterricht auslagern müssen, seien die unglaublichen Fakten über Schnüffelstoffe, insbesondere über Feuerzeuggas, aus der Homepage der Organisation „Solve it“ als Kopiervorlage aufgelistet [38].

### Piezoelektrisches Glossarium

Geschichtliches: Die Entwicklung von piezoelektrischen Keramiken ist ein typisches Beispiel dafür, wie ein Phänomen, das bei natürlich vorkommenden Substanzen bereits vor über 100 Jahren beschrieben wurde, in künstlichen Werkstoffen optimiert, potenziert und gezielt ausgenutzt wird.

Im Jahre 1880 haben die genialen Brüder Pierre und Jacques Curie die druckabhängigen elektrischen Eigenschaften von Turmalin demonstriert. Kurze Zeit später entdeckten sie dieses Phänomen auch an Quarz und anderen Kristallen und bezeichneten die Eigenschaft als „Polarelektrizität“. Bereits im Jahr 1881 hatte sich aber die Bezeichnung „Piezoelektrizität“ (griechisch: piezein = drücken) durchgesetzt. Der reziproke Effekt, dass sich ein Kristall durch Anlegen einer Spannung bewegt, wurde bereits im Jahr 1881 vorausgesagt und ebenfalls von den Brüdern Curie experimentell nachgewiesen. Viele berühmte Forscher beschäftigten sich mit dem Phänomen, die theoretischen Grundlagen dazu lieferte aber erst Max Born im Jahr 1954. Technische (militärische) Anwendungen des piezoelektrischen Effektes waren aber bereits viel früher von großer Bedeutung: Mit piezoelektrischen Resonatoren („Schwingquarze“) wurden und werden seit Jahrzehnten Frequenzgeneratoren von (Radio-)Sendern gesteuert und konstant gehalten. Bereits gegen Ende des



1. Weltkrieges hatte man ein System entwickelt, wo dünne Quarzkristalle, eingeklebt zwischen Stahlplatten mit einer Resonanzfrequenz von etwa 50 kHz dazu dienten, um Unterseeboote zu orten („Echolot“). Elektronische Abstandswarner zum bequemerem Einparken von Autos funktionieren heute nach einem ähnlichen Prinzip. „Quarz“-Uhren, in denen anstelle einer Unruhe oder eines Pendels platzsparende Schwingquarze für ein exaktes Zeitmaß sorgen, nutzen ebenfalls das reziproke piezoelektrische Prinzip.

Nach dem Krieg begann eine stürmische Entwicklung, weil neuere Erkenntnisse aus der Kristallchemie Möglichkeiten eröffneten, die Änderung einer Ladungsverteilung durch Druck oder Temperatur vorherzusagen. Man entdeckte, dass der piezoelektrische Effekt auch bei speziellen Keramiken auftritt, bei entsprechender Konditionierung sogar in einem viel stärkeren Ausmaß als bei natürlichen Einkristallen. Heute reicht die Anwendung von Mikroantrieben (z. B. bei Rastertunnelelektronenmikroskopen) über Ultraschallgeneratoren, Beschleunigungsaufnehmer (z. B. in Sensoren für die Airbag-Technologie), Biegebalken (Kraftsensoren für elektronische Waagen, Kraftmesser), Telefon-Mikrofonen bis zu den Düsen von Tintenstrahldruckern, den bereits ubiquitären Piepsern diverser elektronische Geräte und eben Zündfunkengebern bei Gasfeuerzeugen.

Prinzipielles: Piezoelektrizität ist die Bezeichnung für das Auftreten von elektrischen Ladungen an der Oberfläche von Festkörpern bei Verformung (mechanische Spannung  $T_j$ ) durch Druck, Zug oder Torsion. Man nennt dies den direkten piezoelektrischen Effekt. Die Eigenschaft der Piezoelektrizität stellt somit eine Kopplung von mechanischen und elektrischen Größen dar und existiert in dielektrischen festen Körpern mit einem Zustand wahrer oder induzierter Polarisation. Diese Polarisation ändert sich im deformierbaren Körper, wenn dieser der mechanischen Spannung  $T_j$  (Druck, Zug) ausgesetzt ist. Die zusätzliche elektrische Polarisation  $P_i$  errechnet sich aus:

$$P_i = d_j \cdot T_j$$

$d_j$  = piezoelektrischer Dehnungskoeffizient [C/m<sup>2</sup>],  $T_j$  = z. B. F/A (Druck)

Diese elektrostatische Aufladung, die beim Zusammendrücken von Kristallen in Richtung der polaren Achsen beobachtet wird, ist also der Größe der einwirkenden Kraft proportional.

Die Kraft verursacht eine Ladungsverschiebung:

$$Q = d_{kl} \cdot F$$

$d_{kl}$  = piezoelektrischer Koeffizient [pC/N]

Dabei werden positive Ionen gegenüber negativen Ionen relativ zueinander entlang der polaren Achse verschoben. Deshalb ist bei zusätzlicher Polarisation die Oberfläche von gegenüberliegenden Kristallflächen entgegengesetzt geladen. Wenn auf

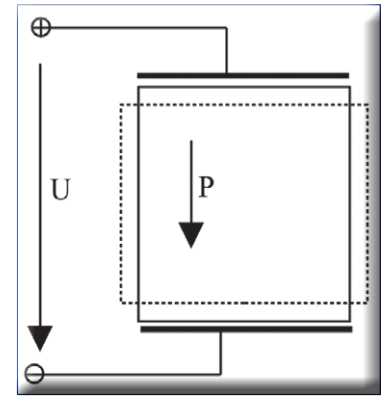
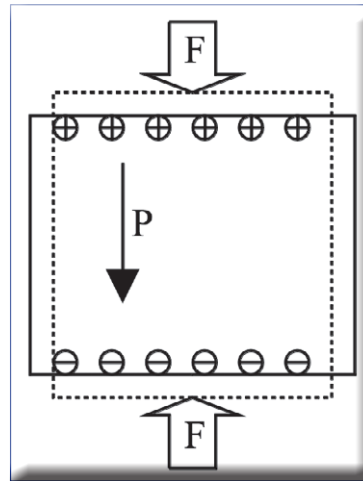


Abbildung 8 (links) und Abbildung 9: Zur Piezoelektrizität (siehe Text).

den gleichen Kristall eine Zugkraft wirkt, so kehrt sich die elektrische Aufladung um (Abbildung 8).

Bei Einkristallen tritt die Piezoelektrizität nur dann auf, wenn aus kristallchemischer Sicht kein Inversionszentrum vorliegt und ein gewisser Anteil an ionischer Bindung existiert. Beispiele dafür sind: Quarz, Turmalin, BaTiO<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Seignettesalz, Ethylendiamintartrat, Ferroelektrika mit Perowskit-Struktur (Piezokeramiken) und Kristalle, bei denen Piezoelektrizität mit Pyroelektrizität (el. Spannung durch Temperaturänderung) gepaart ist. Auch Polymere mit kristallinem Anteil wie PVDF können Piezoelektrizität zeigen.

Eine Umkehrung des piezoelektrischen Effektes ist gegeben durch eine Deformation  $S_j$ , die bei Einwirkung einer elektrischen Feldstärke  $E_j$  entsteht. Ein elektrisches Feld  $E_j$  bewirkt in Abhängigkeit von der Richtung eine Dilatation oder eine Kontraktion, die der elektrischen Feldstärke  $E_j$  proportional ist (Abbildung 9):

$$S_i = d_j \cdot E_j$$

Die Längenänderung  $\Delta l$  ist proportional der Spannung  $U$ :

$$\Delta l = d_{kl} \cdot U$$

$d_{kl}$  = piezoelektrische Konstante [m/V]

Mit diesem Vorgang ist der inverse piezoelektrische Effekt definiert. Die Piezoelektrische Konstante  $d_j$  ist ein Proportionalitätsfaktor, der sowohl für die direkte als auch für die inverse Piezoelektrizität gilt [39, 40, 41].

Die Anforderungen an künstlich hergestellte piezoelektrische Materialien sind heute vielfältig: Sie müssen eine sehr gute zeitliche Stabilität aufweisen, einen minimalen Temperaturkoeffizienten besitzen und eine große piezoelektrische „Härte“ gegenüber Depolarisation zeigen. Sie sollen einen hohen Curie-Punkt und temperaturstabile Frequenzeigenschaften haben und vor allem aus preiswerten Rohstoffen herstellbar sein.

Blei-Zirkonat/Blei-Titanat („PZT“-Keramiken) zählen seit über dreißig Jahren zu den Favoriten unter den möglichen Materialien. Die PZT-Keramik besteht im Prinzip aus vielen Kristalliten mit

Perovskit-Struktur, wo kleine Metallionen mit der Oxidationszahl +4 (Titan oder Zirkonium) in einem Gitter von größeren Barium- oder Bleiionen mit der Oxidationszahl +2 und Sauerstoff-Ionen eingebettet sind. Oberhalb des Curie-Punktes hat jeder Kristall eine simple kubische Symmetrie und kein Dipolmoment. Unterhalb der Curie-Temperatur jedoch besitzt jeder Kristall eine tetragonale oder rhomboedrische Symmetrie und damit ein Dipolmoment (Abbildung 10).

Bei der Herstellung der PZT-Piezokeramiken werden die Metalloxide fein pulverisiert und im geeigneten Verhältnis gemischt und erhitzt, um ein einheitliches Pulver zu erhalten. Dieses Pulver wird mit einem organischen Bindemittel versetzt, um die Keramik in die gewünschte Form (Stäbchen, Scheiben, Platten) pressen zu können. Die geformten Elemente werden nach einem bestimmten Schema gesintert. Nach dem Abkühlen unter den Curie-Punkt sind nun einzelnen Dipole der lokalen Domänen schon vorhanden, die Keramik in Summe hat jedoch nach außen noch keine

Material	$d_{ij}$	Einheit [pC/N]
Quarz $\text{SiO}_2$	$d_{11}$	2,3
Turmalin	$d_{33}$	1,83
Lithiumniobat $\text{LiNbO}_3$	$d_{22}$	0,67
Lithiumtantalat $\text{LiTaO}_3$	$d_{33}$	9,2
Piezoelektrische Keramik (Bleizirkontitanat)	$d_{33}$	593
Polyvinylidenfluorid (PVDF)-Folie	$d_{13}$	23

Tabelle 4

Polarisation. Um diese Domänen zu ordnen, wird die Keramik knapp unterhalb des Curie-Punktes einem starken elektrischen Feld ausgesetzt, in dem sich die meisten der einzelnen Dipole im Feld ausrichten. Wird die Keramik aus dem elektrischen Feld entfernt, bleiben die einzelnen Dipole fixiert. Das piezokeramische Element hat nun eine permanente Polarisation. Mechanische Kompression auf die Keramik entlang der Polarisationsrichtung oder auch Zug senkrecht zur Polarisationsrichtung ändern das Dipolmoment und produzieren eine Spannung mit derselben Polarität wie die ursprünglich verwendete Polarisationsspannung. Wenn an die Keramik eine Spannung mit derselben Polarität wie die Polarisationsspannung in Richtung der Polarisation angelegt wird, so verlängert sich der Körper und der Durchmesser wird kleiner. Wenn die Spannung umgepolt wird, verkürzt sich das Element und wird dicker. Bei Anlegen einer Wechselfspannung ändert sich die Form der Piezokeramik mit der Frequenz der angelegten Spannung.

Piezokeramische Zündelemente für Feuerzeuge sind so konstruiert, dass möglichst viel mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Bei Betätigung des Druckknopfes muss vorerst mittels Mechanik eine Federkraft überwunden werden, bis ein Metallzylinder (Hammer) freigegeben wird, der nun mit großer Geschwindigkeit in Richtung der Polarisation auf die in Kunststoff gut eingebettete Keramik schlägt. Von den gegenüberliegenden Oberflächen der Keramik (typische Längen: 10 - 14 mm, Durchmesser: 6 - 7 mm) kann die Spannung über angeklebte Metallelektroden und Kabelverlängerungen abgenommen werden.

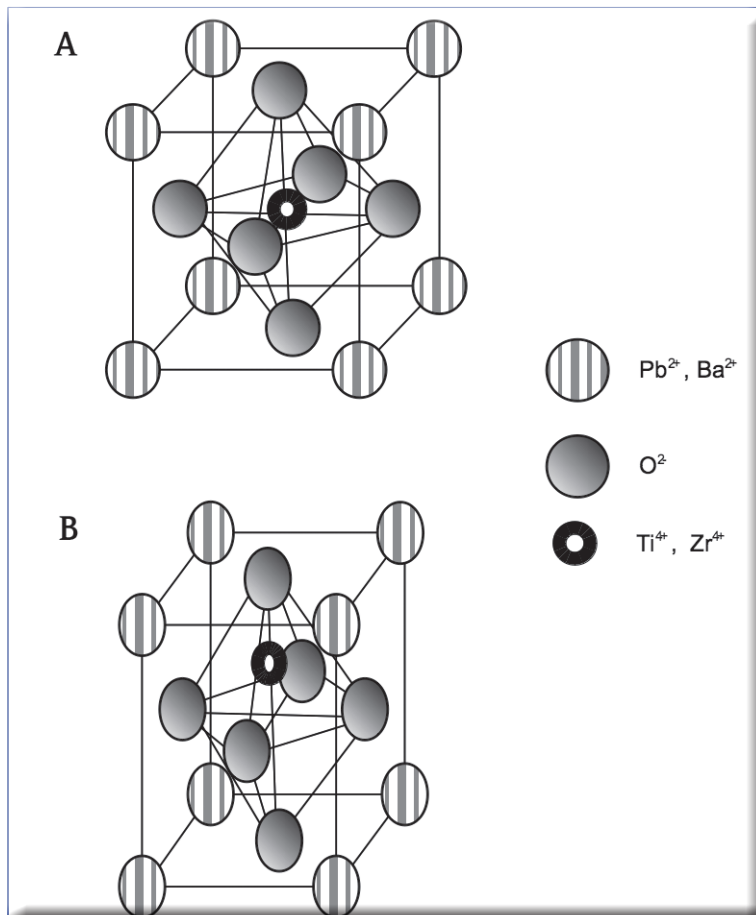
Die erreichbare Spannung (Ladungsverschiebung) ist direkt proportional der mechanischen Einwirkung (Kraft  $F$ ) und der Länge der Keramik. Der Proportionalitätsfaktor ist der piezoelektrische Koeffizient  $d_{kl}$  mit der Einheit [pC/N]

$$Q = d_{kl} \cdot F$$

$k = (1,2,3)$  Polarisationsrichtung;

$l: (1,2,3)$  Längsverschiebung,  $(4,5,6)$  Winkelverschiebung.

Abbildung 10: a) Anordnung der Piezokeramischen Kristalle (Perovskit-Struktur) oberhalb des Curie-Punktes: Kubische Struktur, symmetrische Anordnung der positiven und negativen Ionen, kein Dipolmoment; b) Anordnung der Piezokeramischen Kristalle unterhalb des Curie-Punktes: tetragonale (orthorhombisches) Gitter, unsymmetrische Anordnung der positiven und negativen Ionen, elektrisches Dipolmoment.



Für jedes piezoelektrische Material existieren aus Symmetriegründen  $k \cdot 1 = 12$  Koeffizienten, wobei einige durch die Symmetrieeigenschaften 0 sein können. In der Tabelle 4 sind nur die größten Koeffizienten der jeweiligen Materialien angeführt: Tabelle 4 [40].

### Experimenteller Teil:

Aus Kosten- und Sicherheitsgründen sind die folgenden Experimente mit Feuerzeuggas auf geringe Mengen ausgelegt. Sofern die Versuche nicht in Form von Schülerexperimenten durchgeführt werden bzw. nur sehr kleine Lerngruppen (z.B. Lernzirkel) geplant sind, muss meist für eine entsprechende Visualisierung mittels Digitalkamera und Fernseher bzw. Datenprojektor gesorgt werden. Offene Flammen sind auszuschließen, sofern nicht bei der jeweiligen Versuchsbeschreibung der kontrollierte Umgang mit Feuer ausdrücklich gefordert ist.

#### Flüssiggas = verflüssigtes Gas

Feuerzeuggas ist ein Alltagsprodukt, bei dem die signifikante Änderung des Volumenbedarfs beim Übergang von der flüssigen Phase in die Gasphase und umgekehrt sehr gut beobachtet werden kann bzw. auch gut demonstrierbar ist. Nicht tragfähige Schülervorstellungen über die Gasphase können dabei überdacht und durch ein anschauliches Teilchenkonzept ersetzt werden. So lassen sich z.B. missverständliche Abbildungen in Schulbüchern, wo zwischen den Teilchen eines Gases noch „Luft“ vermutet werden kann, mit Feuerzeuggas recht einfach falsifizieren.

#### Sieden bei Minusgraden

**Material:** Dose mit Feuerzeuggas, div. Kunststoffadapter für Feuerzeugventile, Reagenzglas Fiolax 16/160, PVC-Schlauch 4 mm (Länge ca. 15 cm, Baumarktware), Kältespray (z.B. 75 Super, Gemisch aus 1,1-Difluorethan und 1,1,1,2-Tetrafluorethan, Aerosol 200 mL zur thermischen Fehlersuche in mechanischen und elektronischen Baugruppen, Conrad-Electronic Best.Nr. 824631-62), digitales Thermometer mit NiCrNi-Fühler (z.B. Voltcraft VC 150, Messbereich  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Conrad-Electronic Best. Nr. 124402-05), Schutzbrille.

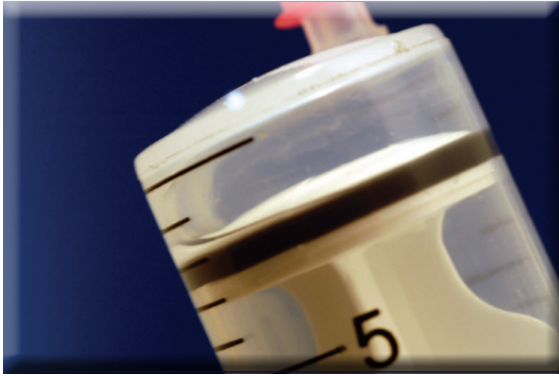
**Durchführung:** Man lässt verflüssigtes Feuerzeuggas aus der Vorratsdose über einen dünnen PVC-Schlauch ins Reagenzglas fließen (Abbildung 11). Dabei wird die Butangasdose wie beim Füllen eines Feuerzeugs oder Mikrobrenners kopfüber mit dem Ventil nach unten gehalten. Ein der Dose beige packter Ventiladapter sorgt für einen gasdichten Übergang vom Dosenventil zum Schlauch, der bis zum Boden des Reagenzglases reichen soll.



Abbildung 11:  
Entnahme von  
Feuerzeuggas,  
Ermitteln der  
Siedetemperatur.

Das Dosenventil kann mit zwei Fingern geöffnet werden, indem man den Adapter mit dem aufgeschobenen Schlauch kräftig gegen das Ventilröhrchen presst. Auf diese Weise lässt man rasch etwa 1,5 cm hoch verflüssigtes Feuerzeuggas ins Reagenzglas strömen, ohne dass die Finger durch das kalte Medium gefährdet sind. Die dünne Reagenzglaswand passt sich dabei rasch der Temperatur des verflüssigten Gases an. Erst allmählich beginnt die flüssige Phase wieder zu siedeln. Mit einem Kältespray (Sprayknopf-Verlängerungsröhrchen benutzen!) kann man das RG punktgenau von außen wieder so kühlen, dass das Siedeln sofort gestoppt wird. Beim Eintauchen des NiCrNi-Fühlers in die flüssige Phase entweichen typische Dampfbläschen direkt aus dem Ende der Kunststoff-Ummantelung des Fühlerdrahtes, sobald der Dampfdruck einer Komponente im KW-Gemisch den Umgebungsdruck (Außendruck) erreicht hat. Dieser Gasbläschenstrom stoppt sofort, wenn mit Kältespray wieder unter die Siedetemperatur gekühlt und der Außendruck wieder größer als der Dampfdruck wird (auch [42]). Die auf diese Weise festgestellten Siedetemperaturen liegen bei etwa  $-12$  bis  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Offensichtlich lassen sich mit der beschriebenen Methode im RG keine nennenswerten Anteile an Propan sammeln. (Siedetemperaturen, Tabelle 3). Um die Gasbläschen gut beobachten zu können, ist es immer wieder notwendig, die Rauhreiftschicht am RG abzuwischen.

Abbildung 12:  
Verflüssigung  
der Gasphase bei  
Druckerhöhung.



#### Verdunsten, Verdampfen, Sieden:

##### Verdampfende Flüssigkeiten benötigen Platz

*Material:* Dose mit Feuerzeuggas, div. Kunststoffadapter für Feuerzeugventile, Reagenzglas Fiolax 16/160, PVC-Schlauch 4 mm (Länge ca. 15 cm, Baumarktware), Luftballon, gasdicht passend zu Reagenzglas, Schutzbrille.

*Durchführung:* Wie im Versuch *Sieden bei Minusgraden* beschrieben, wird im RG verflüssigtes Feuerzeuggas gesammelt. Die Reagenzglasöffnung wird mit einem passenden Luftballon verschlossen, so dass sich die verdampfenden Kohlenwasserstoffe in diesem sammeln können.

*Anmerkung:* Der Unterschied zwischen Verdampfen (Verdunsten) und Sieden lässt sich verdeutlichen, wenn man die Reagenzglasöffnung mit einem Weichgummistopfen verschließt, der mit einer Kanüle 1,2/40 mm durchbohrt ist. Wenn man auf diese Kanüle eine leichtgängige 20 mL-

Spritze (z.B. ONCE mit geölter Gummidichtung) aufsetzt, füllt sich die Spritze langsam auch ohne sichtbare Gasblasen aus der flüssigen Phase. Das Sieden der Flüssigkeit lässt sich mit Kältespray (siehe Versuch *Sieden bei Minusgraden*) unterbinden.

#### Kondensieren bei Druckerhöhung

*Material:* Dose mit Feuerzeuggas, div. Adapter für Feuerzeugventile, PVC-Schlauch (4 mm), Länge ca. 10 cm, 20 mL-Spritze (mit Gummidichtung), Kanüle, Weichgummistopfen.

*Durchführung:* Eine 20 mL-Spritze wird mittels PVC-Schlauch mit Feuerzeuggas gefüllt und mit einer Kanüle, die in einem Weichgummistopfen steckt, gasdicht verschlossen. Kräftiges Kompriern der Gasphase von mehr als 20 mL auf etwa 2 mL führt dazu, dass sich aus dem Gas nach kurzer Wartezeit (Abführen der Kompressionswärme) flüssige Anteile niederschlagen (Abbildung 12). Gibt man die komprimierten Phasen wieder frei, verschwinden die flüssigen Anteile.

#### Druck in der Nachfülldose – Messen des Gesamtdrucks

*Material:* verschiedene Dosen mit Feuerzeuggas, div. Adapter für Feuerzeugventile, PVC-Schlauch (4 mm Innendurchmesser), Länge ca. 5 cm, 20 mL-Spritze, Drucksensor (bis 10 bar) für computerunterstützte Messwerterfassung (z.B. – alt aber gut – Abbildung 13: Chembox von IBK, Software Chemex) Computer, Digitales Thermometer, Kübel mit Wasser.

*Durchführung:* Beim Drucksensor ist mittels Spritze vor den eigentlichen Messungen eine einfache Zweipunkt-Eichung vorzunehmen: Nach dem Verbinden des Sensors mit der Spritze mit genau 20 mL Luft wird der Messpunkt 1 = 1 bar (Luftdruck) eingegeben. Nach dem Komprimieren der Luft in der Spritze auf 5,0 mL wird der Messpunkt 2 = 4 bar fixiert. Das Verbindungsschlauchstück zwischen Spritze und Drucksensor muss möglichst kurz sein, um das angenommene Ausgangsvolumen von 20 mL nicht unnötig zu verfälschen. Beim Expandieren der Luft auf 20 mL muss sich wieder der Druck von 1 bar einstellen.

Die gasdichte Verbindung zwischen den Feuerzeug-Dosen und dem Drucksensor erfolgt ebenfalls mit dem PVC-Schlauchstück, wobei auf das Ventilröhrchen der Dose ein passender Adapter aufzuschieben ist. Das Dosenventil muss beim Messen des Gasdrucks über der verflüssigten Phase nach oben gerichtet sein. Kräftiges Andrücken des Schlauchstückes auf das Röhrchen öffnet das Ventil. Die Ablesung hat rasch zu erfolgen, weil die Erwärmung der Dose durch den Kontakt mit der Hand auch rasch zu einer Erhöhung der Partialdrücke führt. Deshalb sollten die Dosen auch



Abbildung 13:  
Druckmessung in  
der Dose mittels  
Sensor und  
Interface.



Abbildung 14:  
Temperaturmessung nach der Bestimmung der Masse.

vor Beginn der Messung durch Zwischenlagerung in Wasser mit bekannter Temperatur thermostatisiert werden.

Die so ermittelbaren Druckverhältnisse in verschiedenen Dosen stimmen recht gut mit den aus den Partialdrücken errechneten Gesamtdrücken überein (Abbildung 13; Tabelle 1).

### Dichte von Feuerzeuggas

Die Dichte von Butan und Isobutan ist etwa doppelt so groß wie die Dichte der Luft (Tabelle 3). Einfache Phänomene, wie das „Umgießen“ eines schweren Gases von einem Gefäß in ein anderes lassen sich somit noch einfacher realisieren als z.B. mit Kohlendioxid. Quantitative Bestimmungen der Gasmasse sind auch mit relativ kleinen Volumina (100 mL) und Waagen ab einer Genauigkeit von 0,01 g machbar und für schulische Verhältnisse ausreichend exakt. Leider führt die Bestimmung der Dichte bzw. Masse zu keinen konkreten Molmassen, weil die Zusammensetzung der Gasproben nicht einheitlich ist (Tabelle 1 bzw. Abschnitt *Chemische Eigenschaften von Feuerzeuggas*).

### „Umgießen“ von Feuerzeuggas

**Material:** Dose mit Feuerzeuggas, Adapter für Feuerzeugventil, PVC-Schlauch (4 mm Innendurchmesser), Länge ca. 15 cm, 2 Reagenzgläser 16/160 mm, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Feuerzeug, Teelicht.

**Durchführung:** Mittels Schlauch und Adapter wird ein Reagenzglas durch Luftverdrängung mit

Feuerzeuggas gefüllt. Das Gas lässt sich wie eine Flüssigkeit von einem Reagenzglas ins andere befördern. Zum Beweis, dass das Gas im zweiten Reagenzglas gelandet ist, kann man das Gas aus diesem Reagenzglas auf ein entzündetes Teelicht „gießen“. Zu diesem Zweck neigt man das Reagenzglas am besten mit dem Reagenzglashalter, dass die Reagenzglasöffnung in die Nähe der Flamme kommt. Das Gas fließt aus und entzündet sich.

### Dichtemessung mit der Pringles-Dose

**Material:** Dose mit Feuerzeuggas, Zerstäuberknopf einer Spraydose, Pringles-Dose mit Deckel, Lineal, Nagel, Brenner, Waage (Genauigkeit 0,01g), Digitalthermometer mit NiCrNi-Fühler (z.B. Voltcraft VC 150, Conrad-Electronic Best.Nr. 124402-05)

**Durchführung:** Volumen und Masse der Pringles-Dose inkl. Deckel werden bestimmt. In den Deckel wird mit einem kleinen erhitzten Nagel ein Loch geschmolzen, das gerade so groß ist, um den Drahtfühler des Thermometers aufnehmen zu können (Abbildung 14).

Der Zerstäuberknopf einer leeren Spraydose wird auf das Ventilröhrchen der Feuerzeuggasdose aufgesetzt. Aus der umgedrehten Dose sprüht man durch Anpressen des Druckknopfs verflüssigtes Feuerzeuggas in die Pringles-Dose, bis sich am Boden etwa 4 - 5 Milliliter an flüssiger Phase angesammelt haben. Dabei wird bereits ein Großteil der Luft in der Dose verdrängt. Die Dose wird rasch verschlossen und auf die Waage gestellt. Die verflüssigten KW verdampfen und verdrängen die restliche Luft durch das Loch im Deckel. Nach kurzer Zeit verlangsamt sich die beobachtete Abnahme der Masse der Dose mit Inhalt deutlich auf etwa 0,01 g pro Minute. Solange sich das Gas in der Dose durch Angleichen an die Umgebungstemperatur noch ausdehnt, kann praktisch kaum Luft durch das kleine Loch im Deckel diffundieren. Man registriert die Masse des Gases und unmittelbar anschließend auch die Temperatur durch Einführen des NiCr-Ni-Fühlers durch das Loch im Deckel.

Die Nettomasse des Feuerzeuggases errechnet sich aus dem gemessenen Wert plus dem Auftrieb der betrachteten Gasmenge an der Luft (Masse des verdrängten Luftvolumens).

### Typische Resultate:

Volumen der Pringles-Dose: 936 mL  
Masse der Luft in der Dose: 1,11 g (errechnet mittels allgemeiner Gasgleichung, mittlerer Teilchenmasse der Luft 28,8, Zimmertemperatur 293 K, Druck 105 Pa)  
Masse der KW in der Dose: 0,85 g (ohne Berücksichtigung des Auftriebs)  
Tatsächliche Masse der KW in der Dose: 1,11 g + 0,85 g = 1,96 g  
Dichte der KW:  $1,96\text{g}/0,936\text{l} = 2,1\text{g/l}$

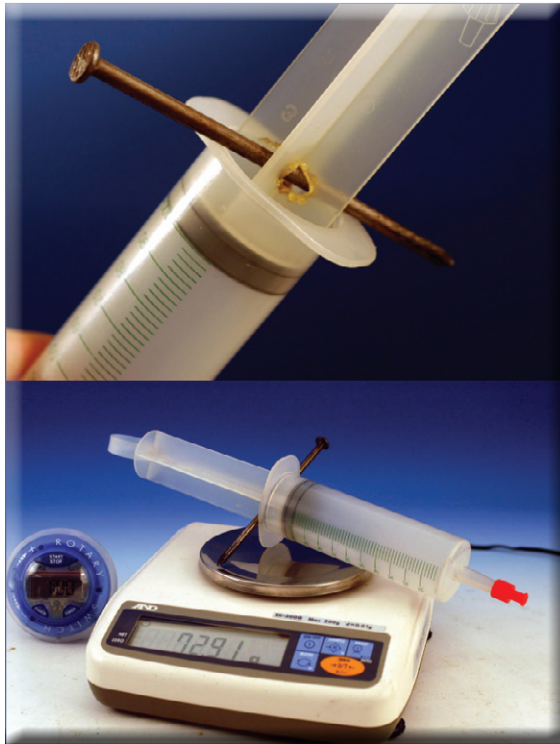


Abbildung 15: Arretierung des Kolbens bei evakuierter Spritze, Wägung der Spritze im evakuierten und gefüllten Zustand.

*Hinweis:* Die vorgeschlagene Pringles-Dose ist größtenteils aus Karton gefertigt und hat ein für das Experiment sehr vorteilhaftes Volumen/Masse-Verhältnis, sodass auch kostengünstige elektronische Waagen (Messungen bis max. 120 g Gesamtmasse, Genauigkeit 0,01g) einsetzbar sind. Die Al-Beschichtung der Dose reduziert störende Wechselwirkungen der verflüssigten KW mit der Behälterwand auf ein Minimum. Mit dem gewogenen Gas in der Dose können anschließend z.B. „Umgießversuche“ durchgeführt werden.

#### Dichtemessung mit der Kunststoffspritze

*Material:* Dose mit Feuerzeuggas, Adapter für Feuerzeugventil, PVC-Schlauch (4 mm Innendurchmesser), Länge ca. 10 cm, 100 mL-Spritze mit Kathederansatz, Adapter mit Luer-Ansatz, Nagel 150 mm, Brenner, Waage (Genauigkeit 0,01 g), Digitalthermometer mit NiCrNi-Fühler z.B. Voltcraft VC 150, Conrad-Electronic Best.Nr. 124402-05)

*Durchführung:* Präparation der Spritze: Der Stempel der Spritze wird auf genau 100 mL ausgezogen. Ein ausreichend erhitzter Nagel wird entlang der Kolbenöffnung quer durch den Stempel geschoben, so dass der Stempel bei evakuierter Spritze bei der 100 ml-Marke arretiert bleibt (Abbildung 15). Zur Bestimmung der Nettomasse muss die Masse der evakuierten Spritze ermittelt werden. Dazu verschließt man den Kathederansatz mit einer Verschlusskappe (medi-

zintechnisches Material), behelfsmäßig auch mit Luer-Adapter, Kanüle und Weichgummistopfen, zieht den Spritzenstempel kräftig gegen den Luftdruck etwas über die 100 mL Markierung heraus, schiebt den Nagel durch das vorbereitete Loch im Stempel und lässt diesen bis zur Arretierung langsam zurück in den Spritzenkolben schlüpfen. (Abbildung 15). Das Vakuum in der Spritze wird überraschend gut gehalten, was einerseits auf der Waage sichtbar wird, andererseits dadurch kontrolliert werden kann, indem man die Arretierung entfernt. Der Spritzenstempel muss sich dann wieder selbsttätig bis zur 0-mL-Markierung bewegen. Nach Ermittlung der Nettomasse der Spritze wird diese durch Überströmen mit 100 mL Feuerzeuggas gefüllt, bei Luftdruck verschlossen, mit dem Nagel versehen und neuerlich gewogen.

Die Ergebnisse der auf diese Weise ermittelten Dichte stimmen recht gut mit den errechneten Dichten der fiktiven Teilvolumina der einzelnen Komponenten überein (Tabelle 2). Wenn die Wägung der evakuierten Spritze zu umständlich erscheint, kann man die Masse des Feuerzeuggases auch mit Hilfe eines Referenzgases (Luft) ermitteln. Die tatsächliche Masse von 100 mL Feuerzeuggas in der Spritze ergibt sich, indem man zur gewogenen Masse die errechnete Masse von 100 mL verdrängter Luft dazuzählt [43].

#### Bestimmung der mittleren Molmasse

Mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  kann aus einem vorgegebenen Druck (Luftdruck) und bekannter Temperatur (Raumtemperatur) der Molanteil  $n$  in 100 mL Gas errechnet und der in vorhergehenden Versuchen ermittelten Masse gegenübergestellt werden. Die daraus kalkulierbare Masse von 1 Mol Gasteilchen lässt Schlüsse auf die durchschnittliche Molekülmasse von Feuerzeuggas zu.

*Typische Ergebnisse:* Für ein Gasvolumen von 100 mL errechnen sich etwa 0,004 Mol Teilchen (299 K, Druck von 105 Pa). Die Masse dieser Teilchenmenge wird mit 0,22 g ermittelt. Ein Mol Teilchen hätte somit 55 g. (Ein Mol Butan wäre 58 g, ein Mol Propan 44 g, Tabelle 3).

#### Ein spektakulärer Springbrunnen mit Feuerzeugbenzin und Feuerzeuggas

*Material:* Dose mit Feuerzeuggas, PVC-Schlauch (4 mm Innendurchmesser), Länge ca. 15 cm, Adapter f. Dosenventil, 3 Reagenzgläser Fiolax 16/160, Reagenzglasständer, Weichgummistopfen Verneret 18D mit Kanüle 1,2/40 mm durchbohrt (Spitze anschließend gekappt), 20 mL-Spritze m. Gummidichtung (z.B. ONCE, mit Siliconöl leichtgängig gemacht), Becherglas 50 mL, Feuerzeugbenzin (Zippo o. dgl.).



Abbildung 16: Der Feuerzeuggas-Springbrunnen mit Feuerzeugbenzin als Lösungsmittel funktioniert mehrmals hintereinander ohne das Lösungsmittel erneuern zu müssen.

*Durchführung:* Ein Reagenzglas wird durch Luftverdrängung mit Feuerzeuggas vollständig gefüllt. Der PVC-Schlauch soll beim Überströmen des Gases aus der Vorratsdose ganz auf den Boden des Reagenzglas reichen. Das gefüllte Reagenzglas wird mit dem Weichgummistopfen (mit integrierter Kanüle) verschlossen. Aus dem Becherglas saugt man nun 20 mL Feuerzeugbenzin (!) in die 20 mL-Spritze. Zur Demonstration des Springbrunnens mit unpolaren Stoffen hält man das Reagenzglas mit dem aufgesetzten Stopfen nach unten, schließt die gefüllte Spritze an die Kanüle und düst zum Starten der Reaktion ca. 1-2 mL Benzin mitten in den Gasraum. Sofort bildet sich ein massiver Unterdruck und der Rest des Benzins aus der Spritze wird spontan ins Reagenzglas gesaugt. Die Selbsttätigkeit des Mini-Springbrunnens lässt sich am einfachsten mobil und zweifelsfrei demonstrieren, wenn man die Apparatur nur mit zwei Fingern an der Kanüle hält (Abbildung 16).

*Anmerkungen:* Die Löslichkeit von gasförmigen Kohlenwasserstoffen in Feuerzeugbenzin ist offensichtlich so gut, dass der Versuch mit weiteren gasgefüllten Reagenzgläsern mehrfach wiederholt werden kann, ohne dass das verwendete Siedegrenzenbenzin gewechselt werden muss! Die Regel „Similia similibus solvuntur“ (oder für Verfechter moderner Sprachen: „like dissolves like“) kann an diesem Beispiel somit mit zwei Alltagschemikalien eindrucksvoll demonstriert werden. Die Löslichkeit von unpolarem n-Butan in (unpo-

laren) Diethylether beträgt z. B. 30,2 Liter Butan pro Liter Ether (bei 18 °C) [44]. Achtung! Der hier überhaupt erstmals beschriebene „Feuerzeuggas-Springbrunnenversuch“ funktioniert mit Siedegrenzenbenzin (Feuerzeugbenzin) als Lösemittel deshalb so gut, weil die Komponenten wie Octan, Isooctan, Nonan selbst einen relativ niedrigen Dampfdruck besitzen (etwa 0,015 bar, siehe [1, 45]). „Normales“ Benzin mit hohem Dampfdruck funktioniert nicht so gut, weil die Benzindämpfe die Bildung eines Vakuums im Reagenzglas verhindern. In [46] wird ein Löslichkeitsversuch von Butan in (Wasch-)Benzin beschrieben, bei dem „ein flüssiges Alkan“ aus einem Tropftrichter von oben in einen gleich großen Kolben mit Butan strömt, wobei dezidiert angemerkt wird, dass „das Benzin nur einmal verwendet werden soll, um eine Sättigung mit Butan zu vermeiden“. Derartige Probleme mit dem Dampfdruck (des Lösemittels) treten bei Verwendung von Feuerzeugbenzin nicht auf. Aceton könnte zwar auch beträchtliche Mengen an Kohlenwasserstoffen lösen („Ethin-Springbrunnen“ [47]), besitzt aber selbst ebenfalls einen merklichen Dampfdruck (0,233 bar bei 20 °C) und bestätigt darüber hinaus nicht so eindeutig das Konzept „Ähnliches löst Ähnliches“ wie Feuerzeugbenzin. Mit Lampenöl (Baumarktware) bzw. hochsiedendem Petroleumbenzin funktioniert der „Kohlenwasserstoff-Springbrunnen“ bereits deutlich schlechter, weil durch die größere Viskosität der Flüssigkeit kurzfristig eine viel kleinere Oberfläche zur Absorption des Gases verfügbar ist. Spritzt man Lampenöl in der beschriebenen Weise in das Reagenzglas, bildet sich nur langsam (bzw. beim zusätzlichen Schütteln) ein Unterdruck aus. Die Durchführung des Springbrunnenversuchs im Microscale-Maßstab ist an dieser Stelle aus Gründen der Sicherheit und Materialersparnis methodisch sinnvoll. Die kleine Benzin-Fontäne im Reagenzglas kann bei Bedarf direkt bei den Lernenden in verschiedenen „Ecken“ des Klassenraumes rasch und quasi auf „Knopfdruck“ wiederholt werden, weshalb dieser Microscale-Reagenzglasversuch auch ohne technische Visualisierungshilfen als Demonstrationsexperiment angelegt sein kann. Durch die Wiederholung des Versuchs wird auch an einem konkreten Beispiel verdeutlicht, dass physikalisch-chemische Gesetzmäßigkeiten unter reproduzierbaren Bedingungen tatsächlich zu reproduzierbaren Phänomenen führen. Ein Anfärben des KW bringt hingegen keine entscheidenden Vorteile für die Präsentation; aus dem Alltag als farblos bekannt, soll Feuerzeugbenzin auch farblos bleiben.

#### Chemische Eigenschaften von Feuerzeuggas

Die Brennbarkeit von Feuerzeuggas kann Ausgangspunkt vieler einfacher Überlegungen sein.



Abbildung 17: Umfüllen von Lachgas in die Low-Cost-Kanone (20 mL-Spritze mit eingeschmolzenen, blanken Kabelenden und angeschlossenem Piezozünder).

In den Verbrennungsgasen lassen sich Wasser und Kohlendioxid nachweisen. Die Bildung von stöchiometrischen Mengen an  $\text{CO}_2$  durch die Reaktion des KW an erhitztem Kupferoxid wird in der experimentellen Schulchemie immer wieder dazu verwendet, um bei Reingasen über die Volumszunahme in einem geschlossenen System auf die Anzahl von C-Atomen im Molekül schließen zu können (1 Mol  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  produziert 4 Mol  $\text{CO}_2$ , z.B. [48]). Auch die thermische Zersetzung von Butan bzw. Buten an stark erhitzter Eisenwolle zu Kohlenstoff und elementarem Wasserstoff ist oftmals beschrieben (z.B. [49]). Ein Mol  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  liefert vier Mol C und fünf Mol  $\text{H}_2$ , was in einer geschlossenen Apparatur (2 Kolbenprober, Verbrennungsrohr) theoretisch zu einer Verfünffachung des Ausgangsvolumens führt. Diese quantitativen Bestimmungen gelingen mit handelsüblichem Feuerzeuggas nicht gut, weil das Gemisch aus Propan und Butan/Isobutan (Tabelle 1) gar keine eindeutigen Ergebnisse liefern kann (siehe auch den Abschnitt *Bestimmung der Mittleren Molmasse*). Deshalb bleiben die folgenden Versuchsbeschreibungen primär auf qualitative Reaktionen beschränkt.

#### Kohlenwasserstoffe enthalten Kohlenstoff und Wasserstoff

*Material:* Feuerzeug, Reagenzglas.

*Durchführung:* Mit der Öffnung des Reagenzglases können die Abgase einer Feuerzeugflamme so aufgefangen werden, dass sich kurzfristig etwas Wasser abscheidet; bei unvollständiger Verbrennung (Abschreckung der Flamme am kalten Glas) kommt es zu einer rußenden Flamme.

#### Zündtemperatur

Die Zündtemperaturen der einzelnen Komponenten im Feuerzeuggas sind unterschiedlich (Tabel-

le 3). Der hohe Anteil an kurz-kettigen KW führt dazu, dass die Zündtemperatur insgesamt relativ hoch ist.

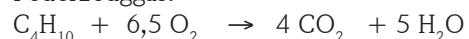
*Material:* Feuerzeug, Reagenzglas, Holzspan.

*Durchführung:* Mit einem glimmenden Span oder mit einer glimmenden Zigarette lässt sich das Gas in einem Reagenzglas nicht entzünden, wohl aber mit einem brennenden Span. Sowohl der glimmende Span als auch die Zigarette verlöschen in reinem Feuerzeuggas mangels Sauerstoff.

#### Reaktion mit Sauerstoff und Lachgas (Explosionsversuche)

*Material:* Feuerzeuggas (Dose), 1 2 mL-Spritze mit abgestumpfter Nadel zum exakten Dosieren von Butangas, 1 Low-Cost-Gasentwickler für Sauerstoff bestehend aus: Reagenzglas Fiolax 16/160, 1 Weichgummistopfen (18D, Fa. Verneret, grau, mit 2 parallel positionierten Kanülen 1,2/40 mm, abgestumpft), 1 2 mL-Spritze (ohne Gummidichtung), Spritze innen durch Aufrauhern mit feiner Eisenwolle schwergängig gemacht und mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%ig gefüllt, 1 20 mL-Spritze zum Auffangen von Sauerstoff (Fa. ONCE, Dichtring am Stempel mit Siliconöl leichtgängig gemacht), Braunstein-Katalysator-Tabletten (aktives Braunsteinpulver mit Zement 1:1 Volumsteile mit Wasser angeleitet und in Tablettenform verfestigt), genaue Beschreibung der Funktion siehe z.B. [50, 51] Gasdruckkorkenzieher, beschickt mit Sahnekapsel (s. z. B. [50, 51], Bezug: z.B. Aero Pull Luftkorkenzieher um 29,95 € [52]), 100 mL-Spritze zum Umfüllen von Lachgas. 1 „Low-Cost-Kanone“ mit Piezozündung bestehend aus: 20 mL-Spritze (ONCE, s. oben) Litzenkabel (2polig, möglichst dünn, L = ca. 1 m, blanke Enden mit Heißklebepistole wie in Abbildung 17 in 20 mL-Spritze eingeklebt), Piezozünder (Bezug: Conrad-Electronic Best.Nr. 186821-62 Preis: 4,59 €) wie in Abbildung 18 in 2 mL-Spritze (von Braun!) eingepasst u. mit Kabel verbunden, 1 Reagenzglashalter, Schutzbrille, 1 PVC-Schlauchstück 4 mm Innendurchmesser, Länge ca. 2 cm, passend auf den Lueransatz der Einwegspritzen zum dosierten Umfüllen der Gase von den Vorratsspritzen in die Low-Cost-Kanone.

*Durchführung:* Die 20 mL-Spritze wird als Low-Cost-Kanone mittels Kabel mit dem Piezozünder gasdicht verbunden (detaillierte Beschreibung siehe z.B. [50, 51]). Im Low-Cost-Gasentwickler wird Sauerstoff durch Auftropfen von  $\text{H}_2\text{O}_2$  auf  $\text{MnO}_2$ -Katalysator-Tabletten hergestellt und in der 20 mL-Spritze gesammelt. Gemäß der Reaktionsgleichung mit Butan als Hauptkomponente im Feuerzeuggas:



( $\Delta H_{\text{R}} = -2.675 \text{ kJ/Mol}$ ) ist Butan und Sauerstoff im Volumsverhältnis 2 : 13 zu mischen. Dazu werden aus der Sauerstoff-Vorratsspritze genau

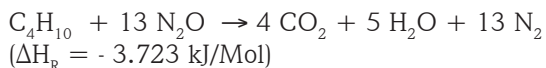


15 mL Sauerstoff mittels kurzem Schlauchstück in die Low-Cost-Kanone eindosiert. Die 2 mL-Spritze wird aus der Vorratsdose direkt mit Feuerzeuggas gefüllt. Mittels abgestumpfter Kanüle düst man diese exakt abgemessene Menge direkt über den Lueransatz der Kanone zu 15 mL Sauerstoff, wobei dieser in der Spritze annähernd auf den stöchiometrischen Bedarf reduziert wird.

Nachdem man die Spritze mit ausgestrecktem Arm mit Hilfe des Reagenzglasalters so positioniert hat, dass sich niemand in der möglichen Flugbahn des Spritzenkolbens befindet, wird der Piezozünder betätigt.

*Ergebnis:* Obwohl Feuerzeuggas nicht aus reinem Butan besteht, reagiert die einigermaßen stöchiometrische Mischung mit sehr lautem Knall, worauf die Zuhörer auch vor der Reaktion aufmerksam gemacht werden müssen. Bei der Reaktion wird manchmal sogar der Spritzenkörper zerstört. Wenn man mit Luft anstelle von reinem Sauerstoff arbeitet, ist die Reaktion weniger heftig; man kann aber mit der Low-Cost-Kanone ungefähr die Explosionsgrenzen von Butan/Isobutan mit Luft ausloten, wenn die Mischungen für die obere und untere Explosionsgrenze (Tabelle 3) in einer 100 mL-Spritze hergestellt und portioniert in der Kanone zur Reaktion gebracht werden.

Die Reaktion von Feuerzeuggas mit Lachgas (Sahnegas  $N_2O$ ) fällt noch heftiger aus, weil zusätzlich Bindungsenergie bei der Entstehung von elementarem Stickstoff frei wird:



Die Dosierung hat noch exakter zu erfolgen: Zu 14 mL Lachgas, das man mittels Gasdruckkorkezieher von der handelsüblichen Sahnekapsel in die 100 mL-Spritze und dann in die Kanone umfüllt, ist 1 mL Butangas zu dosieren.

*Hinweis:* Der Durchschlagswiderstand des Piezo-Funkens in der Kanone ist bei Lachgas deutlich höher als bei Sauerstoff. Deshalb dürfen die blanken Litzen bei diesem Versuch nur einen geringen Abstand voneinander haben (Funkenprobe vor Zudosieren des Feuerzeuggases).

### Nachweis des reziproken piezoelektrischen Effektes

Wie im Abschnitt *Piezoelektrisches Glossarium* im Überblick beschrieben, unterscheidet man bei piezoelektrischen Materialien zwischen einem direkten und einem reziproken piezoelektrischen Effekt. Der direkte Piezoelektrische Effekt führt bei mechanischem Stress des Materials zu einer abnehmbaren Spannung, die im Fall eines Piezozünders 14 kV und mehr erreichen kann. Umgekehrt bewirkt eine entlang der Polarisationsrichtung angelegte Spannung eine Stauchung bzw. Dehnung des piezoelektrischen Materials,

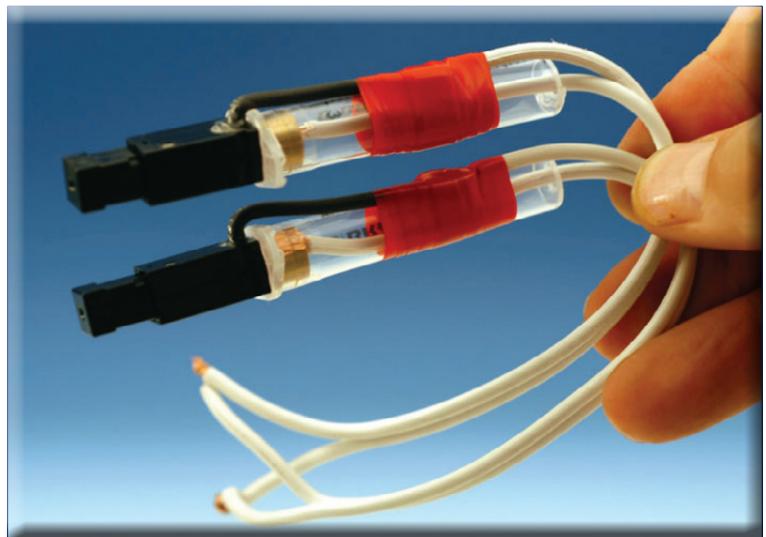


Abbildung 18: Leitend miteinander verbunden: Zwei Piezozünder (eingepasst in je einen 2 mL-Kolben, die Cu-Litzen des Kabels mit dem Messingzylinder im Spritzenzylinder eingeklemmt).

was bei einer Verschaltung von 2 Zündern mit bloßen Händen „erfühlt“ werden kann.

*Material:* 2 Piezozünder (Bezug: siehe Abschnitt *Reaktion mit Sauerstoff und Lachgas (Explosionsversuche)*), 2 2 mL-Spritzen (Fa. Braun), Litzenkabel (2polig), Messer, Isolierband.

*Durchführung:* a) Einpassen der Piezozünder in die 2 mL-Spritze: Der Spritzenstempel wird entfernt, der Lueransatz der Spritze mit einem Messer gekappt, so dass eine Phase des 2-poligen Kabels durch die Spritze geschoben werden kann. Die freigelegten Cu-Litzen am Kabelende werden mit dem ganz in die Spritze geschobenen Messingzylinder des Piezozünders direkt im Spritzenkolben durch Klemmen fixiert (Abbildung 18).

Der zweite Anschluss des Zünders (schwarzer Draht) wird außerhalb der Spritze mit dem anderen Pol des Litzenkabels verbunden und mit Isolierband gut geschützt. Die auf diese Weise mit dem 2-poligen Kabel verdrahteten Zünder sind Bestandteil der Low-Cost-Kanone (siehe Abschnitt *Reaktion mit Sauerstoff und Lachgas (Explosionsversuche)*). Zwei Zünder können aber auch so miteinander verbunden werden, dass man den reziproken piezoelektrischen Effekt spürt.

b) Nachweis des reziproken piezoelektrischen Effektes: 2 mit Kabeln versehene Piezozünder werden miteinander leitend verbunden: Messingzylinder (negativer Pol) mit Messingzylinder, positiver Pol mit positivem Pol (Abbildung 18). Nun drückt man den Auslöseknopf eines Zünders ganz durch und hält den Knopf fest, so dass der „Hammer“ der Mechanik (Abbildung 19) direkt in Kontakt mit der gekapselten Piezokeramik bleibt. Betätigt man nun den zweiten Zünder, so spürt man über den Daumen eine ganz leichte Erschütterung im ersten Zünder. Wenn der Zah-

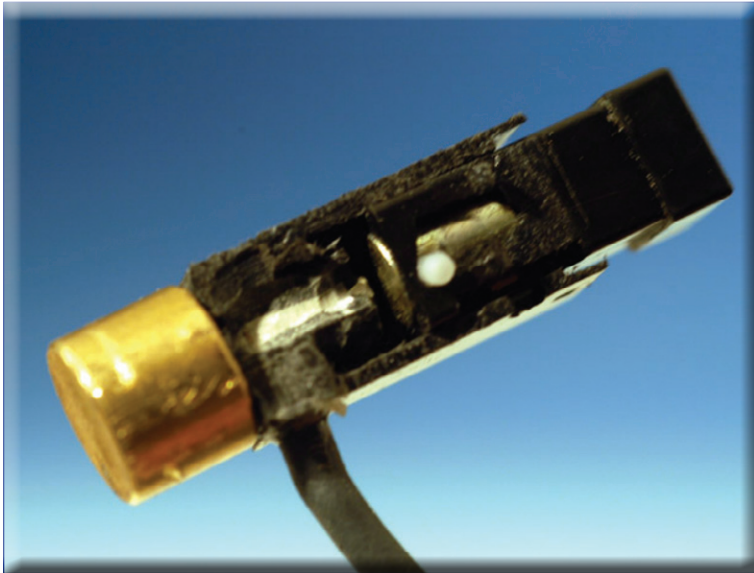


Abbildung 19: Aufgeschnittener Piezozünder mit Druckknopf und Auslösemechanismus (Feder entfernt), Hammer, Piezokeramik.

lenwert des piezoelektrischen Koeffizienten für den direkten und für den reziproken piezoelektrischen Effekt gleichermaßen gilt, sollte der in der Tabelle 4 für die Piezokeramik angegebene Wert für die kraftabhängige Ladungsverschiebung von 593 pC/N auch für die spannungsabhängige Längenänderung gelten.  $d_{ij} = 593 \text{ pm/V}$ .

Für die el. feldstärkenabhängige Längenänderung  $\Delta l$  einer Piezokeramik gilt somit:

$$\Delta l = d_{ij} \cdot E \cdot l_0 \quad (d_{ij} = \text{Piezomodul [m/V]})$$

$$E = \text{angelegtes elektrisches Feld [V/m]}$$

$$l_0 = \text{Ausgangslänge [m]}$$

$$\text{Piezokeramik } d_{ij} = 593 \text{ pm/V}$$

$$E = U/l_0$$

$$\Delta l = d_{ij} \cdot U$$

Unter diesen vereinfachten Bedingungen errechnet sich die Längenänderung  $\Delta l$  bei einer angelegten Spannung von 14 kV ohne Berücksichtigung von energetischen Verlusten mit:

$$\Delta l = 593 \cdot 10^{-12} \text{ m/V} \cdot 14 \cdot 10^3 \text{ V} = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,0083 \text{ mm}$$

Die ertastbare mechanische (elastische) Längenänderung der Piezokeramik im Piezozünder als Reaktion auf den Input von 13-14 kV von einem gleichartigen anderen Zünder mit passender Polung ist somit rechnerisch ausgesprochen klein.

#### Druckabhängigkeit der Spannung

Der Hammer des Piezozünders schlägt beim Betätigen des Druckknopfes nach Überwinden der Federkraft bzw. der Auslösemechanik mit großer kinetischer Energie auf die Piezokeramik. Der Funke springt vom Ort des Elektronenüberschusses (über den Messingzylinder) sichtbar zum positiven Pol. Die Polung des Piezozünders lässt sich auch mit einem Multimeter überprüfen.

*Material:* Piezozünder, eingepasst in 2mL-Spritze (Abschnitt *Nachweis des reziproken piezoelektrischen Effektes*), Low-Cost-Multimeter, Verbindungskabel.

*Durchführung:* Der Auslöseknopf des Piezozünders wird betätigt und durchgedrückt festgehalten. Dann erst werden die Anschlüsse mit dem Multimeter verbunden. Bei einem Messbereich von 200 mV Gleichspannung drückt man kräftig auf den fixierten Druckknopf und presst so den Hammer kurzfristig stärker gegen die gekapselte Keramik. Das Messgerät zeigt nur für die Zeit der Druckänderung einen Spannungsanstieg mit entsprechendem Vorzeichen an, je nach dem wie der Anschluss hergestellt wurde. Wirkt auf die Piezokeramik nur eine konstante Kraft (gedrückter Knopf), die keine zusätzliche Stauchung des Materials verursacht, kann extern auch kein Strom gemessen werden.

### Zusammenfassung

Das Thema Feuerzeug vom „Ur-Feuerzeug“ mit Markasit und Feuerstein bis zum modernen Gasfeuerzeug mit Piezozündung eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten, Unterrichtseinheiten zu konzipieren, in denen verschiedene Basiskonzepte aus allen möglichen Bereichen der anorganischen und organischen Chemie angesprochen werden. Bereits eine etwas differenziertere Betrachtung der Funktionsprinzipien von modernen Feuerzeugen vom chemisch basierten Cereisenfunken zur piezoelektrischen Entladung provoziert eine Reihe von Fragestellungen, die nur mit einem grundlegenden Verständnis für physikalische und chemische Prozesse beantwortet werden können. Die kulturgeschichtliche Dimension der Feuererzeugung führt zu fächerverbindenden Aspekten, bei denen eventuelle (Vor-)kenntnisse der Lernenden aus den geisteswissenschaftlichen Fächern für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzbringend verwertbar sind. **CLB**

#### Literatur:

- [1] V. OBENDRAUF, Von der Zunderbüchse zum Kult-Zippo, Historische und chemiedidaktische Aspekte zum Thema Feuerzeug (Teil I), CLB 07-08/2010, S. 288-303
- [2] V. OBENDRAUF, Mit Köpfchen und Reibfläche – Microscale-Experimente mit Zündhölzern, CLB 06-2010, S. 240-255
- [3] [http://www.bicfeuerzeuge.de/main.php?target=shop\\_bicfeuerzeuge](http://www.bicfeuerzeuge.de/main.php?target=shop_bicfeuerzeuge) (Stand: 10. 04. 2010)
- [3a] <http://www.mcafee.cc/Classes/BEM106/Papers/2006/BIC.pdf> (Stand: 10. 04. 2010)
- [4] G. W. BROESAN: 1000 Feuerzeuge – Cigarette Lighters, G.W. Broesan Edition, Schallstadt, Germany 1995
- [5] <http://www.cricketlighters.com/> (Stand: 10. 04. 2010)
- [6] G. BRANDES, R. JARSCHHEL, Feuer und Flamme – Inte-

- ressantes zum Feuerzeug, VEB Sachbuchverlag Leipzig 1988
- [7] Ad van VEERT, Faszinierende Feuerzeuge; Die Geschichte des Feuerzeugs – Vom Schwefelhölzchen zum Designobjekt. Universitätsdruckerei u. Verl. H. Schmidt, Mainz 1995)
- [8] [http://www.ronson.nl/pages\\_nl/ronsonhistory\\_nl/historietekst.html](http://www.ronson.nl/pages_nl/ronsonhistory_nl/historietekst.html) (Stand: 10. 04. 2010)
- [9] The Associated Press, Volume 92, Number 31, Tuesday February 25, 2003
- [10] Telefonische Auskunft der Fa. Treibacher Auermetall (Frau Gudrun Lassnig), Homepage <http://www.treibacher.com/zuendsteine-kontakt-733.html> (Stand: 10. 04. 2010)
- [11] <http://calico.chemtel.net/msds/CL-M0001.pdf> (Stand: 10. 04. 2010)
- [12] <http://www.defend.com/uploads/files/Ronson%20Butane%20Refill%20MSDS%20-%20May%202000.pdf> (Stand: 10. 04. 2010)
- [13] [http://www.candlelamp.com/MSDS/CLC1\\_Butane\\_Lighter.pdf](http://www.candlelamp.com/MSDS/CLC1_Butane_Lighter.pdf) (Stand: 10. 04. 2010)
- [14] <http://www.defend.com/uploads/files/Ronson%20Butane%20Refill%20MSDS%20-%20May%202000.pdf> (Stand: 10. 04. 2010)
- [15] V.OBENDRAUF, Banana Ripening Experiments, Einfache Low-Cost-Versuche mit Ethen, Chem.Sch. (Salzbg.) 14 (1999), Nr. 2, S. 6-16
- [16] <http://www.kappenberg.com/experiments/gc/pdf/k04.pdf> (Stand: 10. 04. 2010)
- [17] <http://www.energias.co.uk/downloads/018.pdf> (Stand: 20. 04. 2010)
- [18] [http://gasekatalog.airliquide.de/sdb/104\\_\\_propan.pdf](http://gasekatalog.airliquide.de/sdb/104__propan.pdf) (Stand: 20. 04. 2010)
- [19] [http://gasekatalog.airliquide.de/sdb/014\\_\\_n\\_butan.pdf](http://gasekatalog.airliquide.de/sdb/014__n_butan.pdf) (Stand: 20. 04. 2010)
- [20] <http://encyclopedia.airliquide.com/Encyclopedia.asp?> (Stand: 20. 04. 2010)
- [21] <http://encyclopedia.airliquide.com/Encyclopedia.asp?GasID=38> (Stand: 20. 04. 2010)
- [22] <http://zenstoves.net/CHRIS/IBT.pdf> (Stand: 20. 04. 2010)
- [23] <http://www.vngas.com/pdf/g31.pdf> (Stand: 20. 04. 2010)
- [24] <http://msds.chem.ox.ac.uk/ET/ethane.html> (Stand: 20. 04. 2010)
- [25] D. DAVENPORT, Experiments with butane lighter fluid, JChemEduc., 53 (1976), p. 306
- [26] R. DELUMYEA, Vapour pressure demonstrations using a butane lighter, JChemEduc., 69 (1992), p. 321
- [27] G. M. BODNER, L. J. MAGGINNIS, Measuring the atomic or molecular mass of a gas with tire gauge and a butane lighter fluid can, JChemEduc., 62 (1985), p. 434
- [28] A. BRIETZKE, R. HÜTTNER, Hospitiert und kommentiert: Schülerinnen und Schüler identifizieren „Feuerzeuggas“, Chem. in der Schule 43 (1996) Nr. 9, S. 310-313
- [29] <http://www.kst-chemie.ch/BildText/Prakt/GF/Anleitungen/GFCPO4Molmassenbestimmung.pdf> (Stand: 20. 04. 2010)
- [30] F.BUKATSCH, W. GLÖCKNER (Hrsg). Experimentelle Schulchemie, Organische Chemie I, Bd 7, Studienausgabe, Aulis Verlag Deubner & CO KG Köln, 1977, S. 8-9
- [31] B.Z. SHAKHASHIRI, Chemical Demonstrations, Vol 2, The University of Wisconsin Press, Madison 1985, p. 48-50
- [32] K.FREYTAG, E.THOMAS (Hrsg.), Handbuch des Chemieunterrichts Sekundarbereich I, Band 5 (Chemie-Mensch-Natur), Aulis Verlag Deubner &Co KG, Köln, 1999, S. 26
- [33] K. SOMMER, Einfache Versuche mit dem Gasfeuerzeug, PdN-Ch 48 (1999), 8, S. 26
- [34] E. WIEDERHOLT, Gaschromatographie bei Raumtemperatur, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn 1998, S. 40, 115
- [35] F. KAPPENBERG, Gaschromatographie in der Sek. I ? 2. Teil: Experimente für Schülerhand, NiU-Chemie 9 (1998), Nr. 45, S. 48-50
- [36] <http://www.hs.langschlag.at/sub/Elterntipps/Suchtmittel/schnueffeln.pdf> (Stand: 20. 04. 2010)
- [37] <http://www.nottinghamshire.gov.uk/large-static/trading-standards/tsinfosheet71.doc> (Stand: 20. 04. 2010)
- [38] <http://www.solveitonline.co.uk/professionals.htm> (Stand: 20. 04. 2010)
- [39] Roempp Online 2003 Georg Thieme Verlag Dokument Kennung RD-16-02388 <http://www.roempp.com> (Stand: 20. 04. 2010)
- [40] <http://www.piezoeffekt.de/1theory.php> (Stand: 20. 04. 2010)
- [41] D. BERLINCOURT, „Piezoceramic Compositionel Development“, J. Acoust. Soc. Am. 91(1992) 5, pp.3034-3040
- [42] V. OBENDRAUF, Siedetemperaturen unter die Lupe genommen. PdN-Ch 49 (2000), Nr. 5, S. 2-4
- [43] C. HENNIES, Dichte von Gasen in Sekundenschnelle. PdN-ChiS 51 (2002), Nr. 1, S. 7-8
- [44] D'ans Lax, Taschenbuch für Chemiker u. Physiker, Bd. II, Organische Verbindungen, Springer-Verlag, Berlin 1964
- [45] V. OBENDRAUF, Feuerzeugbenzin im Arbeitstakt. Chem.Sch.(Salzbg.) 15 (2000), Nr. 3, S. 8-12
- [46] D. WEBER, Versuch zur Löslichkeit von Butan in Benzin, PdN-Ch 36 (1987), 5, S 16
- [47] G. LATZEL, Der Springbrunnenversuch im neuen Gewand, PdN-Ch 49 (2000), 1, S. 14
- [48] M. WOOCK, Gasförmige Kohlenwasserstoffe: Schlüsselexperimente bei der Formelermittlung, PdN-ChiS 50 (2001), 3, S. 21-25
- [49] H. KEUNE, M. JUST (Hrsg.), Chemische Schulexperimente, Bd. 2, Org. Chemie, Volk und Wissen Verlag, Berlin 1999, S. 31-32
- [50] V. OBENDRAUF, Die Low-Cost-Lachgas-Kanone, PdN-Ch 48 (1999), Nr. 3. S. 35-42
- [51] V. OBENDRAUF, Gasexplosionen in der Low-Cost-Kanone, In: NICK, PARCHMANN, DEMUTH (Hrsg.), Chemisches Feuerwerk, 50 effektvolle Schauversuche, Aulis Verlag Deubner, Köln 2001, S. 37-47
- [52] Bezugsquelle: Vino et Deco, Preis: 29,95 € Siehe: <http://www.vinoetdeco.de/index.php> (Stand: 10. 04. 2010)

# Warum haben Pflanzen kein Gehirn?

Sessile Lebensweise mit typischerweise langsamen Reaktionen

*Paul A. Brühwiler und Veronika R. Meyer, St. Gallen; Rolf Kickuth, Gaiberg*

Pflanzen haben keine Nerven und erst recht kein Gehirn. Dennoch gibt es auch bei ihnen bemerkenswerte Reaktionen auf ihre Umwelt. Ihrer sessilen Lebensweise entsprechend sind die entsprechenden Informationsvorgänge meist relativ langsam und chemischer Art, aber es gibt auch Ausnahmen.

Über den Unterschied zwischen Tier und Pflanze wurde in der Philosophie seit jeher nachgedacht, später natürlich auch in den Naturwissenschaften. Pflanzen stecken in einem Substrat, meistens im Boden, aber Tiere sind mobil. Pflanzen machen weder Geräusch noch Lärm, Tiere sehr wohl, vom Wal bis zum Stubenkater, die Vögel nicht zu vergessen. Tiere fressen, aber Pflanzen werden gefressen. Tiere haben ein Gehirn, Pflanzen besitzen nicht einmal ein Nervensystem. Der grundlegende Unterschied wurde jedoch erst Ende des 18. Jahrhunderts gefunden (dabei waren Joseph Priestley, Ian Ingenhousz und Horace-Bénédict de Saussure beteiligt): Pflanzen leben von Licht, denn mit dieser Energiequelle sind sie zur Fotosynthese fähig; damit können sie das Kohlendioxid in der Luft verwerten, das heißt, als Kohlenstofflieferanten nutzen. Bekanntlich ist Kohlenstoff das Grundelement aller lebenden Organismen, zusammen mit Wasserstoff, Sauerstoff und einigen weiteren Elementen. Im Gegensatz zu den Pflanzen müssen die Tiere Nahrung suchen und fressen, um wachsen und sich



U.a. ihre effiziente Nutzung von Energie und Rohstoffen beschert manchen Pflanzen ein sehr langes Leben. Ein Beispiel dafür ist die Langlebige Kiefer. Im Patriarch Grove in den White Mountains in Kalifornien stehen 17 Exemplare der Langlebigen Kiefer, die über 4000 Jahre alt sind. 1964 ließ der Geografiestudent Donald Rusk Currey in Nevada ein Exemplar fällen – mit 4950 Jahresringen, wie sich dann herausstellte, dessen Überreste nun als Standard für die dendrochronologischen Jahresringtabellen dienen. Diese sind auch eine wesentliche Kalibrierungshilfe für die Radiokarbonmethode (Foto: Jim Gordon).

## Die Autoren



**Prof. Dr. Paul A. Brühwiler** (†) war Physiker an der EMPA St. Gallen und Adjunct Professor in Advanced Spectroscopy for Materials Characterization an der schwedischen Universität Uppsala. An der EMPA entwickelte er als stellvertretender Abteilungsleiter „Schutz und Physiologie“ Materialien und Systeme zum Schutz und zur optimalen Funktion des menschlichen Körpers. Er verstarb unerwartet am 9. August im Alter von 49 Jahren.



**Dr. Veronika R. Meyer**, Jahrgang 1951: Chemikerin mit Promotion in analytischer Chemie an der Universität Bern. Habilitation 1996 und Lehrtätigkeit ebenda. Autorin von Lehrbüchern zur HPLC. Interessensgebiete sind analytische Chemie, insbesondere Chromatographie, Qualitätssicherung, Messunsicherheit (und Bergsteigen). Sie ist Projektleiterin an der EMPA St. Gallen.

**Rolf Kickuth** ist Verleger und Chefredakteur der CLB.

am Leben erhalten zu können. Sie können das CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre nicht verwerten.

## Eine sitzende Lebensweise

Der Fachausdruck für eine ortsfeste Lebensweise heißt „sessil“, sitzend. Tiere sind mobil und halten sich nicht immer am gleichen Ort auf (mit wenigen Ausnahmen, beispielsweise Muscheln), aber Pflanzen sind sessil. Sie haben es gar nicht nötig,

sich als ganzes Lebewesen örtlich zu verändern; vielleicht drehen sie ihre Blätter im Lauf des Tages der Sonne zu oder wachsen in die Richtung des intensivsten Lichteinfalls. Was Pflanzen benötigen ist  $\text{CO}_2$ , Wasser, Stickstoff- und Phosphorquellen und einige weitere Mikro-Nährstoffe – auf jeden Fall Magnesium als Zentralatom im Chlorophyll – und natürlich Licht. Dann wird fotosynthetisiert,  $\text{CO}_2$  eingefangen und Glucose aufgebaut. Man beachte, dass die Fotosynthese auch mit diffusem Licht funktioniert.

$\text{CO}_2$  ist überall vorhanden, sei es aus Verbrennungsvorgängen, aus der ausgeatmeten Atemluft der Tiere, aus der stillen Abbautätigkeit von Bakterien nach dem Tod eines Lebewesens oder aus vulkanischen Aktivitäten; die Pflanze kann gar nicht soviel davon verbrauchen, dass es knapp würde (erst recht nicht in Zeiten des atmosphärischen  $\text{CO}_2$ -Anstiegs und Klimawandels), sondern es wird aus der Luft ständig nachgeliefert – beziehungsweise bei Wasserpflanzen in Wasser gelöst antransportiert. Es kommt der Pflanze sehr entgegen, dass ihr „Nährstoff“ ein Gas ist und folglich die Diffusion der Moleküle in Luft nicht der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist.

Die Pflanze muss dem  $\text{CO}_2$  nicht nachlaufen. Sonnenlicht gibt es täglich, im Prinzip sehr zuverlässig, bloß mal intensiver und mal weniger; in Norddeutschland übers Jahr gemittelt viel weniger als in Sizilien, aber auch in nördlichen Breiten wuchern die Pflanzen. Sie müssen daher auch nicht dem Licht nachlaufen. Knapp könnten eher das Wasser und die oben erwähnten essentiellen Elemente werden. Um alle möglichen – und viele nahezu unmögliche – Ökosysteme besetzen zu können, hat sich eine große Vielfalt von Pflanzen entwickelt. Sie wachsen nicht nur im Urwald, sondern auch im Hochgebirge und in Wüsten.

Dagegen hätte ein sessiles Tier auf dem Land die Pflanzen in einem sehr beschränkten Umfang um sich herum bald einmal abgeweidet, und das Einfangen von anderen Tieren zwecks Verzehr würde wohl ähnlich bescheiden vor sich gehen wie bei fleischfressenden Pflanzen. Muscheln können sich das Ausnahmedasein leisten, weil das sie umgebende Wasser immer strömt und Nährstoffe heran transportiert.

### Gehirn für autonome Nahrungsbeschaffung

Die allermeisten Tiere müssen sich ihre Nahrung aktiv, autonom beschaffen, und dazu benötigen sie „Köpfchen“, das heißt ein Gehirn, welches die eintreffenden Informationen aus der Umwelt rasch bewerten und darauf reagieren kann. Zwischen der Umwelt und dem Gehirn vermitteln verschiedene Sinnesorgane, sei es vorwiegend der Geruchssinn (beim Hund), das Auge (beim Adler) oder das Gehör (bei der Schleiereule auf nächtlicher Mäusejagd).

Allerdings benötigt das Tier um so mehr „Köpfchen“, je flinker sich die Nahrung bewegt; Jagdtiere (der Jaguar) sind intelligenter als Pflanzenfresser (die Antilope).

So nützlich ein Gehirn für seinen Besitzer bei der Nahrungssuche auch ist, das Organ ist anspruchsvoll und will beständig ernährt werden. Es benötigt (beim Menschen, aber sicher auch bei vielen Tieren) etwa 15 % der vom Organismus aufgenommenen Gesamtenergie [1].

### Die aufwändige Lebensart der Tiere

Des weiteren sind die Tiere auf Muskeln angewiesen, um sich bewegen zu können, sei es für das Abweiden von Pflanzen, für die Suche nach spezieller Nahrung (wie Pollen oder Nektar) oder für die Jagd nach anderen Tieren. Der Wirkungsgrad von Muskeln bei der Umwandlung von chemischer in mechanische Energie beträgt aber nur etwa 25 % [1]. Knochen sind aufwändige, tragende Strukturen, die am Leben erhalten und deshalb immer wieder regeneriert werden müssen. Ein Herz muss unermüdlich schlagen, um das Blut und damit die Nährstoffe im Körper verteilen zu können. Wird dann noch bei Vögeln und Säugern eine bestimmte Körpertemperatur benötigt, die in der Regel deutlich höher als die Umgebungstemperatur ist, so wird das System wirklich energieaufwändig. Im Vergleich zu den Pflanzen benötigen daher die Tiere viel mehr Nahrung, um ihr Leben fristen zu können.

Schaut man sich diesen Vergleich genauer an, so erkennt man, dass pflanzliche Zellen in dem Maße Energie aufnehmen, wie sie durch die Umwelt an sie herangetragen wird. Fast jede pflanzliche Zelle kann sich selber mit Energie versorgen. Selbst in einem Baum mit stützendem Wurzelwerk und schützender Rinde wird Energie wirksam genutzt: die Wurzeln nehmen Wasser und Nährstoffe auf, welche durch Kapillarkraft ihren Bestimmungsort erreichen, ohne dass eine Pumpe (ein Herz) nötig ist. Pflanzen sind in ihrer sessilen Lebensweise so raffiniert, dass man ihnen fast Intelligenz zusprechen möchte. Sie führen ein Leben in Langsamkeit und ohne Lärm, und für ihre Fortpflanzung verlassen sie sich auf den Wind, Insekten und andere Tiere und sogar auf den Zufall.

Bei den Tieren ist dagegen der Kampf ums Dasein offensichtlich. Sie müssen sich miteinander um Sexualpartner, Nistplätze, Verstecke und Futter streiten. Da hilft ein hoch entwickeltes Gehirn mit großer Verarbeitungsgeschwindigkeit, um schneller reagieren zu können als der Rivale und günstige Gelegenheiten zu erkennen. Manche Tiere müssen sogar das Wetter beurteilen können, etwa die Mauersegler; sie weichen schlechtem Wetter weiträumig aus, um in einem Gebiet ohne Regen ihre Mägen mit „Luftplankton“, das heißt mit fliegenden Insekten füllen zu können.



Meersenf-Arten sind meist einjährige, selten mehrjährige krautige Pflanzen, die Wuchshöhen von bis zu 0,8 Meter erreichen. Es sind meist kahle, dickliche, sukkulente Strandpflanzen. Das Bild zeigt die Art *Cakile edentula*, bei der entdeckt wurde, dass sie ihr Wurzelwachstum bremst, wenn gleichartige Pflanzen ihre Nachbarn sind (Foto: Christian Hummert).

### Auch Pflanzen reagieren auf ihre Umwelt

Pflanzen sind allerdings nicht dumpf vor sich hinvegetierende Wesen. Sie kommunizieren ebenfalls mit ihrer Umwelt und mit ihren Artgenossen. Beispielsweise erzeugen Maiswurzeln innerhalb von Stunden (aber eben nicht von Sekunden!) das Sesquiterpen (E)- $\beta$ -Caryophyllen, wenn sie von Raupen oder Käferlarven angeknabbert werden [2]. Dieser Stoff lockt Nematoden an, kleinste Würmer, die im Boden herbeieilen und die Schädlinge tödlich attackieren. Der Mais wird auch oberirdisch aktiv, wenn seine Blätter von Raupen befallen werden. In diesen Fällen lockt ein ganzes Gemisch von flüchtigen Duftstoffen parasitäre Wespen an, die sich noch so gerne an den herumkriechenden Proteinquellen gütlich tun. Die Pflanze hat sich erfolgreich gewehrt, aber dazu benötigte sie weder Nervensystem noch Gehirn. Die betroffenen Zellen waren im Stande, autonom zu reagieren und die notwendigen Abwehrstoffe zu synthetisieren. Mais lässt sich gut erforschen, aber andere Pflanzen reagieren analog, schützen sich selbst vor Schädlingen und teilen einen eventuellen Befall ihren Nachbarpflanzen durch chemische Signale mit. Diese werden daraufhin ihr eigenes Verteidigungsprogramm mit Chemiewaffen starten.

Eine Biologin der Universität aus dem kanadischen Hamilton zeigte kürzlich bei Pflanzen einer Meersenf-Art (speziell *Cakile edentula*): Kommen ihre Wurzeln in die Nähe anderer *Cakile*, ziehen sie sich zurück, um sich nicht gegenseitig zu schwächen [3]. Sind es Wurzeln anderer Pflanzen, gehen sie in Konkurrenz, breiten sich besonders aus. Bereits in früheren Studien konnte nachgewiesen werden, dass Pflanzen ihre Überlebenschancen erhöhen, wenn sie die Kräfte ihrer Artverwandten steigern.

### Verwandschaft bevorzugt

Diese „Verwandschaftsselektion“ (englisch kin selection; auch Sippenselektion) ist im Tierreich bekannt: Sie ist eine Erweiterung des Begriffs der natürlichen Selektion und wird in der Evolutionsbiologie und der Soziobiologie gebraucht. Im Rahmen der Gesamtfitness-Theorie erklärt sie die Vererbung von kooperativem und „altruistischem“ Verhalten. Wenn Tiere Verwandten dabei helfen, ihre Jungen aufzuziehen, fördert dies die Weitergabe ihres „eigenen“ Erbgutes. Das Ausmaß an altruistischem Verhalten richtet sich nach dem Grad der Verwandtschaft. Je enger Tiere miteinander verwandt sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, durch Verwandtenhilfe „eigene“ Gene in die nächste Generation weiterzugeben und desto häufiger ist altruistisches Verhalten anzutreffen.

Die genaue Signalübertragung und Informationsverarbeitung durch die Wurzeln von *Cakile* ist zwar noch unbekannt, doch schon bricht sich die Idee von Pflanzenneurobiologie Bahn. Es hat sich sogar eine Wissenschafts-Community gegründet: The Society of Plant Signaling and Behavior ([www.plantneurobiology.org](http://www.plantneurobiology.org)), die sich allerdings etlicher Kritik erwehren muss. Immerhin: Die ursprüngliche Bedeutung des griechischen Wortes „Neuron“ weist mit Flechse, Flechtsehne und Faser auch in den Pflanzenbereich.

Zudem kommen etliche Neurotransmitter wie Acetylcholin oder Serotonin auch in Pflanzen vor, etwa in den Brennhaaren der Brennnessel. Daraus eine Nervenleitung bei Pflanzen abzuleiten ist zwar zu weit hergeholt, weist aber darauf hin, dass chemische Signalübertragung bei Pflanzen eine Rolle spielt. Besonders deutlich wird das bei Auxinen. Sie sind eine Gruppe von Wachstumsregulatoren bei Pflanzen; es gibt auch künstliche Auxine. Auxine haben eine vielfältige Wirkung auf die Gesamtentwicklung von höheren Pflanzenarten im komplexen Zusammenspiel mit anderen Phytohormonen. Auxine wirken besonders auf die Zellstreckung, vor allem von Koleoptilen und in den Sproßachsen. Ein in den 1980er Jahren entdeckter Auxinrezeptor ist das Auxinbindepotein 1 (ABP1), welches Auxine spezifisch bindet. ABP1 interagiert mit einem noch nicht identifizierten Dockingprotein an der Plasmamembran. Am Ende der Auxin-Signalkette steht die Modulation von Membrantransportproteinen (insbesondere der Protonenpumpe) und die Expression bestimmter auxininduzierter Gene.

### Elektrische Reizleitung bei Pflanzen

Es gibt sogar eine elektrische Reizleitung bei Pflanzen. So entdeckten kürzlich Wissenschaftler der Justus-Liebig-Universität Gießen und des Max-Planck-Instituts für chemische Ökologie in Jena ei-

ne neue Form der elektrischen Reizweiterleitung in verschiedenen Pflanzenarten [4]. Dieses als „systemisches Potenzial“ bezeichnete elektrische Signal wird von Blatt zu Blatt weitergegeben und durch Verwundung von pflanzlichem Gewebe ausgelöst. Mithilfe von Feinglas-Mikroelektroden konnten entsprechende elektrische Signale in Pflanzen gemessen werden. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Signale in Form von Spannungsänderungen über Zellmembranen ausbreiteten, betrug zwischen 5 und 10 Zentimetern pro Minute.

Entdeckt wurde dieses bislang unbekannt elektrische Reizleitungssystem durch eine neuartige Methode: Die für die Messungen notwendigen, faserartigen Elektroden wurden, ohne das Blatt zu verletzen, durch geöffnete Schließzellen (Stomata) hindurch in die Blätter und dann auf die Zellwände des inneren Blattgewebes gesetzt. Stomata sind mikroskopisch kleine Öffnungen in der Blattoberfläche, die dem Wasserhaushalt und Gasaustausch dienen und die die Pflanze je nach Bedarf öffnen oder schließen kann. Man fand heraus, dass das als „systemisches Potenzial“ bezeichnete elektrische Signal durch Verwundung ausgelöst und sogar moduliert werden kann.

### Systemisches Signal kein Aktionspotenzial

Wird ein Blatt der Pflanze verletzt, so ist der Reiz je nach Art und Konzentration zugegebener Kationen (beispielsweise Kalzium, Kalium oder Magnesium) unterschiedlich hoch und kann über lange Strecken in unverletzten Blättern gemessen werden. Nicht der Transport von Ionen über Zellmembranen, sondern die Aktivierung von Protonen-ATPasen verursacht die Spannungsänderungen, die sich vom Blatt über den Spross bis zum nächsten Blatt fortpflanzen. Dieses „systemische Potenzial“ ist jedoch nicht mit einem klassischen Aktionspotenzial zu vergleichen, wie man es in tierischen Nervenzellen oder auch in Pflanzen findet. Aktionspotenziale folgen einer „Alles oder Nichts“-Regel: Sie werden erst ab einem bestimmten Schwellenwert ausgelöst und verbreiten sich dann mit konstanter Stärke.

Das „systemische Signal“ hingegen kann gleichzeitig Träger mehrerer Informationen sein: Die Stärke des auslösenden Stimulus (Wundsignal) kann den Ausschlag des systemischen Signals (Amplitude) beeinflussen ebenso wie die Wirkung unterschiedlicher Ionen. Damit sind die Wissenschaftler vielleicht einer wichtigen Reizleitung auf der Spur, die auch durch Raupenfraß ausgelöst wird, die gesamte Pflanze alarmiert und ihre Verteidigung gegen den Schädling in Gange setzt – und dies innerhalb weniger Minuten. Das neuartige „systemische Signal“ konnte in fünf verschiedenen Pflanzenarten nachgewiesen werden, darunter bei den Nutzpflanzen Tabak (*Nicotiana tabacum*), Mais



Tabak – hier in voller Blüte im August – ist eine der fünf Pflanzenarten, bei denen ein „systemisches Signal“ als elektrische Reizleitung gefunden wurde (Foto: Kickuth).

(*Zea mays*), Gerste (*Hordeum vulgare*) und Ackerbohne (*Vicia faba*).

Für die meisten Menschen ist sicherlich die Fliegenfang-Aktion der Venusfliegenfalle das beeindruckendste Beispiel pflanzlicher Reaktionen auf die Umwelt. Die Pflanze ist mittlerweile sogar als Zimmerpflanze beliebt und erstaunt durch ihre schnelle Reaktion. Der Fangmechanismus ist mit einer Dauer von etwa 100 Millisekunden eine der schnellsten bekannten Bewegungen im Pflanzenreich. Die Fangblätter bestehen aus einem stark verbreiterten Blattstiel, der bis zu zehn Zentimeter lang sein kann, und der bei Sonneneinstrahlung einseitig stark rot gefärbten Blattspreite selbst, die fast kreisrund ist und einen Durchmesser von bis zu fünf Zentimetern hat. Diese Färbung sowie die von Nektarien auf der Blattspreite ausgeschiedene Flüssigkeit dienen der Anlockung der Beute. Die Ränder der Blattspreite sind mit spitzen Borsten besetzt (den Randborsten) und mit einem UV-Muster gezeichnet, das den Rand in den Augen eines Insekts dunkler erscheinen lässt als das Zentrum der beiden Blatthälften, wo sich je drei oder mehr haarfeine Borsten befinden, die Fühlborsten. Wenn ein mögliches Beutetier eine Fühlborste wiederholt berührt oder verschiedene kurz nacheinander, wird ein Aktionspotential ausgelöst, das sich mit einer nervenartig schnellen Geschwindigkeit (6 bis 20 cm/s) über das gesamte Blatt fortpflanzt und den Verschluss initiiert. Die schnelle Bewegung der Fangblätter geht auf einen Schnappmechanismus zurück, bei dem die Blätter von einer konvexen in eine konkave Form umspringen; es handelt sich dabei also um die Freisetzung einer über längere Zeit hinweg gesammelte Spannungsenergie; der detaillierte physiologische Prozess dabei ist noch ungeklärt. Des Weiteren überprüfen nach dem Zuklappen chemische und Bewegungsrezeptoren, ob die gefangene Beute tatsächlich verwertbar ist.



Fangblätter der Venusfliegenfalle reagieren etwa innerhalb einer Zehntelsekunde; die Bildreihe mit dem Reiz durch einen Grashalm wurde mit 30 Bildern pro Sekunde aufgenommen. Die Verdauung einer Fliege kann je nach Größe der Beute bis zu zehn Tage andauern, dann öffnet sich die Falle wieder und ist erneut einsatzbereit. Eine Falle schließt sich jedoch höchstens sieben Mal, dann stirbt das Blatt mit der Falle ab (Fotos: Kickuth).

Erst wenn diese einen entsprechenden Reiz weitergegeben haben, wird die Falle vollständig verschlossen, anderenfalls öffnet sie sich nach einigen Stunden bis zu einem Tag wieder. Wenn jedoch verwertbare Beute gefangen wurde, wird der Verschluss in der Folgezeit durch Wachstum noch verstärkt, um so die Falle vollständig zu versiegeln und ein Auslaufen von Flüssigkeit während der nun folgenden Verdauung zu verhindern.

### Sind Pflanzen also doch intelligent?

Der britische Biologe Anthony Trewavas vertritt mit Vehemenz die Meinung, dass Pflanzen intelligent sind, und präsentierte zahlreiche Argumente für diese Ansicht in einem lesenswerten Review [5]. Sie sind tatsächlich auf ihre eigene Weise intelligent, wenn auch anders als Tiere und Menschen. Sie reagieren auf äußere Einflüsse, suchen das vorhandene Licht

möglichst gut auszunützen, können sich aktiv gegen Schädlinge wehren und setzen sich nicht dem Fortpflanzungsstress aus, dem die Tiere unterliegen; je höher das Tier entwickelt ist, desto stressiger ist vermutlich der Kampf um die Möglichkeit, seine Gene weiter zu verbreiten.

Ist ein Lebewesen intelligent, so sind wir Menschen immerhin bereit, darüber nachzudenken, ob es auch eine Würde hat. Diese Frage ist allerdings Gegenstand der Philosophie, und die Biologie kann höchstens Forschungsergebnisse und damit Denkanstöße beisteuern. Ein hoch interessanter und gut verständlicher Text über die Stellung von Pflanzen im Gegensatz zu Tieren wurde von der „Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich“ veröffentlicht; sein Autor ist Prof. Jürg Stöcklin von der Universität Basel [6]. Er ist allerdings persönlich der Meinung, dass das Konzept der „Würde“ bei Pflanzen doch eher zu weit geht. Aber: Pflanzen sind ein Geschenk der Natur, wir müssen sie ernst nehmen, sie schützen und ihre Vielfalt für kommende Generationen bewahren. Unser menschliches Gehirn sollte groß genug sein, um dies zu beherzigen. **CLB**

Das Alpen-Edelweiß lockt auf interessante Weise Insekten zur Bestäubung an: Die Blüte ist nur eine Scheinblüte aus dicht weißfilzigen Hochblättern. Die eigentlichen Blüten sitzen zu vielen Hunderten, in einzelne Blütenkörbe organisiert, inmitten des Sterns beisammen und bilden zusammen mit den Hochblättern eine bestäubungsbiologische Einheit. Der blendend weiße Schimmer auf den Hochblättern entsteht durch tausende kleine Luftbläschen an feinsten Haaren. Sie bestehen aus parallelen Fasern von 0,18 Mikrometern Durchmesser, was in der Größenordnung der Wellenlänge der UV-Strahlung liegt (Foto: Veronika Meyer).

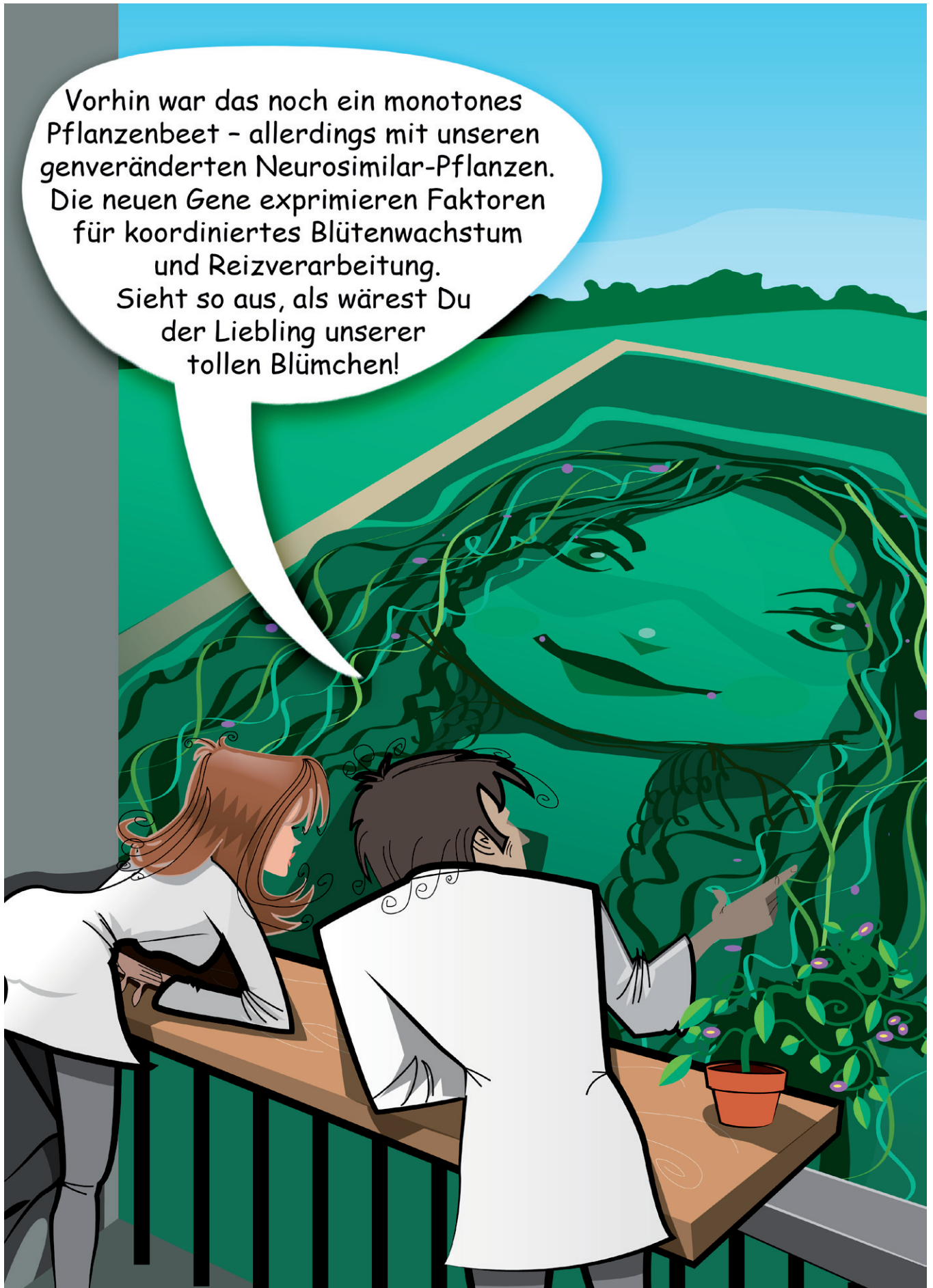


### Literatur

- [1] R. Klink, H.C Pape, A. Kurtz, S. Silbernagl (Hrsg.): Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 6. Auflage 2009
- [2] M. Held, M. D'Alessandro, I. Hiltbold, T.C.J. Turlings: The role of volatile organic compounds in the indirect defense of plants against insect herbivores above- and belowground, *Chimia* 64, 322 (2010)
- [3] S.A. Dudley, A.L. File: Kin recognition in an annual plant, *Biology Letters* 3, 435-438 (2007)
- [4] M.R. Zimmermann, H. Maischak, A. Mithöfer, W. Boland, H.H. Felle: System potentials, a novel electrical long distance apoplastic signal in plants, induced by wounding. *Plant Physiology*, 149, 1593-1600 (2009)
- [5] A. Trewavas: Aspects of plant intelligence, *Annals of Botany* 92, 1-20 (2003)
- [6] J. Stöcklin: Die Pflanze – Moderne Konzepte der Biologie, Bundesamt für Bauten und Logistik, Bern, 2007, ISBN 978-3-905782-01-1 (erhältlich via [www.bundespublikationen.admin.ch](http://www.bundespublikationen.admin.ch), Artikel-Nr. 810.002)



Vorhin war das noch ein monotones Pflanzenbeet - allerdings mit unseren genveränderten Neurosimilar-Pflanzen. Die neuen Gene exprimieren Faktoren für koordiniertes Blütenwachstum und Reizverarbeitung. Sieht so aus, als wärest Du der Liebling unserer tollen Blümchen!



## Entfernte Hoffnung auf Linderung

### Mukoviszidose: Körpereigene Qualitätskontrolle muss ausgeschaltet werden

**U**rsache der Mukoviszidose ist eine Genmutation, durch die bestimmte Eiweißbausteine auf der Zelloberfläche nicht mehr richtig arbeiten. Die körpereigene Qualitätskontrolle zerstört diese Bausteine daher – leider voreilig: Die Restaktivität der Eiweißpartikel würde nämlich reichen, um die Symptome der schweren Stoffwechselstörung deutlich zu mildern. Jetzt kennt man den Mechanismus der Zerstörung.

Durch eine Genmutation sind bei den Betroffenen bestimmte Ionenkanäle auf der Zelloberfläche verändert. Diese Kanäle schleusen normalerweise Chlorid-Ionen nach außen. Das Chlorid bewirkt, dass Wasser aus den Zellen in die Umgebung austritt. Dieser Effekt hält beispielsweise den schützenden Sekretfilm in der Lunge dünnflüssig.

Ohne Chlorid kommt dieser Transport nahezu zum Erliegen.

Paradoxerweise verschärft die zelleigene Qualitätskontrolle das Krankheitsbild bei Mukoviszidose noch zusätzlich: Die fehlerhaften Kanäle wären nämlich sehr wohl noch in der Lage, Chlorid zu transportieren – wenn auch schlechter als normal.

Seit einiger Zeit versucht man daher, die Qualitätskontrolle zu unterbinden: Die Chloridkanäle sollten so in die Membran gelangen und dort mit ihrer Restaktivität dafür sorgen, den zähen Schleim zu verflüssigen. Das Problem dabei: Wenn man die Überwachung der frisch produzierten Kanäle abschaltet, gelangen diese zwar in die Membran. Dort werden sie dann aber durch einen zweiten Kontrollmechanismus entdeckt, wieder in die Zelle verfrachtet und zerstört.

Prof. Jörg Höfeld, Uni Bonn, hat zusammen mit seinen Kollegen von der kanadischen McGill-Universität aufgeklärt, wie dieser zweite Kontrollschritt funktioniert. Die Überprüfung der Chloridkanäle in der Membran ist demnach Teamsache. Es müssen viele verschiedene Komponenten zusammen arbeiten, um die fehlerhaften Kanäle zu identifizieren, mit dem Aufkleber „defekt“ zu versehen, in die Zelle zurückzubefördern und dort zu zerstören.

Das Interessante: Eine der Komponenten arbeitet bei beiden Prozessen – also sowohl in der Membran als auch bereits direkt nach der Produktion der Kanäle. Man versucht nun, diese Komponente zu hemmen und damit beide Überprüfungsmechanismen auf einmal auszuschalten. Denn dann hätten die fehlerhaften Chloridkanäle wohl endgültig freie Bahn.

## Bei Vergiftungsgefahr wird aus violett orange

### Rhodiumkomplex als empfindlicher kolorimetrischer CO-Detektor

**S**panische Forscher haben jetzt einen empfindlichen und selektiven kolorimetrischen Detektor entwickelt, der Kohlenmonoxid (CO) zuverlässig in Luft nachweist.

Laut Angaben der Wissenschaftler vom IDM Research Institute an der Polytechnischen Universität Valencia um Ramón Martínez-Mañez handelt es sich dabei um einen speziellen Rhodium-Komplex, der in Anwesenheit von CO seine Farbe deutlich ändert.

Allein in den USA werden jährlich etwa 15000 Unfälle mit CO registriert, 500 verlaufen tödlich.

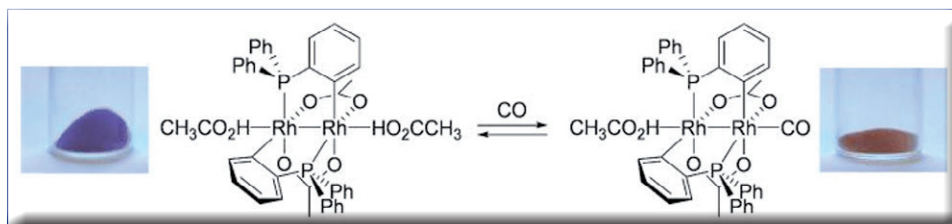
Die meisten heutigen CO-Sensoren arbeiten elektronisch. Als Alternative wird nach Detektoren gesucht, die die Anwesenheit von CO durch eine Farbveränderung anzeigen. Der neue Detektor weist CO nicht nur in Lösung, sondern auch verlässlich in Luft nach. Die Nachweisgrenze ist dabei niedrig genug, dass er anspricht, bevor toxische Werte erreicht werden.

Kern des Komplexes sind zwei miteinander verbundene Rhodiumatome, die über zwei Acetatgruppen und zwei spezielle phosphorhaltige Liganden (cyclometallierte Phosphine) mitei-

ander verbrückt werden. Axial binden zusätzlich zwei Essigsäure-Liganden. Die Komplexverbindung wird auf Kieselgel aufgetragen, wo der Komplex adsorbiert. Es entsteht ein grau-violetter Feststoff. Kommt der Komplex in Kontakt mit CO-haltiger Luft, binden ein oder zwei Moleküle CO, indem sie die Essigsäuremoleküle von ihren axialen Bindeplätzen am Rhodium-Doppelkern verdrängen. Der Feststoff ändert dabei seine Farbe innerhalb weniger Minuten deutlich zu orange-gelb. Durch Behandlung mit einem Strom sauberer Luft lässt sich der Detektor wieder vollständig regenerieren.

Das Detektionssystem ist sehr selektiv für CO. So spricht es beispielsweise nicht auf CO<sub>2</sub>, flüchtige organische Verbindungen oder SO<sub>2</sub> an. Auf NO<sub>x</sub> reagiert es erst, wenn diese in extrem hohen Konzentrationen vorliegen.

Rhodium-Komplex mit Farbumschlag bei Anwesenheit von CO.



## Auxin und Cytokinin vernetzt

### Pflanzliche Wachstumshormone wirken synergetisch

**D**ie Wirkungen der Hormone Auxin und Cytokinin sind weitaus enger vernetzt als bislang angenommen. Die beiden wichtigsten Wachstumshormone von Pflanzen, die beim Wachstumspotential und bei der Ausbildung von Blättern oder Blüten bislang als Gegenspieler verstanden wurden, können durchaus auch synergetisch wirken. Das haben Wissenschaftler aus Heidelberg, Tübingen und Umea (Schweden) anhand von Experimenten an einem Modellorganismus der Biologie, der Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana*, nachgewiesen.

Alle oberirdischen Teile einer Pflanze – Blätter, Blüten, Stängel und Samen – entspringen letztlich einem winzigen Gewebebereich an der Spitze des Sprosses. Die in ihm enthaltenen totipotenten Stammzellen bleiben während der gesamten Lebenszeit einer Pflanze aktiv. Im Gegensatz zu Tieren können Pflanzen daher über viele Jahre hinweg weiter wachsen und zugleich neue Organe ausbilden. In diesem Zusammenhang wirkt Auxin am Rand der Wachstumszone darauf hin, dass Zellen den Stammzellpool verlassen, sich differenzieren und zum Beispiel Blätter und Blüten bilden. Cytokinin dagegen regt die Stammzellen zu selbsterneuernden Teilungen an; seine Aufgabe ist es, die Zahl der Zellen und somit das Wachstumspotential der Pflanze aufrechtzuerhalten.

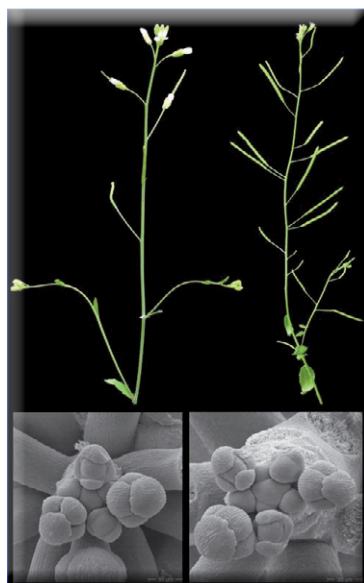
Über welche genetischen Faktoren das Cytokinin beim Wachstum der Pflanze seine Wirkung entfaltet, ist zum Teil bereits bekannt. Mit ihren komplexen Experimenten an der Ackerschmalwand, die sich auf die Wachstumszone an der Spitze des Sprosses konzentrieren, hat man nun die Funktion des Auxins in diesem Wirkungsgeflecht der Hormone untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass sich Auxin direkt in eine „Rückkopplungsschleife“ einschaltet: Zwei von Cytokinin aktivierte Gene – ARR7 und ARR15 – begrenzen die Cytoki-

nin-Wirkung. Auxin hingegen hemmt diese beiden Gene und verstärkt somit die Effekte von Cytokinin.

Man kann also die Rolle des Auxin als positive Rückmeldung an den Stammzellpool betrachten. Wenn es die Zellen am Rande der Wachstumszone zur Ausbildung von Organen anregt, muss es gleichzeitig dafür sorgen, dass genügend Stammzellen nachgeliefert werden. So wird verhindert, dass die Stammzellzahl unter eine kritische Grenze absinkt, was für Wachstum und Überleben der Pflanze von zentraler Bedeutung ist. Bereits jetzt ist klar, dass hormonelle und genetische Faktoren vielfach miteinander verschaltet sind und sich gegenseitig beeinflussen.

Originalveröffentlichung: Z. Zhao, S.U. Andersen, K. Ljung, K. Dolezal, A. Miotk, S.J. Schultheiss, J.U. Lohmann: Hormonal control of the shoot stem-cell niche, *Nature* (24 June 2010), doi: 10.1038/nature09126

**Wachstumsdefekte nach Inaktivierung der Gene ARR7 und ARR15.** Links: Kontrollpflanze, rechts Pflanze nach der Inaktivierung der beiden Gene. Unterer Bildrand: Wachstumszonen der entsprechenden Pflanzen, die mit einem Rasterelektronenmikroskop untersucht wurden. Im Zentrum ist die Stammzellzone zu erkennen, an deren Peripherie sich neue Blüten bilden (Abb: Jan Lohmann, Uni Heidelberg).



### Krankheiten: Mechanismen und Möglichkeiten

- Heidelberger Wissenschaftler haben einen neuen Signalweg von Gehirnzellen entdeckt, der erklärt, wie weitverbreitete **Blutdruckmittel Entzündungsherde bei Multipler Sklerose (MS) eindämmen** können. Angiotensin II ist als Molekül bekannt, das den Blutdruck reguliert. Die Wissenschaftler haben im Tiermodell an Mäusen nun zeigen können, dass Angiotensin II die Entzündungen im Gehirn fördert. Wurden die Angiotensin-Rezeptoren, also die Stellen an denen Angiotensin an die Zellen andockt und über die es seine Wirkung entfaltet, mit dem oral verabreichten Blutdruckmittel Candesartan blockiert, ließ die Entzündungsreaktion nach und bei den erkrankten Mäusen bildeten sich Lähmungserscheinungen zurück.

- Durch aufwändige Forschungen konnte in Leipzig erstmals eine direkte Verbindung zwischen den für den Transport pflanzlicher Sterole wesentlichen Lipidgenen und der koronaren Herzerkrankung gezeigt werden. **Menschen mit einer bestimmten genetischen Variante scheiden Phytosterole schlechter aus**, haben dadurch einen höheren Sterolspiegel und somit ein erhöhtes Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden. Ob jemand zur Risikogruppe gehört und die entsprechende Variante in sich trägt, ist durch einen genetischen Test herauszufinden, der jedoch bis jetzt nicht allgemein verfügbar ist. Wer auf Nummer sicher gehen will, sollte deshalb bei Lebensmitteln mit Phytosterolzusätzen zurückhaltend sein.

- Forscher von der Medizinischen Hochschule Hannover haben eine Substanz aus Bakterien identifiziert, die **Darmtumoren bekämpft. Im Experiment fiel Argyrin**, ein Protein aus Myxobakterien, besonders auf. Derzeit läuft das Zulassungsverfahren, um den Wirkstoff in Zukunft als Medikament einsetzen zu können.

- Forscher der Uni Homburg/Saarland zeigen, dass ein Ionenkanal, der als TRPM4 bezeichnet wird, die Freisetzung von Adrenalin aus Zellen des vegetativen Nervensystems und dadurch den arteriellen Blutdruck reguliert. Die Experimente eröffnen die Möglichkeit, Aktivatoren des TRPM4-Ionenkanals als neue **Arzneimittel zur Behandlung von Bluthochdruck** zu entwickeln.

- Forscher konnten nun zeigen, dass Nickel einen Rezeptor der „natürlichen Immunität“ aktiviert und so intrazelluläre Signalübertragungswege in Gang setzt, die zur Bildung von entzündungsfördernden Botenstoffen führen. In der Folge kann das spezifische Immunsystem aktiviert werden und über Vermittlung von T-Lymphozyten ein Ekzem entstehen. Der jetzt identifizierte Rezeptor, toll-like receptor 4 (TLR4), ist aber bislang nur als Erkennungsstruktur für bestimmte von Bakterien freigesetzte entzündungsfördernde Substanzen, die Lipopolysaccharide, bekannt. Wenn auch Nickel seine entzündungsfördernden Eigenschaften über TLR4 vermittelt, geschieht das aber über eine andere Zielstruktur. Diese Beobachtung könnte einen Durchbruch bei der **Therapie der bislang nur schwer behandelbaren Nickelallergie** bedeuten. Es lassen sich ev. spezifische TLR4-Hemmstoffe nur für diesen Übermittlungsweg entwickeln.

## Fünf Yoctonewton reichen zur Synchronisation Einzelne Atome als hochempfindliche Kraftdetektoren

**J**etzt ist es gelungen, die Empfindlichkeit von Atome für Kräfte von nur fünf Yoctonewton zu zeigen. Diese hohe Empfindlichkeit könnte nun beispielsweise dazu genutzt werden, um das magnetische Feld eines einzelnen Moleküls zu bestimmen und damit fundamentale Theorien zu überprüfen.

Bereits im 17. Jahrhundert bemerkte der niederländische Physiker Christiaan Huygens, dass sich zwei Pendel exakt synchronisieren können, falls sie die Möglichkeit haben sich gegenseitig zu beeinflussen. Interessanterweise muss diese Wechselwirkung gar nicht stark sein, im Beispiel der Pendel kann es genügen, wenn beide an der gleichen Wand aufgehängt sind. Eine enorme Vielfalt von schwingungsfähigen Systemen hat diese Synchronisationseigenschaft, von

Orgelpfeifen über Laser bis hin zu elektronischen Schwingkreisen. Einer Forschergruppe aus der Abteilung Laserspektroskopie von Prof. Theodor W. Hänsch (Physiknobelpreis 2005) am Max-Planck-Institut für Quantenoptik ist es nun gelungen, dieses technisch wichtige Phänomen an einem einzelnen extrem kalten Atom zu beobachten. Wie das Experiment zeigte, waren für die Synchronisation der Atomschwingung mit einer externen Radiofrequenzschwingung überraschend schwache Kräfte von nur fünf Yoctonewton ( $5 \times 10^{-24}$  N) nötig. Einzelne Atome können demnach äußerst empfindliche Kraftdetektoren sein – empfindlich genug, um möglicherweise erstmalig das Magnetfeld eines einzelnen Moleküls zu messen.

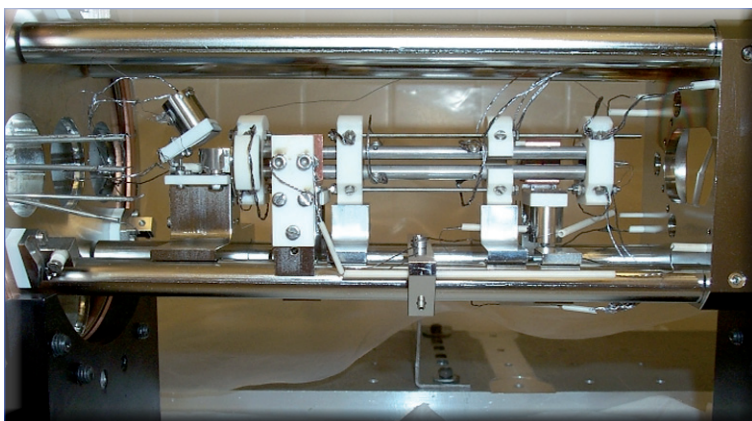
Ausgangspunkt für dieses Experiment ist ein einzelnes Magnesium-Ion, das in einer Paulfalle gespeichert wird. In einer Paul-Falle können kleine geladene Teilchen, auch einzelne Ionen, mittels eines elektrischen Wechselfeldes gespeichert werden. Die Anordnung wird auch als Quadrupol-Ionenfalle bezeichnet, was sich auf die Geometrie des verwendeten Feldes bezieht. Der deutsche Physiker Wolfgang Paul (1913-1993) erhielt für die Entwicklung des Physik-Nobelpreis 1989.

Die elektrischen Wechselfelder der Paulfalle halten bei dem jetzt durchgeführten Experiment das Magnesium-Ion an einem bestimmten Punkt in der Falle fest, während ein Vakuumsystem dafür sorgt, dass das Ion möglichst ungestört schwingen kann. Nun kommen zwei Laser ins Spiel, die sorgfältig so abgestimmt werden, dass sie das Ion stabil mit einer Amplitude von etwa einem zehntel Millimeter hin und her schwingen lassen. Eine hochauflösende Optik und eine empfindliche Kamera erlauben es, diese Oszillation anhand des gestreuten Lichts zu registrieren.

Um die Synchronisation dieses optisch angeregten Oszillators mit einer externen Quelle zu untersuchen, wird ein weiteres schwaches elektrisches Wechselfeld – ein Radiosignal – an eine nahegelegene Elektrode angelegt und die Schwingung des Ions stroboskopisch beobachtet. Die Frequenz des externen Feldes unterscheidet sich dabei nur wenig von der Schwingungsfrequenz des Ions. Wenn die Amplitude des eingestrahnten Radiosignals groß genug ist, synchronisiert sich die Oszillation des Ions und es schwingt in Phase mit dem Radiosignal.

Eine sorgfältige Bestimmung der Kräfte, die das eingestrahlte Wechselfeld auf das Ion ausübt, zeigt, dass Synchronisation bereits bei extrem schwachen Anregungen von nur 5 yN erfolgt. Eine derart kleine Kraft ist ohne die hier geschilderten „Tricks“ der Forscher kaum nachzuweisen, wie der folgende Vergleich verdeutlicht: Im vorliegenden Experiment würde das Ion dadurch nur um etwa einen Nanometer ( $10^9$  Meter) aus seiner Ruheposition verschoben werden; allein aufgrund seiner Temperatur zappelt das Ion in der Falle aber bereits mit einer Amplitude von 5000 Nanometern.  
*Dr. Maximilian Herrmann*

Die Paul-Falle besteht in ihrer klassischen Bauform aus drei Elektroden: Einer Ringelektrode und zwei Endkappenelektroden. Diese haben hyperbolische Innenflächen. Zwischen Ringelektrode und Endkappenelektroden wird eine Wechselspannung mit einer Hochfrequenz (HF) angelegt, die im Inneren der Falle ein elektrisches Quadrupolfeld erzeugt, das auf die Ionen eine zeitlich periodisch wechselnde Kraft ausübt. Je weiter sich die Ionen vom Zentrum der Falle entfernen, desto größer wird die speichernde Kraft. Wolfgang Paul erläuterte das Prinzip so: Eine Kugel würde von einer ruhenden Sattelfläche herunterrollen. Rotiert die Fläche aber, kann die Kugel stabilisiert werden. Je weiter die Kugel sich vom Zentrum wegbewegt, umso steiler ist die Fläche und umso stärker ist die rücktreibende Kraft. Praktisch wird oft eine lineare Bauform der Paul-Falle mit geeignet konstruierten Elektroden bevorzugt (Foto). Diese Bauform hat den Vorteil, dass sie an beiden Längsseiten eine Öffnung enthält, über die z. B. mittels eines Lasers zur Messung oder Kühlung der Teilchen eingegriffen werden kann. Sie lässt sich auch als Massenfilter einsetzen.



## Verhaltensänderungen nach traumatischen Erlebnissen sind vererbbar

**Zu CLB 05/2010, 198-203:  
RNA-Editing erhöht die  
Proteinviefalt**

Traumatische Erlebnisse wie Vernachlässigung, körperliche Gewalt oder sexueller Missbrauch während der Kindheit können ein Individuum und sein Verhalten ein ganzes Leben lang prägen. Aus Erfahrung wusste man, dass selbst die Nachkommen unter den Folgen der Traumatisierung leiden können. In einer Studie konnte ein Forschungsteam der Universität Zürich und der ETH Zürich bei Mäusen zeigen, dass Verhaltensauffälligkeiten, die bei einer Traumatisierung entstehen, auch an die folgenden Generationen vererbt werden können.

Überraschendes Resultat der Studie ist, dass die Tiere ihre Verhaltensstörungen an ihre Nachkommen vererben. Die Forscher konnten gar nachweisen, dass diese Schädigungen bis in die dritte Nachfolge-Generation andauern. Dies ist allerdings nicht auf eine Mutationen der Erbsubstanz zurückzuführen. Der Stress, so zeigen die Forschenden auf, verändert das Methylierungs-Profil bestimmter Gene im Gehirn und in den Spermien männlicher Mäuse. An bestimmten Genen wird eine Methylgruppe, die aus einem Kohlenstoff und drei

Wasserstoff-Atomen besteht, angehängt. Dies ändert an den DNS-Bausteine direkt nichts, aber die Aktivität der betroffenen Gene wird beeinflusst. Zum Beispiel können wichtige Körperfunktionen, wie etwa Nervenfunktionen betroffen sein. Bisher haben die Wissenschaftler bei Mäusen fünf Gene identifiziert, die aufgrund früher Stresserlebnisse von einer Methylierungen betroffen sind.

Dass solche Verhaltensinformationen epigenetisch – das heißt ohne eine Veränderung der DNA-Sequenz – weitergegeben werden, wurde schon lange vermutet. Das Team von Professorin Mansuy ist aber das erste, das dies nun auf molekularer Ebene in mehreren Generationen nachweisen konnte. Die Forschenden sind bereits einen Schritt weitergegangen und haben in Kollaboration mit Roche weitere Gene identifiziert, die epigenetisch gesteuert werden und mit Verhaltensstörungen in Verbindung stehen.

Die Forscherin denkt nun daran, die Untersuchung dieses epigenetischen Phänomens auf Menschen auszuweiten. Dazu braucht sie Gewebeprobe von Personen und ihren Nachkommen, um mögliche Methylierungskandidaten unter den Genen herauszufinden.

## Asymmetrische Supernovaexplosion

**Zu CLB 12/2009, 474-478:  
Supernovae: Sternentod  
ermöglicht unser Leben**

Astronomen haben mit dem Very Large Telescope der ESO erstmals eine dreidimensionale Ansicht der Verteilung der Materie im innersten Bereich der Supernova 1987A, eines kürzlich explodierten Sterns, rekonstruiert. Dabei ergibt sich das Bild einer gewaltigen, Explosion, bei der in bestimmte Richtungen besonders viel Material ausgeworfen wurde. Die Asymmetrie ist ein klarer Hinweis darauf, dass die Supernova sehr turbulent abgelaufen sein muss. Mit Hilfe neuer Beobachtungen mit dem einzigartigen Instrument „Sinfoni“ am Very Large Telescope (VLT) der

ESO konnten unsere Kenntnisse von SN 1987A nun noch einmal vertieft werden: Mit den neuen Daten ist es erstmals möglich, die Struktur der zentralen Bereiche der Explosionsüberreste dreidimensional darzustellen.

Die neue Sichtweise zeigt insbesondere, dass die Explosion in einige Richtungen stärker und schneller erfolgte als in andere. Daraus ergab sich eine unregelmäßige Form, durch die sich einige Teilbereiche der Explosionswolke weiter in den Raum hinaus erstrecken.

Das Material, das bei der Explosion ausgestoßen wurde, bewegt sich mit unglaublichen 100 Millionen Kilometern pro Stunde nach außen, entsprechend rund einem Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Aber sogar mit dieser hohen Geschwindigkeit benötigte das Material zehn Jahre, um einen Ring aus Gas und Staub zu erreichen, den der sterbende Stern vor der Explosion ausgestoßen hatte.

Karina Kjær, die Leiterin des Wissenschaftlerteams, erläutert: „Wie es genau zu einer Supernovaexplosion kommt, ist nach wie vor nicht besonders gut verstanden, aber die Art und Weise, wie der Stern explodiert ist, kann man aus den innersten Bereichen der Explosionswolke ablesen. Wir können sehen, dass die Materie dort nicht in alle Richtungen gleichmäßig ausgestoßen wurde. Stattdessen scheint es eine Vorzugsrichtung zu geben, die sich von derjenigen unterscheidet, die man anhand der Lage des Ringes erwarten würde.“ Dieses asymmetrische Verhalten wird von einigen aktuellen Computermodellen von Supernovaexplosionen vorhergesagt. Diese Modelle ergaben großräumige Instabilitäten während der Explosion. Die neuen Beobachtungen liefern daher die erste direkte Bestätigung dieser Modelle.

Künstlerische Darstellung der 1987A-Supernovaresten (Abb.: NASA/ESO).



### Neue und schnelle Methode zur Bestimmung des Gehaltes an Hydroxyprolin in Fleisch- und Wurstwaren



In der fleischverarbeitenden Industrie ist die Bestimmung des Hydroxyproline (exakter L-4-Hydroxyprolin) ein wichtiger Parameter für die Qualitätskontrolle. Um den minderwertigen Bindegewebsanteil zu bestimmen, bestimmt man den Hydroxyprolinegehalt, da diese  $\alpha$ -Aminosäure nur in Kollagen und damit maßgeblich in Sehnen-, Knochen-, Knorpel- und

Hautteilen vorkommt.

Ein hoher Gehalt an Hydroxyprolin gilt daher als Indiz für eine erhöhte Verwendung minderwertiger Rohstoffe.

Klassisch wird der Bindegewebsanteil so bestimmt, das zwischen 2 und 5 g Fleisch und Fleischerzeugnisse eingewogen werden und diese Matrix in mindestens 8 Stunden, häufig sogar bis zu 16 Stunden in einem Glasgefäß mit Salzsäure (selten auch mit Schwefelsäure) bei Siedehitze gekocht wird.

Zur Erleichterung der Arbeit, zur Erhöhung des Probendurchsatzes und vor allem zur Beschleunigung der Analyse wurde von CEM als Pionier und Marktführer in der Mikrowellen-Labortechnik diese Arbeitsvorschrift auf das Mikrowellengerät MarsXpress hin übertragen.

Die Übertragung dieser Applikation hin auf das Aufschlußsystem MarsXpress geht exakt nach dieser Vorschrift vor. Nach eingehender Optimierung aller Parameter konnte eine Zeitverkürzung auf 30 min. erreicht werden. Es können zeitgleich bis zu 40 Proben bearbeitet werden. Ein weiterer Vorteil dieser Methode im MarsXpress liegt in mit einem Minimum an Platz- und Handhabungsaufwand.

CEM GmbH

Pionier und Marktführer in der Mikrowellen-Labortechnik

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

### pH-Elektroden schonend reinigen und regenerieren mit pHit kit



pHit kit enthält alles, was Sie zum schonenden Reinigen und Regenerieren ihrer Elektroden mit Flüssigkeitselektrolyt brauchen. Die praktische pHit kit-Box beinhaltet:

- eine ausführliche Beschreibung jedes Arbeitsschrittes
- eine Flasche mit Reinigungslösung
- eine Flasche mit  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$  Elektrolytlösung
- eine Flasche mit Aufbewahrungslösung
- zwei befüllbare Elektrodenköcher

Verwöhnen Sie Ihre Elektroden mit pHit kit und profitieren Sie von präzisen Messergebnissen auf Dauer und einer deutlich längeren Lebensdauer Ihres Equipments.

Deutsche METROHM GmbH & Co.

In den Birken 3

70794 Filderstadt

Tel. 0711/77088-0

Fax 0711/77088-55

Internet [www.metrohm.de](http://www.metrohm.de)

E-Mail [info@metrohm.de](mailto:info@metrohm.de)

## Literatur

### Nicht an bissigem Sarkasmus gespart



Wolfgang Hasenpusch: *Fragwürdiges Sparen*; 150 Seiten; Novum Verlag, Neckenmarkt (Österreich), 2010, ISBN 978-3-99007-518-0; 14,00 Euro.

Jubiläum bei humorvollen, teils sarkastischen Büchern feiert CLB-Autor Wolfgang Hasenpusch: Gerade erschien sein zehntes Buch dieser Art, Titel: „Fragwürdiges Sparen“. Das Buch enthält eine Vielzahl von Gedanken zu Sparmaßnahmen, viele davon mit eigenen Karikaturen illustriert. Das Besondere: Text und Bilder weisen auf, wie Sparmaßnahmen übertrieben werden – und dadurch sogar kontraproduktiv sein können.

Der Autor meint: „Die oft abstrusen, geistlosen Sparaktionen, die in der Regel nicht schadlos bleiben, lassen sich mit einer gehörigen Portion Humor, einem kräftigen Schuss Ironie sowie einer Prise Sarkasmus besser überleben.“

An allen drei Punkten hat der Autor jedenfalls nicht gespart, weder bei den Karikaturen, noch beim Text. So geht es um Patentumgehungs-Forschung, um verkürzte Besucherbetreuung, eingesparte Qualifikationen, Sparen an Qualität... Das Buch ist somit nicht nur „Sparopfern“ zu empfehlen, sondern insbesondere denjenigen, die Sparzwänge durchsetzen müssen oder wollen, statt die Betriebsaktivitäten kreativ auszubauen. *Rolf Kickuth*

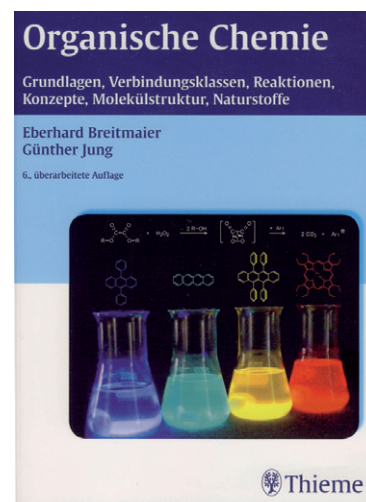
## Organische Chemie in bewährter Darstellung

Eberhard Breitmaier, Günther Jung: *Organische Chemie*; 1066 Seiten; Thieme Verlag, Stuttgart, 6. Auflage 2009, ISBN 978-3-13-541506-2; 49,95 Euro.

Die 6. Auflage des bewährten Lehrbuchs der Organischen Chemie umfasst Lehrinhalte zum Grundstudium (Kap. 1 bis 27) und zu besonders relevanten Themen des Hauptstudiums der Chemie (Kap. 28 bis 44) und richtet sich zudem an Studierende der Biochemie, der Lebensmittelchemie und der Pharmazie. Auf das Kapitel „Chemische Bindung in Organischen Molekülen“ folgen zunächst 11 Kapitel über die einzelnen Verbindungsklassen der Kohlenwasserstoffe und deren Reaktionen (Radikalische Substitution, Eliminierung und Addition sowie Substitution an Aromaten) und dann je ein Kapitel über Halogenalkane (13) und Nucleophile Substitution an Aliphaten (14). Verbindungsklassen mit Sauerstoff enthaltenden funktionellen Gruppen (Alkohole, Ether, Carbonsäuren, deren Derivate und Substitutionsprodukte, Aldehyde und Ketone, Phenole und Chinone) sind Gegenstand der Kapitel 15 bis 21, wobei die Bedeutung der Chiralität in einem eigenen Kapitel (18) hervorgehoben wird. Den Abschluss von Teil 1 bilden Kapitel über Amine und sonstige Organostickstoff-Verbindungen (22 und 23), Organoschwefel-Verbindungen (24), Kohlensäure-Derivate (25), Umlagerungen (26) und Orbitalsymmetrie bei konzertierten Reaktionen (27). Teil 2 beginnt mit einem umfangreichen Kapitel über Molekülspektrosko-

pie zur Strukturaufklärung (28), auf das Kapitel über Photoreaktionen, Nichtbenzoide Aromaten, Organosilicium-Verbindungen, Organometall-Verbindungen, Heterocyclen und Heteroaromaten (als ausführliches Kap. 34) folgen. Nach eigenen Kapiteln über Organische Farbstoffe und Synthetische Polymere, einschließlich ihrer vielfältigen Anwendungen werden die großen Verbindungsklassen organischer Naturstoffe beschrieben: Aminosäuren, Peptide und (durch einige farbige Abbildungen veranschaulicht) Proteine, Alkaloide, Kohlenhydrate, Nucleoside, Nucleotide und Nucleinsäuren, Lipide (einschließlich der industriellen Herstellung von Detergentien), Terpene und Steroide.

Eine nach Sachgebieten geordnete Bibliographie unter Einbeziehung von Internet-Quellen und ein Verzeichnis der Namenreaktionen mit Reaktionsgleichungen sind ebenso von zusätzlichem Nutzen wie die Zusammenstellung von insgesamt 421 Prüfungsfragen (mit Angabe der Unterkapitel, welche die Lösungen zu den betreffenden Fragen beinhalten), die im Internet unter [www.thieme-chemistry.com](http://www.thieme-chemistry.com) zugänglich ist. *Dr. Dieter Holzner*



## Von den molekularbiologischen Grundlagen zu den Anwendungen

David P. Clark, Nanette J. Pazdernik: *Molekulare Biotechnologie*; 707 Seiten; Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2009; ISBN 978-3-8274-2128-9; 69,95 Euro.

Gemäß der Einleitung zu dieser Neuerscheinung betrachten die Autoren die moderne Biotechnologie „als einen Zusammenschluss aus klassischer Biotechnologie, moderner Genetik, Molekularbiologie, Computertechnologie und Nanotechnologie“. Die im Untertitel angesprochenen Grundlagen der Biotechnologie sind in Kapitel 1 und vier weiteren Kapiteln auf 165 Seiten dargestellt: DNA, RNA und Protein, Rekombinante DNA-Technologie, DNA-Synthese in vivo und in vitro und RNA-Technologien. Es schließen sich je ein Kapitel über Immuntechnologie (Antikörper, ELISA und Impfstoffe) und Nanobiotechnologie an (von Physikalischen Methoden über Nanopartikel und ihre Anwendungen, Antibakterielle Nanoschichten, Veränderung von DNA im Nanomaßstab bis zu Biomolekularen Motoren). Erwartungsgemäß liegen über die Gebiete Genomik und Genexpression (8), Proteomik (9), Rekombinante Proteine (10) und Protein-Engineering (11) sowie Umweltbiotechnologie (12) umfangreich eigene Kapitel vor.

Biotechnologische Verfahren mit unterschiedlichen Zielsetzungen sind in dem Kapitel Stoffwechsel-Engineering (13) zusammengestellt, wobei Gene eines Organismus oder mehrerer Organismen dazu eingesetzt werden, bestimmte Stoffwechsel-Reaktionen gezielt herbeizuführen, wie den Abbau aromatischer Verbindungen. Annähernd

gleich umfangreiche Kapitel beschäftigen sich mit Transgenen Pflanzen (14) und Transgenen Tieren (15). Darüber hinaus wird eine Reihe weiterer Gebiete beschrieben, wie Erbkrankheiten (16), Gentherapie (17), Molekularbiologie von Krebs (18), Nichtinfektiöse Krankheiten (19), Altern und Apoptose (20), Bakterielle Infektionen (21) sowie Virus- und Prion-Infektionen (22). Den Abschluss bilden je ein Kapitel über Biologische Kriegsführung (23), Forensische Molekularbiologie (24) und Bioethik (25). Allen Kapiteln gemeinsam sind zahlreiche farbige Abbildungen, die Hervorhebung bestimmter Sachverhalte in Form von Exkursen und die Angaben zu weiterführender Literatur.

Die Verlagsangabe, dieses Buch sei „essenziell für die modernen Studiengänge Bioverfahrenstechnik und Biotechnologie“ trifft wohl nur dann zu, wenn auf diese Studienfächer zugeschnittene Lehrbücher mit herangezogen werden. In dem 34-seitigen Glossar und im Index findet man keinen Eintrag zu „Bioverfahrenstechnik“ und zu „Fermenter“; Bioreaktoren werden mit einem Satz erwähnt. Mit dieser Einschränkung hinsichtlich „Biotechnologie“ liegt hier eine gut ausgestattete, empfehlenswerte Neuerscheinung vor. *Dr. Dieter Holzner*



# ERREICHEN HALTEN

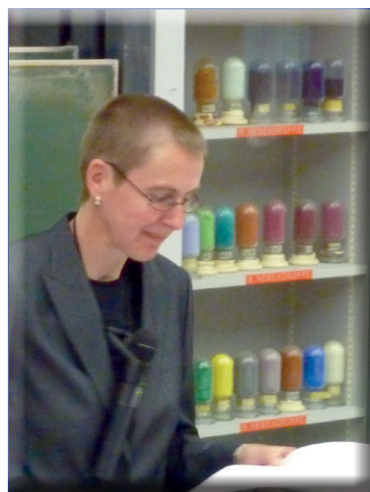
Die CLB-Rubrik für Ausbildung und Weiterbildung  
in Chemie, Labortechnik, Biologie, Biotechnik und verwandte Bereiche  
sowie für praxisorientierte Themen aus der Umwelt (bislang CLB Memory)

September 2010



Wolfgang Flad mit der Carl-Duisberg-Plakette; links: GDCh-Präsident Prof. Dr. Michael Dröscher.

Prof. Sabine Laschat hielt die Laudatio (Fotos: Kickuth).



**In einem Festkolloquium an der Universität Stuttgart verlieh die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) am 8. Juli die Carl-Duisberg-Plakette an Wolfgang Flad. Damit würdigte die GDCh das Lebenswerk des 68-Jährigen.**

In ihrer Laudatio verdeutlichte Prof. Sabine Laschat (Inst.f.Org., Chemie Stuttgart), wie eng die Vita des Preisträgers mit der Chemie und der GDCh verknüpft ist. Bereits der Vater Manfred Flad, der Gründer des Institutes Dr. Flad, war Chemiker. Er legte die Chemie seinem Sohn im April 1942 quasi in die Wiege. Schon als kleiner Junge

## Für sein Lebenswerk geehrt Wolfgang Flad erhält Carl-Duisberg-Plakette

besuchte Wolfgang Flad regelmäßig die damalige TH Stuttgart bzw. den dortigen Arbeitsplatz seines Vaters. Nach dem Abitur studierte er hier Chemie – parallel dazu fungierte er auch als Assistent seines Vaters, der mit viel Mut zum Risiko 1951 eine gesicherte Beamtenlaufbahn aufgegeben und das Institut gegründet hatte.

1968 wurde er dort Dozent und 1976 Schulleiter; mit seinem Vater habe er sich in der langen Zeit der Zusammenarbeit von insgesamt etwa vier Jahrzehnten niemals gestritten, betonte Wolfgang Flad in seiner Dankesrede auf die Auszeichnung.

Wolfgang Flad erhöhte die Ausbildungskapazität von 120 auf 350 Ausbildungsplätze und richtete die Bereiche Umwelt, Pharmazie und Biotechnologie ein. Er war Initiator der weltweit ersten Berufsabschlussprüfung und erreichte, dass das Institut Dr. Flad als erste berufsbildende Schule in Deutschland UNESCO-Modellschule wurde.

Wolfgang Flad wurde vielfach ausgezeichnet, u.a. 1986 zusammen mit seinem Vater mit dem Heinrich-Roessler-Preis der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht. Ein Jahr später stifteten die beiden den Manfred-und-Wolfgang-Flad-Preis, der seitdem ebenfalls von der Fachgruppe Chemieunterricht vergeben wird.

1990 erteilte ihm die Bundesregierung den Auftrag zur Entwicklung eines internationalen Chemiewettbewerbs, den Grand Prix Chimique,

der ein Jahr später am Institut Premiere hatte. Von 1995 bis 1997 koordinierte er im Auftrag der Ständigen Konferenz der Kultusminister das von Al Gore initiierte Umweltprojekt GLOBE (Global Learning and Observation to Benefit the Environment) in Deutschland. Zwischen 2005 und 2010 wurde sein Institut von der UNESCO dreimal in Folge für Nachhaltigkeit in Bildung und Erziehung ausgezeichnet. Die 2009 bei der GDCh eingerichtete Arbeitsgruppe Berufliche Bildung geht ebenfalls auf eine Initiative von Wolfgang Flad zurück.

24 Jahre lang war Wolfgang Flad Vorsitzender der naturwissenschaftlich-technischen Privatschulen in Deutschland und Präsidiumsmitglied im Verband Deutscher Privatschulen. Im Verband Deutscher Chemotechniker und chemisch-technischer Assistenten ist Wolfgang Flad Ehrenmitglied.

Das Interesse für die Chemie hat der Vater geweckt – die Liebe zu den schönen Künsten, insbesondere zur Musik und zum Theater, stammt von der Mutter, so Prof. Sabine Laschat in ihrer Laudatio. Und sogar von sportlichen Leistungen wusste sie zu berichten: Im Gymnasium wurde er ohne Training württembergischer Jugendmeister im Dreisprung...

In seiner Dankesrede zur Verleihung der Carl-Duisberg-Plakette erläuterte Wolfgang Flad: „Was mich am meisten an Carl Duisberg fasziniert ist seine Erfahrung im Unterricht. In der Biografie über Duis-



berg von Dr. Dr. h.c. Hans-Joachim Flechtner las ich: Er habe nach der ersten Chemiestunde in der Schule seinen Eltern mitgeteilt: *Ich werde Chemiker*. So einen Unterricht soll man heute haben, dass man schon nach der ersten Stunde für das Fach entflammt ist!“ (Anm. d. Red.: Flechtner war 20 Jahre lang Chefredakteur der CLB seit Gründung bis 1970).

Im Zusammenhang mit der ihn ehrenden wissenschaftliche Gesellschaft hatte Wolfgang Flad histo-

rische Erfahrungen zu berichten: „Als das Institut Dr. Flad seine Arbeit aufnahm, gab es noch keine staatliche Prüfungskommission. Mein Vater wandte sich daher u.a. an den renommierten Chemiker Prof. Hellmut Bredereck, Universität Stuttgart, mit der Bitte, die Prüfungen abzunehmen. Später war er Präsident der GDCh...“

Den Abschluss seines Dankes leitete Wolfgang Flad mit einem Zitat des direkten Amtsvorgängers von GDCh-Präsident Michael Dröscher

ein, Prof. Klaus Müllen vom MPI für Polymerforschung: „Preise sind auch eine Alterserscheinung.“ Flad kommentierte, das klinge final, er sehe auch ein Ende, aber „ich habe noch einiges vor“. Er fing mit einer kleinen Überraschung für Michael Dröscher an und überreichte dem GDCh-Präsidenten eine Original IG Farben-Aktie von 1926, unterschrieben von Carl Duisberg...

Die CLB gratuliert Wolfgang Flad zu dieser Auszeichnung!

*Rolf Kickuth*

## Transparenz wirft Schatten – zum Glück Phasenkontrastverfahren jetzt auch in der Röntgentechnik

**D**as Phasenkontrastverfahren nutzt Laufzeitunterschiede elektromagnetischer Wellen in Medien mit unterschiedlichen Brechungsindices. Die Phasenverschiebung des Lichts beim Durchstrahlen einer transparenten Probe wird dabei in ein Bild mit Amplitudenkontrast (Helligkeitskontrast) umgewandelt. In der Mikroskopie sind derartige Verfahren schon lange geläufig. Jetzt gibt es sich auch bei Röntgentechniken.

Das Phasenkontrastverfahren wurde 1932 vom niederländischen Physiker Frits Zernike entwickelt und 1941 durch die Jenaer Werke in die mikroskopische Praxis eingeführt. 1953 erhielt Zernike für seine Entdeckung den Nobelpreis für Physik.

Das Prinzip des Verfahrens in der Mikroskopie: Da sich Licht in Medien mit verschiedenen Lichtbrechungsindizes mit verschiedener Geschwindigkeit ausbreitet, ergibt sich beim Durchlaufen eines Objekts, das optisch dichter ist (höherer Lichtbrechungsindex) als seine Umgebung (Hintergrund), ein Phasenunterschied gegenüber dem Licht der Umgebung (Hintergrundlicht); die Phasenverschiebung liegt bei biologischen Objekten bei einem Viertel der Wellenlänge.

Dieser Phasenunterschied wird zur Erzeugung eines Kontrasts ge-

nutzt, und zwar durch Interferenz des durch das Präparat gebeugten Lichtes mit dem direkten Licht der Beleuchtung. Die Phasenlage dieses Hintergrundlichts wird – ohne das Objektlicht zu beeinflussen – mittels eines in der hinteren Brennebene des Objektivs befindlichen optisch dichten Elements (ein Ring aus durchsichtigem, jedoch optisch dichtem Material, der „Phasenring“) so weit verschoben, dass das Hintergrundlicht bei Interferenz mit dem Objektlicht dieses möglichst weitgehend schwächt. Dadurch erscheint nun das Objekt dunkel vor hellem Hintergrund.

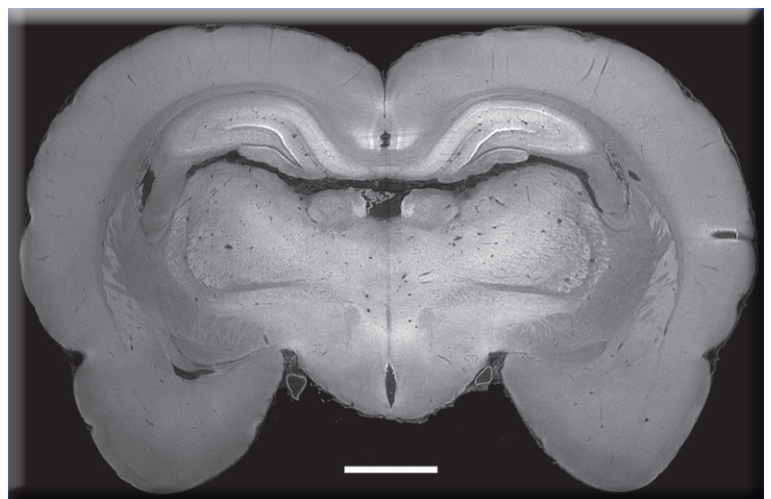
Dies wird als positiver Phasenkontrast bezeichnet.

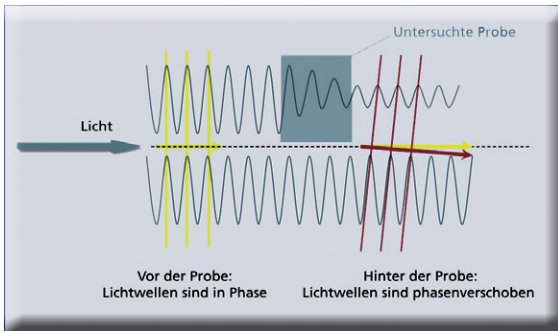
Die Möglichkeit zur Beeinflussung des Hintergrundlichts unabhängig vom Objektlicht wird dadurch erzielt, dass die Aperturblende der Objektbeleuchtung ringförmig ist (Ringblende im Kondensator statt wie sonst üblich kreisförmige Blende)

und ein Bild dieser Kondensatorblende in der hinteren Brennebene des Objektivs erzeugt wird, wo sich der Phasenring befindet. Voraussetzung für das Verfahren ist deshalb die Köhlersche Beleuchtung, bei der das Hintergrundlicht parallel den Kondensator verlässt und, soweit es durch das Objekt nicht beeinflusst wird, auch parallel in das Objektiv eintritt.

Damit größtmöglicher Kontrast erzielt wird, muss die Phasenverschiebung des Hintergrundlichts auf das Ausmaß des Phasenunter-

Mit dem Phasenkontrastverfahren lassen sich Röntgenbilder erzeugen, in denen nicht nur Knochen, sondern auch Gewebearten wie Muskeln, Knorpel, Sehnen oder Weichteiltumore klar unterscheidbar sind. Das Bild zeigt eine Rattenhirn-Phasenkontrast-Röntgenaufnahme. Die weiße Linie entspricht einem Millimeter, es sind Details von etwa zehn tausendstel Millimeter sichtbar (Abb.: PSI).

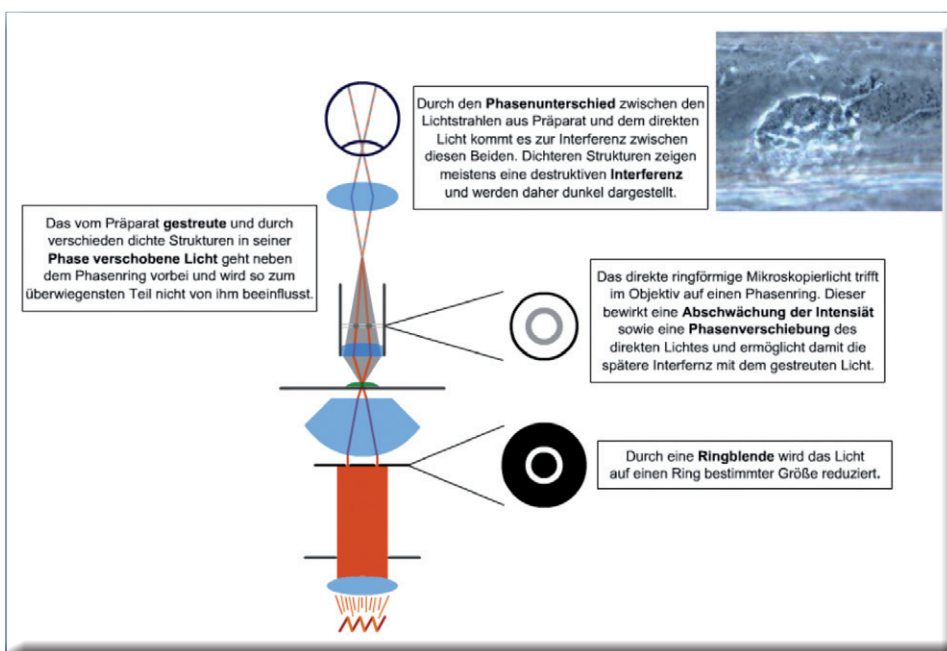




Prinzip der Phasenkontrastmethode: Licht, das sich durch Materie bewegt, wird nicht nur geschwächt, sondern läuft auch langsamer. Zwei Wellen, die anfangs „in Phase“ sind (Wellenberge beider Wellen sind nebeneinander) und dann durch verschiedene Materialien laufen, sind anschließend phasenverschoben. Der Phasenunterschied enthält wichtige Informationen über den Aufbau des Untersuchungsgegenstands, die in der Phasenkontrastmethode genutzt werden (Abb.: PSI).

schieds zwischen Objektlicht und Hintergrundlicht abgestimmt sein. Der Phasenring im Objektiv muss also ungefähr entsprechend den am meisten vorkommenden Lichtbrechungsindizes und Dicken der betrachteten Objekte bemessen sein. So schlägt der Kontrast bei Objekten mit besonders hohem Lichtbrechungsindex (zum Beispiel Endosporen von Bakterien) um und sie werden heller als der Hintergrund dargestellt. Bei einem seltener angewendeten Verfahren ist der Phasenring so bemessen, dass sich auch bei üblichen Objekten ein umgekehrter Kontrast ergibt,

Prinzip des Phasenkontrastverfahrens in der Mikroskopie (Inst. of Cell Imaging & Ultrastructure Research, Uni Wien).



dass sie also hell auf dunklerem Hintergrund erscheinen; dies wird als negativer Phasenkontrast bezeichnet.

## Phasenkontrast in der Röntgentechnik

Die ersten Ideen zu Phasenkontrastverfahren in der Röntgentechnik sind über 20 Jahre alt. Röntgenstrahlen sind jedoch schwer auszurichten. Die Forscher setzten damals auf spezielle Kristalloptiken. Das funktioniert allerdings nur bei monochromatischer Röntgenstrahlung etwa aus Synchrotronen; mit herkömmlichen Röntgenquellen schien dies bis 2004 unmöglich.

Die rettende Idee hatte Prof. Franz Pfeiffer. Heute leitet er den Lehrstuhl für Biomedizinische Physik an der Technischen Universität München. Damals forschte er am Schweizer Paul Scherrer Institut (PSI), wo er 2006 seine revolutionären Ergebnisse veröffentlichte. Zwar nutzte auch er das Synchrotron für seine ersten Forschungen, doch statt der Kristalloptiken verwendete er ein Talbot-Lau-Interferometer. Entscheidend war seine Idee, das Interferometer auch bei einer normalen Röntgenröhre anzuwenden. Seine ersten Phasenkontrast-Bilder zeigten einen Fisch mit noch nie dagewesener Genauigkeit.

Jetzt entwickelt Siemens zusammen mit der Universität Erlangen und dem Karlsruher Institute of Technology (KIT) die Technik zu einem Gerät für den Klinikeinsatz. Firmeninformationen erläutern das verwendete Talbot-Lau-Interferometer. Es besteht aus drei Gittern. Sie sind aus Silizium und sehen aus wie kleine Platten, in die in Abständen von wenigen Mikrometern Schlitz geritzt wurden. Die Zwischenräume des ersten Gitters sind mit Gold aufgefüllt. Es befindet sich zwischen Röntgenquelle und Objekt und dient dazu, aus der chaotischen Strahlung der Röntgenquelle eine möglichst synchrone zu machen. Da nur das Silizium Röntgenstrahlen durchlässt, während Gold sie absorbiert, entsteht so eine Vielzahl quasi-kohärenter Röntgenquellen. Treffen die Strahlen auf Gewebe, verändern sie ihre Phase.

Das zweite Gitter besteht nur aus Silizium und bringt die einzelnen Teilwellen wieder zusammen – der Fachmann spricht von Interferenzen. Außerdem erhält der Anteil der Strahlung, der durch das Silizium muss, einen zusätzlichen – diesmal genau bekannten – Phasenverschiebung. Er dient dazu, dass mit dem dritten Gitter die in den Röntgenstrahlen enthaltenen Phasen-Informationen ausgelesen werden können.

Wie das erste besteht auch das dritte Gitter aus Silizium und Gold. Um die Intensität abzutasten, wird es gegenüber dem zweiten Gitter verschoben, und ein Detektor erfasst die Signale. Die Messwerte werden mit denen verglichen, die ohne Objekt vorhanden wären. Der Unterschied ist der Phasenkontrast und als Graustufen im Bild sichtbar.

Am KIT werden die Gitter verbessert. Weil medizinische Anwendungen eine höherenergetische Röntgenstrahlung benötigen, müssen die Gitter feiner werden als bei dem von Pfeiffer benutzten System. Allerdings muss die Dosis so niedrig wie möglich sein. Hier die optimale Kombination zu finden, ist das Ziel der Forscher um Prof. Gisela Anton von der Universität Erlangen-Nürnberg. Sie wollen den Detektor und die Parameter des Gitteraufbaus so



Das Rattenherz wurde mit der neuen Phasenkontrast-Mikroskopie aufgenommen. Zum Vergleich im kleinen Bild eine Aufnahme mit herkömmlicher Röntgentechnik (Bilder: PSI).

verbessern, dass mit möglichst wenig Strahlenbelastung ein möglichst gutes Bild herauskommt. 2012 rechnet Siemens mit dem Abschluss des Projektes.

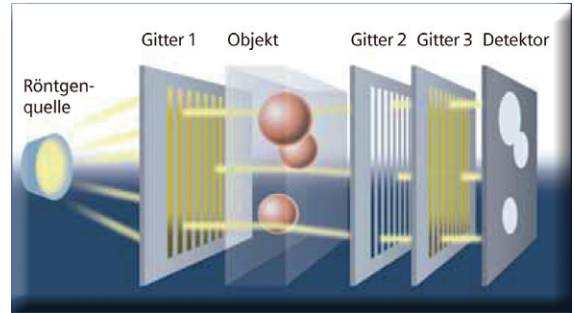
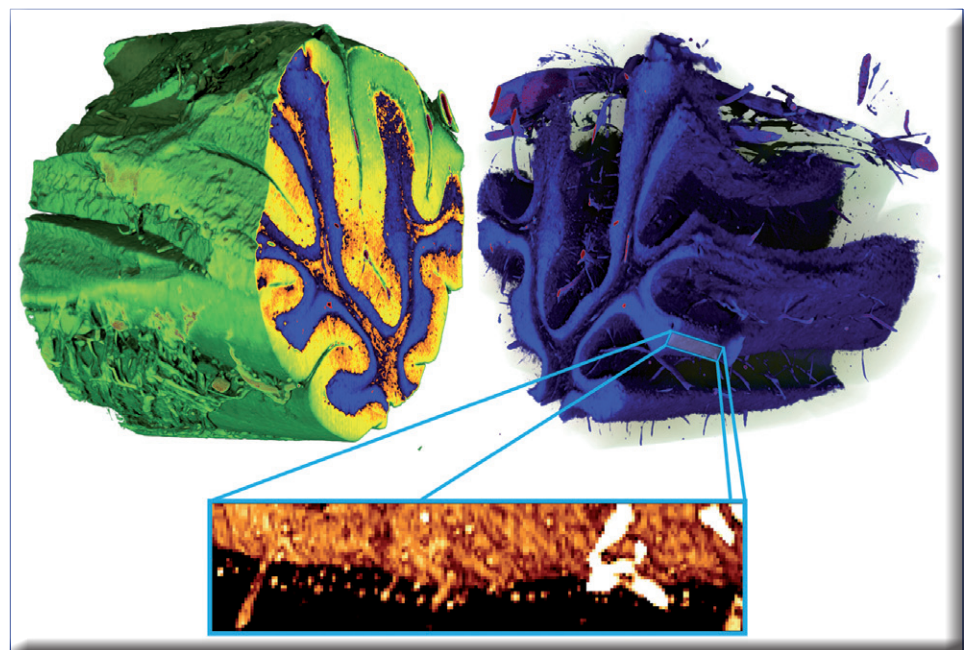
Auch in der Schweiz ist man auf der Suche nach Verbesserungen der Phasenkontrast-Röntgentechnik – und Prof. Marco Stampanoni von der ETH Zürich sowie dem PSI im Schweizerischen Villigen hat zusammen mit chinesischen Wissenschaftlern eine Lösung dazu gefunden. Das Forscherteam verwendet dazu die „Reverse Projection Method“, ein Algorithmus aus dem Umfeld künstlicher neuronaler Netze, mit dem man die Phasenverschiebungen auf eine sehr einfache Weise bestimmen kann.

Das Phasenkontrastverfahren wurde in diesem Zusammenhang so optimiert, dass das zeitaufwändige und mechanisch komplizierte „Phase Stepping“ – ein Bewegen von Beugungsgittern – entfällt und nur noch zwei Aufnahmen gemacht werden müssen. Die neue Methode erreicht, dass sich der Phasenkontrast erfassen lässt, ohne die Gitter zu bewegen. Es sind nur zwei Durchleuchtungsschritte nötig. Stampanoni hebt den Unterschied hervor:

Beim Phase Stepping hingegen erreicht man dasselbe Ergebnis erst mit mindestens drei und manchmal sogar mehr als fünf Röntgen-Schritten. Mit der neuen Methode ist die Strahlendosis um mindestens 30 Prozent niedriger und das Verfahren schneller. Stampanoni hofft, dass in Zukunft Phasenkontrast-Bilder genauso problemlos wie herkömmliche Röntgenbilder aufgenommen werden können. Das neue Verfahren könnte in jeder Arztpraxis, aber auch bei der Materialprüfung, zum Einsatz kommen. An Flughäfen ließen sich damit zudem Gepäckstücke effizienter auf Gefahrengut durchleuchten, etwa um mit Röntgentechnik Käse von Sempex-Sprengstoff zu unterscheiden – was herkömmliche Röntgeneräte an Flughäfen nicht leisten.

Einen Anwendungserfolg berichtet die Universität Basel: Unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF), haben Forschende um Bert Müller vom Biomaterials Science Center nun Bilder aufgenommen, auf denen nicht nur die weichen Gewebe des Gehirns unterschieden werden können, sondern sogar auch einzelne Zellen zu sehen sind. Auf den Bildern lassen sich Blutgefäße erkennen. Die weiße Hirnsubstanz und verschiedene Typen grauer

Tiefer Blick ins Kleinhirn: Weiße Hirnsubstanz (orange) unterscheidet sich von zwei Typen grauer Hirnsubstanz (blau: Stratum granulosum; gelb: Stratum moleculare). Auch Blutgefäße (rot) und einzelne Zellen (unteres Bild) sind klar zu erkennen (Abb.: Martin E. Schwab/SNF).



Gitteranordnung nach der Röntgenquelle. Ihr liegt der Talbot-Lau-Effekt zugrunde. Der Talbot-Effekt bedeutet die Selbstabbildung eines Gitters, welches mit einer ebenen, monochromatischen Welle beleuchtet wird. Die Abbilder entstehen in rational-zahligen Vielfachen der Talbot-Distanz. Beim Lau-Effekt wird, anders als beim Talbot-Effekt kein monochromatisches Strahlungsfeld benötigt. Es werden hier mehrere Gitter verwendet, wobei das erste Beleuchtete als Gitter von Punktlichtquellen dient. Das beobachtbare Bild ist dann eine Superposition multipler Selbstabbildungen. Das dritte Gitter dient als Phasen-Detektor-Gitter (Abb.: Siemens).

Hirnsubstanz unterscheiden sich deutlich voneinander. Klar ersichtlich sind zudem einzelne Purkinje-Zellen – ein relativ großer, für das Kleinhirn typischer Zelltyp. Es ist das erste Mal, dass einzelne Hirnzellen innerhalb eines zentimetergrossen Gewebblocks sichtbar gemacht werden, ohne sie mit einem Kontrastmittel einzufärben. Die benötigte Röntgendosis ist bei einer derart detaillierten Auflösung jedoch laut Müller wohl zu hoch für den Einsatz an lebenden Menschen. RK

# Erdöl um jeden Preis fördern

## Kritische Zusammenfassung der Katastrophe im Golf von Mexiko

Dr. Karl Adam, Neuberg

**BP** war Pächter der von Transocean betriebenen Bohrplattform Deepwater Horizon im Golf von Mexiko. Am 20. April 2010 ereignete sich eine Explosion, der ein Brand folgte. Am 22. April 2010 sank die Plattform – ein pechschwarzer Tag für die Karibik.

Der Norden Südamerikas, Mittelamerika und der Süden Nordamerikas umschließen den Golf von Mexiko, ein Meer, das auch Karibik genannt wird. Ein Karibe ist jemand, der die Sprache südamerikanischer Indianer spricht, die an der Küste des Golfs leben. Im Wasser des Golfs liegt das Teilgebiet des Golf Stromes, einer warmen Meeresströmung, Ursache für relativ milde Winter in Südengland und Norwegen im fernen Europa.

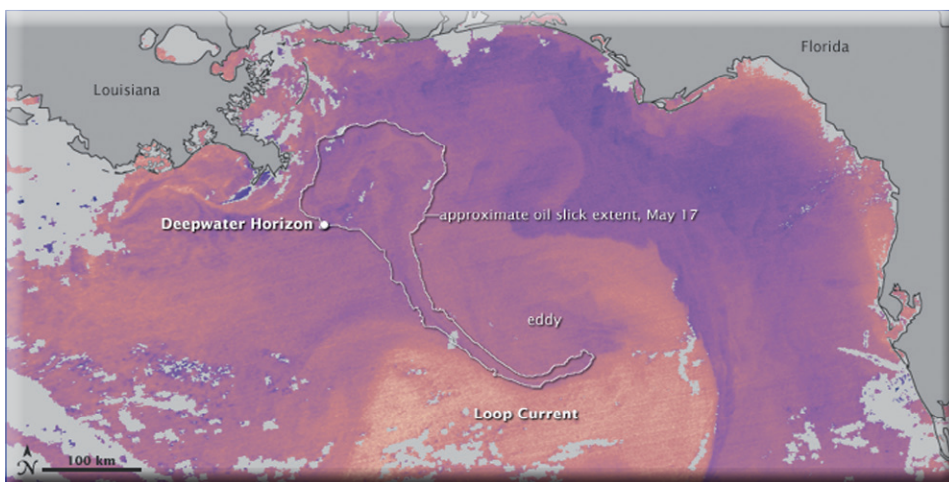
Hier soll zunächst an die Geschichte einer großen Erdölfirma erinnert werden; es wird einiges zu lesen sein über die Technik der Erdölsuche und Förderung. Dann kommen wir zum Auslöser der größten Katastrophe in der jüngeren Geschichte der Menschheit. Schließlich sollen noch einige Spekulationen zu Papier gebracht werden.

Um 1900 entdeckten englische Wissenschaftler in der weiten Ebene Südpersiens am persischen Golf große Erdölvorkommen. Die Engländer pachteten von Persien eine Insel im Mündungsgebiet des Schatt el Arab (= Wasser aus Arabien, wie die Flüsse Euphrat und Tigris nach ihrer Vereinigung genannt werden), gegenüber der auf dem Festland liegenden Hafenstadt Khorramshar. Auf dieser Insel mit dem Namen Abbadan wurde

zwischen 1909 und 1918 eine Erdölraffinerie errichtet, die man bis etwa 1951 als die größte der Welt ansehen konnte. Engländer und Perser gründeten die Anglo-Iranian-Oil-Company (AIOC), um gemeinsam die Aufarbeitung des Erdöls und den Verkauf der daraus resultierenden Produkte zu betreiben. Erst 1955 wurde durch ein Dekret des Schahs Resa Pahlawi (1878 - 1944) der Name Iran für das Land Persien vorgeschrieben. Im Jahre 1951 wurde die AIOC aus politischen Gründen verstaatlicht. Ein Revolutionär, Mohammed Mossadegh (1883 - 1967) hatte für einige Zeit die Führung im Iran übernommen, wollte den Betrieb der Raffinerie auf eine rein nationale Basis stellen und ausschließlich von Iranern durchführen lassen, wies alle englischen Chemiker, Ingenieure und Techniker aus dem Lande. Schon nach relativ kurzer Zeit stellte sich heraus: Die Iraner allein konnten die Raffinerie in Abbadan nicht betreiben. Man sah sich gezwungen, die englischen Fachleute wieder zurückzuholen, war weiterhin auf ihre Kenntnisse und Fähigkeiten angewiesen.

Im Jahre 1954 war dieses dann die Geburtsstunde der BP. Damals hieß bei den Iranern diese Abkürzung „Benzin Persian“ in propagandistischer Absicht. In den Handelsregistern Teherans und Londons wurde jedoch „British Petroleum Company Ltd“ eingetragen. Erst vor einigen Jahren interpretierte ein Chef von BP das Firmenkürzel als „Beyond Petroleum“ (jenseits vom Erdöl), um damit auszudrücken, man arbeite auch für den Umweltschutz und die Erhaltung der Natur... Angebracht wäre vielleicht „Benzin Perdu“. Die BP wurde größer und größer.

Diese Aufnahme der Wasseroberflächentemperaturen zeigt den dynamischen nördlichen Rand des Loop Current am 18. Mai. Basierend auf Beobachtungen der Infrarotenergie, die das Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) an Bord des Terra-Satelliten der NASA übermittelte, zeigt das Bild kältere Wassertemperaturen in blau und purpur und eine warme Wasseroberfläche in pink und gelb. Wolkeartige Gebiete erscheinen in hellgrau. Der Loop Current drängt vom Karibischen Meer aus in den Golf von Mexiko. Die tropische Wärme der Strömung lässt diese in dieser Darstellung sich vom kälteren Wasser des Golfes von Mexiko abheben. Die Strömung verliert ihr nordwärts gerichtetes Momentum etwa auf halber Strecke in den Golf hinein und biegt ab, um später wieder nach Süden zu führen. Die Strömung verbindet sich mit dem ostwärts fließenden warmen Wasser zwischen Florida und Kuba und schließlich mit der Golfströmung auf ihrem Weg entlang der Ostküste der Vereinigten Staaten (Abb.: NASA).



1995 übernahm man die amerikanischen Ölfirmen Amoco und Arco; die deutsche Aral wurde 2001 zugekauft.

In der Nähe des Ortes Titusville im US-Staat Pennsylvania wurde im Jahr 1859 die erste erfolgreiche Bohrung nach Erdöl vorgenommen. In einer Tiefe von zweiundzwanzig Metern wurde man fündig. Das gewonnene Rohöl wurde destilliert mit dem Ziel „Leuchtöl“ für den Betrieb von Petroleumlampen zu erhalten. Für die nächsten vier Jahrzehnte blieb dieses Leuchtöl das einzige interessante Produkt. Autobenzin, Kerosin, Diesel, Heizöl und Erdöl als Rohstoffbasis für die Chemieindustrie wurden erst später wichtig.

Seit 1859 jedoch hat man während hundertfünfzig Jahren die Bohrtechnik fortwährend weiterentwickelt und stetig verbessert. Man lernte, nicht nur senkrecht, sondern auch im schrägen Winkel zu bohren, nicht nur an Land – on-shore – sondern auch im Wasser – off-shore – erfolgreich zu fördern, zunächst nur im flachen Wasser in Küstennahe, nach und nach aber auch im tiefen Nasser auf hoher See. Auch in rauher See, wie beispielsweise der europäischen Nordsee.

Weil nun mit dem Ölgeschäft sehr viel Geld verdient werden kann und auch verdient wird, haben sich inzwischen eigenständige Firmen darauf spezialisiert, in einem erdöhlöffigen Gebiet lediglich die Bohrung abzuteufen und – sobald „der Brunnen läuft“ – die Ausbeutung und wirtschaftliche Verwertung der Ölquelle anderen zu überlassen. Die größte Erschließungsfirma für off-shore-Arbeiten auf Unterwasserölfeldern ist heute die Transocean.

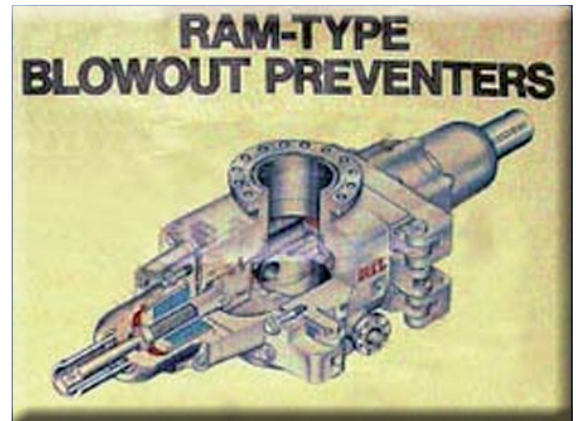
2001 baute sie die Plattform „Deepwater Horizon“. Auf riesigen Schwimmkörpern unter Wasser sind mächtige Säulen angebracht, die eine Arbeitsebene in etwa dreißig Metern Höhe über dem Meeresspiegel tragen. Ausgerüstet ist diese moderne

Anlage mit allen zweckdienlichen technischen Möglichkeiten, so z.B. mit einem automatisch arbeitenden Positionskontrollsystem, das über GPS kontinuierlich den Lageort dieser schwimmenden Insel überwacht und justiert.

Mit dieser Deepwater Horizon fand man 2009 in 1300 Metern Wassertiefe und einer Bohrung durch das Gestein des Meeresbodens nach 10 700 Metern eine Ölquelle. Für gut 500 000 Dollar pro Tag sollte die Deepwater Horizon 2010 im Golf von Mexico in 1250 Metern Wassertiefe im Auftrag von BP nach einer neuen Ölquelle suchen. In diesem Seegebiet in der Karibik sind heute bereits etwa 4000 off-shore-Förderanlagen in Betrieb. Weltweit sind es etwa 7000 Anlagen, so groß ist der Durst der Menschen nach Petroleum (lat. Felsenöl) inzwischen geworden.

Die Stadt Houma liegt west-südwestlich von New Orleans im weiten Mündungsgebiet des Mississippi. Hier ließ BP vor kurzem ein neues Distriktverwaltungsgebäude errichten, in dem u.a. auch das Büro von Tony Hayward ist. Er ist von seiner Ausbildung her Geologe und leitet die Geschichte des Konzerns seit 2007. Im Macando-Feld am Grunde des Golfs von Mexiko vermutet der BP-Boss große Erdölvorkommen. Immer wieder lässt er die mehr als hundert Arbeiter auf der Deepwater Horizon auffordern, den Druck auf den Erkundungsbohrer zu erhöhen, der sich in eineinhalb Kilometern Wassertiefe in den felsigen Meeresgrund frisst. Im Zeitplan der Versuchsbohrung liegt man mehr als drei Wochen zurück!

Zum besseren Verständnis des Geschehens auf dem Bacando-feld in der Karibik sollte auch ein Laie einige grundsätzliche Dinge über das Bohren nach Erdöl zur Kenntnis nehmen: Von einem Drehtisch aus wird der Bohrer (Kopf aus Spezialstahl, bei Bedarf mit Diamanten bestückt) in die Tiefe getrieben. Die Bohrerwelle besteht aus miteinander ver-



Das Bild zeigt einen Blowout Preventer (BOP), ein großes Absperr Sicherheitsventil (Abb.: US-Occupational Safety & Health Administration).

schraubbaren Röhrenden und ist praktisch endlos lang. Die Wandung des Bohrschachtes kann mit Rohren verstärkt werden oder auch mit einem Spezialzement. Die Bohrantriebswelle wird von ihrem oberen Ende her mit Wasser beschickt. Das kühlt den Bohrer, steigt zwischen Schachtwand und Außenseite der Welle nach oben und nimmt dabei den Abrieb des Gesteins gleich mit. Das Gesteinsmehl wird oben abfiltriert, das schlammfreie Wasser im Kreislauf wieder nach unten gepumpt. Dieses System zweier ineinander geführter koaxialer Rohre gibt die Möglichkeit, nach Bedarf schwere Flüssigkeiten, Schlamm oder Zement in das Bohrloch einzubringen.

An der Stelle, wo der Bohrschacht in den Felsen hinein geht, bringt man immer als Hilfsgerät einen BOP an. BOP heißt „Blowout Preventer“. Blowout ist der englische Ausdruck für einen unkontrollierten Ausbruch von Erdgas oder Erdöl aus einem Bohrloch. Es ist also ein Gerät, das ein unkontrolliertes Austreten von Öl verhindern soll. An Land steht er unmittelbar unter dem Drehtisch, off-shore am Meeresgrund. Es heißt, in unserem Fall unter der Deepwater Horizon habe er ein Eigengewicht von 450 Tonnen gehabt.

Man erinnere sich: Wenn aus einem flach liegenden Gartenschlauch ein Wasser/Luft-



Der Greifarm eines Tauchroboters am Schalter für die manuelle Auslösung des BOP (Abb.: US Coast Guard).

Gemisch ausströmt, schlägt das freie vordere Schlauchende wild hin und her. Bei einem Feuerwehrschauch müssen nach dem Kommando „Wasser marsch!“ oft zwei Feuerwehrmänner kräftig zupacken, damit das Löschwasser die gewünschte Richtung nimmt. Die Bewegungen des Gartenschlauches werden lahm und hören schließlich ganz auf, wenn man den Wasserhahn etwas mehr zudreht. Der Preventer enthält einen Schieber (Absperrventil), den man nach Bedarf soweit schließen kann, bis ein Erdöl-/Erdgasgemisch wieder ruhig abfließt.

Bei dem Bohrloch unterhalb der Deepwater Horizon war die Verbindung zwischen Preventer und Plattform etwa 1500 Meter lang und hing flexibel frei in der See. Am unteren Ende dieser Leitung, auf dem Meeresboden, ist also der BOP plaziert. Das Signal für eine vorzunehmende Drosselung eines angebohrten Erdöl-/Erdgas-Gemisches wird vom BOP an die Plattform gegeben. Von dort aus wird dann der Schieber über ein Ultraschallsignal betätigt. Dafür ist ein Empfänger am BOP, der das Signal aufnimmt. Leistungsstarke Akkus treiben Elektromotoren an, die den Schieber bewegen.

Am 20. April 2010 endlich wird die Deepwater Horizon fündig. Die Situation ist im weitesten Sinne vergleichbar mit den Verhältnissen beim öffnen

einer Sektflasche: Ein unter sehr hohem Druck stehendes Flüssigkeits-/Gasgemisch wird schlagartig entspannt.

Am späten Abend dieses Tages kommt es auf der Plattform zu einer furchterlichen Explosion. Die Mannschaft kann sich größtenteils in die Rettungsboote flüchten, einige springen über die Reeling der Plattform ins Meer und werden gerettet. Elf Besatzungsmitglieder sind seither vermisst, sie kamen ums Leben.

Wenn eine elektrisch nicht leitende Flüssigkeit durch ein Rohr strömt, entsteht dabei eine elektrische Aufladung des Systems. Um nun zu vermeiden, das sich eine größere Potenzialdifferenz aufbaut, sind derartige Rohre mit einer Erdung ausgerüstet. Dieses kann man an jeder Tankstelle beobachten oder bei dem Tankwagen, der eine Heizöllieferung entlädt. Eine elektrostatische Entladung könnte den Zündfunken geliefert haben, der die Deepwater Horizon zerfetzte und auf den Meeresgrund schickte!

In einer Anhörung drei Monate nach diesem entsetzlichen Ereignis berichtete ein Überlebender der Mannschaft der Deepwater Horizon, man habe das akustische Signal von der BOP an die Plattform ausgeschaltet, das den Blowout gemeldet hätte. Der Teil der Mannschaft, der gerade schlief, sollte durch Hupen- oder Klingellärm nicht gestört werden. Und, versicherte der Zeuge, das sei immer so üblich gewesen!

Einige Zeit lang fackelte sich das an der Unglücksstelle aufsteigende Rohöl und Gas selber ab. Unterwasserroboter und -kameras zeigten: Aus dem Bohrloch strömt ununterbrochen Öl aus. Über die Menge Öl, die sich da dauernd in die Karibik ergießt, macht BP nur vage Angaben. Andere unabhängige Sachverständige schätzen den Ölfluss auf täglich fünf bis zehn Millionen Liter.

Bedauerlicherweise dauerte es nun noch fast drei Monate, bis es

den BP-Technikern gelang, einen Blindflansch (Kappe) über den Rohrstützen am Meeresgrund zu setzen, der den dauernden Öl-abfluss stoppte. Während dieser Zeit der Hilflosigkeit von BP wurde die Existenzgrundlage sehr vieler US-Bürger vernichtet, die an den Ufern des Golfs wohnen und bisher vom Fischfang und Tourismus mit ihren Familien gelebt haben. Das ausströmende Öl führte der Flora und Fauna dieser Gegend der Welt Schäden zu, wie man sie bisher an anderer Stelle nirgendwo beobachtet hat.

Das Unvermögen der BP-Techniker, diese Katastrophe schnell in den Griff zu bekommen, soll hier lediglich an einem Beispiel demonstriert werden, das uns bekannt wurde. BP ließ euphorisch bekannt geben, man wolle eine große Auffangglocke, so groß wie ein Fertighaus, über der Stelle anbringen, an der das Öl austritt. Damit werde man den Ölstrom abfangen können und am oberen Ende dieser Glocke auf Tank-schiffe abpumpen. Das Nächste was man hörte war: Der Ölfluss wird blockiert durch Eiskristalle im Steigrohr. Die anscheinend so clever ausgedachte Methode funktionierte nicht! Was war hier passiert?

Bereits 1855 beobachteten die Engländer James Prescott Joule (1818 - 1889) und William Thomsen (1824 - 1907), seit 1892 besser bekannt als Lord Kelvin, das sich komprimierte Gase bei ihrer Expansion um etwa ein Grad Celsius abkühlen je vier bar Druckabfall. Mit einem leichter verständlichen Beispiel und anderen Worten gesagt: Die Luft aus einem stramm aufgepumpten Fahrradschlauch kühlt sich ab, wenn man das Ventil öffnet und sie entweichen lässt. Das aus der Bohrung von BP unter sehr hohem Druck stehende Gas musste zwangsläufig eine Eiskristallbildung bewirken.

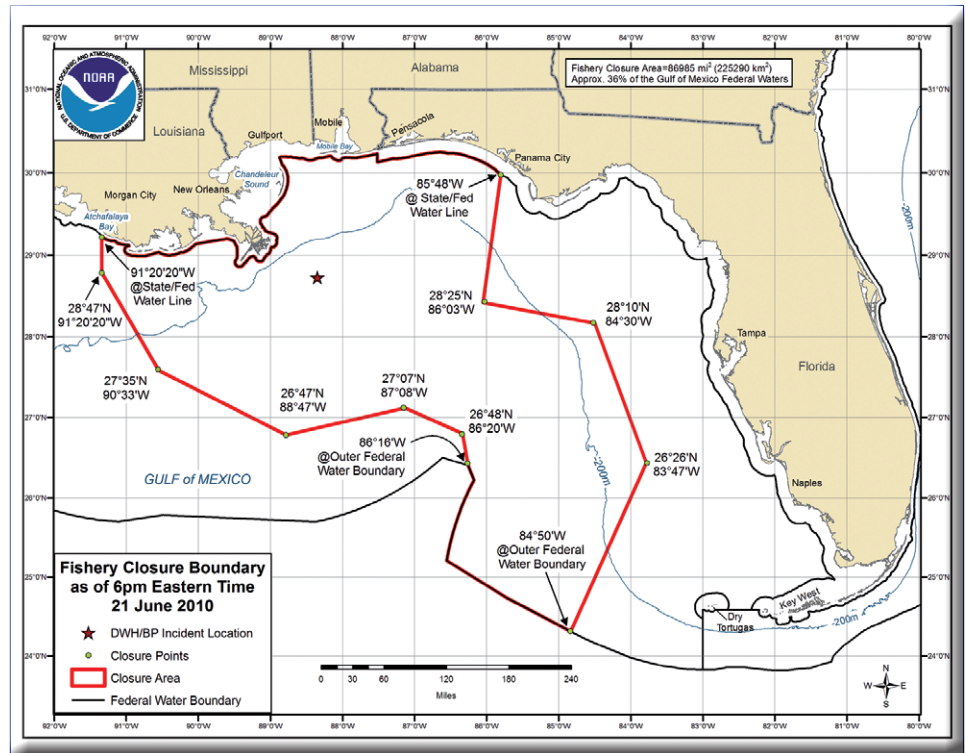
Wie man hört plant BP, demnächst im Mittelmeer vor der Küste von Libyen in noch größerer Tiefe (Wasser + Seeboden)

nach Öl zu bohren. Wir dürfen gespannt sein...

In den USA gibt es die Behörde MMS, den Minerals Management Service. Seine Aufgabe ist es u.a. auch zu überprüfen, wie die großen Ölgesellschaften ihre Rohölförderung betreiben, welche Techniken sie anwenden, welche Sicherheitsvorkehrungen sie treffen. Der MMS ist in etwa vergleichbar mit dem deutschen Bergamt, der Gewerbeaufsicht und der Berufsgenossenschaft – wenn man einen solchen Vergleich überhaupt machen darf.

Nach der Explosion der Deepwater Horizon sind viele Beamte des MMS plötzlich nicht erreichbar. Und es wird offenbar, in dieser Behörde ist die Korruption sehr verbreitet. Wenn die BP irgendeine Teilgenehmigung brauchte, hat man „nicht so genau hingesehen“. Gegen angemessene Bezahlung bekam der Konzern jede gewünschte Unterschrift mit dem dazugehörigen Stempel. Die vielen jetzt erst bekannt werdenden Korruptionsfälle veranlassten die Leiterin des MMS, von ihrem Amt zurückzutreten. Ein Schritt, der auf das ausströmende Öl nun überhaupt keinen Eindruck macht!

Für den BP-Chef Tony Hayward wird die Lage unbequem. Er nimmt an einer Segelregatta teil und überlässt anderen die harte Arbeit im Kampf gegen die Katastrophe. Dass jeder Kapitän auf die Brücke seines Schiffes gehört, wenn es in schweres Fahrwasser kommt, mag für die Seefahrt gelten, aber offenbar nicht für den amtierenden BP-Chef. Ende Juli schließlich erklärt er sich bereit, gegen formidable finanzielle Zusagen seinen Job im kommenden Herbst abzugeben. Sein Amtsnachfolger soll der Amerikaner Bob Dudley werden. Tony Hayward wird eine leitende Funktion bei einer Erdölfirma in Sibirien bekommen, einem Gemeinschaftsunternehmen der Russen und Engländer. Man kann denken: Eine Krähe hackt der anderen kein Auge aus!



Am 21. Juni 2010 betrug die für Fischerei gesperrte Fläche 225 290 km<sup>2</sup>, was etwa 36 Prozent der staatlichen Gewässer im Golf von Mexiko entspricht (Abb.: US National Oceanic and Atmospheric Administration).

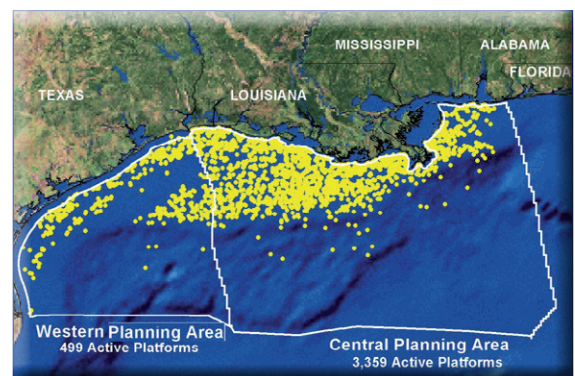
In einer BP-Raffinerie in Texas ereignet sich 2005 eine schwere Explosion, die auf Fahrlässigkeit zurückzuführen ist. Bei ihr kommen fünfzehn Arbeiter ums Leben, 170 werden zum Teil schwer verletzt. BP muss 87 Millionen Dollar Strafe zahlen.

2006 klappt in einer BP-Pipeline in der Arktis ein Loch, was relativ spät erst erkannt wird. Auslaufendes Öl verursacht große Umweltschäden. Strafe für BP: 20 Millionen Dollar. Diese von amerikanischen Gerichten verhängten Strafen sind „Peanuts“ im Vergleich zu dem, was die Katastrophe in der Karibik erwarten lässt.

Im ersten Quartal 2010 hatte die BP noch einen Gewinn von fünf Milliarden Dollar erwirtschaften können. Am Ende des zweiten Quartals musste man einen Verlust von 13 Milliarden Dollar in der Bilanz ausweisen, nicht zuletzt deshalb, weil die amerikanische Regierung eine Anzahlung für die Begleichung der Schäden im und am Golf von Mexiko gefordert und erhalten hat.

Es ist denkbar, dass die Firma BP überlebt. Es kann jedoch als sicher gelten, dass der BP-Konzern sich „von allem verfügbaren Familiensilber trennen müssen bis auf den letzten Teelöffel“. Die Leihhäuser für den Ankauf dieser Schätze sind bereit. Sie heißen Exxon Mobil, Chevron, Conoco Phillips oder Royal Dutch Shell und gelten als durchaus liquide...

Lageplan der etwa 4000 zur Zeit aktiven Öl- und Gasförderplattformen im Norden des Golfs von Mexiko (Abb.: US National Oceanic and Atmospheric Administration).



## Mehrverbrauch trotz kalten Wetters

Schweizer Studie rät: Auto-Klimaanlagen unter 18 Grad einfach abschalten

**D**ass Auto-Klimaanlagen auch im gemäßigten Schweizer Klima im Jahresdurchschnitt mehr als fünf Prozent, innerorts sogar rund zehn Prozent Mehrverbrauch verursachen, zeigt eine neue Studie der Empa im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt BAFU. Und: Zwei Drittel des Zusatzverbrauchs ließen sich einsparen, wenn die Klimaanlage bei Außentemperaturen unter 18 Grad Celsius einfach ausgeschaltet würde.

Klimaanlagen von Autos benötigen Energie für die Verdichtung des Kühlmittels. Dabei gilt: Je stärker sie kühlen müssen, desto mehr Energie (sprich: Treibstoff) verbrauchen sie. Kaum bekannt dürfte sein, dass Klimaanlagen auch dann Treibstoff verbrauchen, wenn es draußen kühler ist als im Fahrzeug.

Die o.g. Studie zeigt, dass der Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge bei laufender Klimaanlage umso stärker steigt, je wärmer und feuchter die Aussenluft ist; an einem typischen Schweizer

Sommertag bei 27 Grad und 60 Prozent Luftfeuchtigkeit innerorts um immerhin 18 Prozent. Außerdem stellten die Forscher fest, dass Klimaanlagen im heute üblichen Automatik-Betrieb erst dann abschalten, wenn die Aussentemperatur unter fünf Grad sinkt und die Kühlgeräte vereisen könnten. Dies deshalb, weil Klimaanlagen die in den Fahrzeuginnenraum geleitete Luft auch entfeuchten, etwa um das Beschlagen der Windschutzscheibe bei Regen zu vermeiden. Dies kann durchaus sinnvoll und sicherheitsrelevant sein, allerdings nur bei hoher Luftfeuchtigkeit und nicht – wie heute üblich – permanent.

Unter Berücksichtigung des SIA-Standardklimas von Bern und der ermittelten Verbrauchszunahmen (plus die Aktivität der Autos über den Tag), ergibt sich für Benzinfahrzeuge ein durchschnittlicher Ganzjahresmehrverbrauch von 5,4 Prozent. Wird das Fahren in die Straßentypen innerorts, außerorts und Autobahn unterteilt, ergeben sich zehn beziehungsweise 2,8 und 1,3 Prozent Mehrverbrauch.

ohne Komforteinbusse getrost abgeschaltet sein. Bei den untersuchten Benzinfahrzeugen konnten dadurch rund zwei Drittel des Zusatzverbrauchs – oder immerhin 3,6 Prozent des Gesamtverbrauchs – eingespart werden. Bei wärmeren Außentemperaturen ist es dagegen ratsam, die Klimaanlage zu nutzen, da Hitze die Konzentration des Fahrers beeinträchtigen kann und somit ein Sicherheitsrisiko darstellt.

Bei Dieselfahrzeugen ist der klimaanlagenbedingte Mehrverbrauch – vor allem innerorts – etwas geringer (total 2,7 Prozent); für innerorts, außerorts und Autobahn ergeben sich Werte von 4.5 beziehungsweise 2,3 und 1,2 Prozent. Das Einsparpotential beim Abschalten der Klimaanlage unter 18 Grad Außentemperatur liegt aber auch hier bei zwei Dritteln.

In warmen bis heißen Gefilden können Auto-Klimaanlagen übrigens bis zu 30 Prozent des Treibstoffverbrauchs ausmachen.

Ein Bild aus den Anfängen der Auto-Klimaanlagen: US-amerikanischer Verdunstungskühler der 1950er Jahre, außen am Fahrzeug montiert (Foto: Doug Coldwell).



Aus arbeitsphysiologischen Untersuchungen ist zudem bekannt, dass sich der durchschnittliche Fahrer bei am Kopf gemessenen 23 Grad komfortabel fühlt. Das bedeutet: Bei einer Außentemperatur unter 18 Grad könnte die Klimaanlage

**Die hier gewohnte  
Fragenseite gibt es  
wieder in der nächsten  
CLB Anfang Oktober.**

**Lösungen zu Seite 374  
(CLB 7–8/2010):**

1 B; 2 A, C, E; 3 A, C; 4 A, C, D; 5 D; 6 B, E; 7 C, D; 8 A, B, D, E; 9 A, C; 10 A, C, E; 11 D; 12 B, C, E; 13 C; 14 B, C, D; 15 A, E; 16 C, D.

(Lösungen zu den Fragen hier finden Sie in CLB 10/2010 sowie auf [www.clb.de](http://www.clb.de))



## Bezugsquellenverzeichnis

### ANALYSEN

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  
Am Kirchwald 6, D-69251 Gaiberg  
Tel. 06223 9513 0, Fax: 06223 9513 19  
www.gerbu.de, E-mail: gerbu@t-online.de

### DEUTERIUMLAMPEN



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 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



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 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



06151/88 06-0  
Fax 06151/89 66 67  
www.LOT-Oriel.com

### KÜHL- UND TIEFKÜHLGERÄTE



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



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

### 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](mailto:microscopy@olympus-europa.com)

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

## 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



## 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



## SAUERSTOFF-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>

## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



## TEMPERATUR-MESSGERÄTE



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

## THERMOMETER



## 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!**

# CLB

Chemie in Labor und Biotechnik

Die beliebten Fragen aus dem CLB-Memory gibt es auch als Buch (244 Seiten mit ca. 80 Abbildungen; ISBN 3-9810449-0-8). Hier stehen Antworten und ausführliche Erläuterungen dazu. Die Themen werden zudem durch einen geschichtlichen Rückblick und Randinformationen in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Karikaturen von Ans de Bruin lockern die harte Arbeit beim Lösen der Fragen auf.

Preis je Buch: 24,50 Euro incl. MWSt. und Versand.

## Alles Repetito – oder was???

Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

Dieses Buch gibt Einblicke in die Chemie und angrenzende Naturwissenschaften in Form von Einführungen in verschiedene Gebiete, Fragen und den dazugehörigen Antworten. Es wendet sich an alle, die Grundlagenwissen festigen wollen. Oberstufenschüler mit Schwerpunkt Chemie/Naturwissenschaften, Auszubildende, Schüler an technischen Fachschulen und auch Studenten in den ersten Semestern von Chemie und Biologie, insbesondere auch in den Bachelor-Studiengängen, können Gelerntes wiederholen und vertiefen, aber auch Neues erfahren. Wer seit Jahren im Labor steht, dem macht es Spaß, sein Wissen kurzweilig zu überprüfen und auf dem neuesten Stand zu halten. So haben es die CLB-Leser berichtet, die diese Art von Fragen aus der Zeitschrift kennen. Über 100 Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis des Textes; gelegentlich unterbricht ein Comic den Ernst des Stoffes.

ISBN 3-9810449-0-8



9 783981 044904

Bulmahn  
Kickuth

Alles Repetito – oder was???

Rubikon

## Alles Repetito – oder was???

fragt der Bachelor die Laborantin



Maren Bulmahn • Rolf Kickuth

## Abo-Bestellcoupon

JA, ich möchte die CLB abonnieren. Ich erhalte als persönlicher Abonnent die CLB zunächst für ein Jahr (=12 Ausgaben) zum Preis von 104,00 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

**FAX-Hotline: 06223-9707-41**

**Für 104,00 Euro pro Jahr (incl. 7 % MWSt., zzgl. Versandkosten) erhalten Sie als persönlicher Abonnent monatlich die CLB mit dem MEMORY-Teil (Firmen- und Bibliothekenabos mit Sonderpreis; siehe [www.clb.de](http://www.clb.de)).**

**Dazu als Abogeschenk das CLB-Buch  
Alles Repetito – oder was???**



Das Online-Magazin  
für Labor und Analytik

[Kontakt](#) | [Newsletter](#) | [Anzeigen schalten](#) | [Über uns](#) | [FAQ](#) | [Shop](#)



**Labor Magazin ANALYTIK NEWS**

Sitemap Profisuche

Labor Magazin

- Produktneuheiten
- Stellenangebote
- Veranstaltungskalender
- Aktuelle Nachrichten
- Fachbeiträge
- Webseite des Monats

LAB-SUPPLY Special

Labor interaktiv

- Diskussionsforum
- Stellensuche
- Gebrauchtes

Labor Branchenbuch

Labor Linktips

- Analysentechniken
- Qualitätssicherung
- Arbeitsicherheit
- Fachliteratur
- Laborsoftware
- Sonstiges

Ihr Ansprechpartner



Torsten Beyer

Weitere Webseiten

- LabFirms.de
- LabCrawler.com
- LaborShop.de
- Chemiker.info
- Chemie-Datenbanken

++ ANALYTIK NEWS Aktuell ++

Produkte
Stellenangebote
Veranstaltungen
Nachrichten
Fachartikel
Links

**Das Online-Labormagazin ANALYTIK NEWS** ist eine Zeitschrift der Dr. Beyer Internet-Beratung und bietet seit 1998 tagesaktuelle, unabhängige, redaktionell geprüfte Informationen aus den Bereichen Labor und Analytik.

In unseren wöchentlichen Email-Newslettern informieren wir mehr als 30.000 Anwender im deutschsprachigen Raum über Produktneuheiten, Nachrichten, Fachartikel, Veranstaltungen, Stellenangebote und vieles mehr aus Labor, Chemie, Pharma, Life Science, Biotechnologie, Biologie, Medizin und Materialforschung.



An indispensable resource for synthetic chemists

- 6.0 million molecules
- 2.8 million reactions

Produktneuheiten
alle
Anzeigen schalten

*Aktuelle Neuheiten aus Labor, Analytik und Messtechnik inklusive Laborsoftware und Qualitätskontrolle*

- **Wie Millipores Wasseraufbereitungssysteme die Arbeit im Labor rationalisieren**  
In der heutigen schwierigen Wirtschaftslage, in der Labore "mehr mit weniger leisten" müssen, suchen Labormitarbeiter nach Mitteln und Wegen, um ihre Produktivität zu steigern. Ein oftmals ...
- **TemPro Spektrometer - Fluoreszenzlebensdauermessungen für jedes Labor leicht gemacht**  
HORIBA Jobin Yvon, führender Hersteller auf dem Gebiet der Fluoreszenzspektroskopie, hat die Palette der Spektrometer zur Bestimmung der Fluoreszenzlebensdauer um ein weiteres System erweitert. Das S...
- **Tischzentrifugen ROTINA 380 / 380 R setzen Maßstäbe in Kapazität und Effizienz**  
Mit den Modellen ROTINA 380 und ROTINA 380 R (gekühlt) ergänzt die Firma Hettich nicht nur ihr eigenes umfassendes Zentrifugenprogramm, sondern setzt auch innerhalb der Wettbewerbsklasse Maßstäbe in ...
- **Ministat® - Maßstab der Kompaktthermostate**  
Ministat® sind äußerst kompakt aber leistungsstark. Seit 1976 ist der Ministat® der kleinste Kälthermostat der Welt. Heute gibt es drei Ministat® - jeder ist Kleinsten in seiner Klasse. Die gerin...

--> alle Produktneuheiten    --> Chromatographie    --> Spektroskopie    --> Probenvorbereitung

Stellenangebote
alle
Stellenanzeige schalten

*Aktuelle Jobs für Chemiker, Biologen, Ingenieure, Analytiker, Laborleiter, Laboranten und Techniker*

- **Chemielaborant, CTA (m/w)**  
Für unseren neuen Laborstandort in Augsburg suchen wir ab sofort Chemielaboranten/innen für die Bereiche Organik, Elementanalytik und die Probenvorbereitung. Ihre Aufgaben: Probenvorbereitung von Boden...
- **Teamleitung Qualitätskontrolllabor Pharmaproduktion (m/w)**  
Planung, Koordination und Organisation der fristgerechten Bearbeitung von analytischen Untersuchungen flüssiger und fester Wirk- und Hilfsstoffe, Führung und Entwicklung eines Teams von etwa 10 Mitar...
- **Mitarbeiter Qualitätsmanagement - Auditierung und Zertifizierung (m/w)**  
Das sind Ihre Aufgaben: Weiterentwicklung des Qualitätsmanagement-Systems gemeinsam mit dem Qualitätsmanagementbeauftragten Unterstützung des Qualitätsmanagementbeauftragten bei der Vorbereitung, Durc...

--> alle Stellenangebote

Metrohm

Ionenanalytik

Titration



Ionenchromatographie



Elektroanalytik



ProcessLab



© 2000-2010 Dr. Beyer Internet-Beratung | [Kontakt](#) | [Newsletter](#) | [Anzeigen schalten](#) | [Über uns](#) | [FAQ](#) | [AGB](#) | [Impressum](#)

## Was Sie bei uns finden

- E-Mail-Newsletter und RSS-Feeds
- Produktneuheiten
- Nachrichten und Fachbeiträge
- Stellenmarkt
- Veranstaltungskalender
- Laborbranchenbuch „LabFirms“
- Diskussionsforum und Gebrauchtes
- Linksammlung und Suchmaschine

www.analytik-news.de